

# Kaji Eksperimental Torsi Statik dan Dinamik Turbin Hidrokinetik Savonius *Type Bach* Tiga Sudu Menggunakan Plat Pengarah

T. Budi Utomo Syafri<sup>1</sup>, Iwan Kurniawan<sup>2</sup>

Laboratorium Perawatan dan Perbaikan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293  
<sup>1</sup>t.budiutomo3462@student.unri.ac.id, <sup>2</sup>iwan.ktm@gmail.com

## Abstract

*Installation of the directional blade in the front of the rotor can improve the performance of the savonius turbine, because it can prevent negative torque on the convex side of the rotor and direct the amount of water mass on the concave side of the rotor without affecting the convex side of the rotor. This study aims to find the dynamic torque and static torque of the savonius type bach hydrokinetic turbine using the steering plate with variation  $\alpha$  30°:β 10°,  $\alpha$  45°:β 10°, and  $\alpha$  60°:β 10° utilizes water as the driving fluid with variations in the velocity of water flow 0.34 m/s and 0.51 m/s and is carried out using experimental methods on a laboratory scale. Based on the tests carried out, at a water flow rate of 0.34 m/s the maximum dynamic torque of 0.48 Nm was obtained at angle variation  $\alpha$  45°:β 10°, while at a speed of 0.51 m/s water flow obtained dynamic torque maximum of 0.60 Nm in angle variation  $\alpha$  45°:β 10°. Maximum static torque is 0.66 Nm in angle variation  $\alpha$  45°:β 10°.*

**Keywords:** Savonius hydrokinetic turbine, guide blade, dynamic torque, static torque

## 1. Pendahuluan

Pemanfaatan turbin hidrokinetik dapat dioptimalkan sebagai pengkonversi energi kinetik arus air menjadi energi listrik. Turbin hidrokinetik yang ingin dikembangkan yakni turbin Savonius. Turbin Savonius ini cocok digunakan untuk memanfaatkan energi aliran air yang relatif kecil dan memiliki torsi awal yang baik. Selain itu, turbin Savonius memiliki konstruksi yang sederhana, relatif murah, dan tidak tergantung pada arah aliran air.

Kinerja rotor Savonius tergantung pada parameter yang berbeda seperti jumlah sudu, jumlah tahapan dan geometri pisau. Sampai saat ini, tidak ada teori prosedur yang tepat menyatakan peningkatan kinerja rotor Savonius. Cara terbaik untuk mengoptimalkan berbagai parameter adalah dengan melaksanakan sejumlah percobaan pada berbagai jenis rotor di terowongan angin bagian uji kecepatan rendah.

Didalam studi kasus ini, U.K. Saha dan M. Jaya Rajkumar [1] telah melakukan pengujian membandingkan kinerja turbin Savonius tiga sudu dalam terowongan angin kecepatan rendah dengan turbin Savonius sudu semicircular. Mereka telah menemukan bahwa turbin Savonius tiga sudu menunjukkan maksimum  $C_p = 13,99\%$ , sedangkan turbin Savonius sudu semicircular menunjukkan  $C_p = 11,04$ . Pada penelitian Sukanta Roy, Ujjwal K. Saha [2] dengan menggunakan terowongan angin pada turbin savonius tipe semi-lingkaran, semi-elips, Benesh dan tipe Bach mendapatkan koefisien daya maksimum sebesar 34,8%.

Pada penggunaan plat pengarah, panjang dan besar sudut plat pengarah dapat mempengaruhi dari kinerja turbin Savonius. Hal ini terdapat pada penelitian yang dilakukan Burcin Deda Altan dan Mehmet Altigan [3], pada pengujiannya

menggunakan turbin savonius dua sudu didapat torsi maksimum sebesar 1,4 Nm dari variasi panjang plat pengarah 45 cm dan 51 cm pada sudut  $\alpha=45^\circ$  dan  $\beta=15^\circ$ . Burcin Deda Altan, Mehmet Atilgan, dan Aydog Ozdamar [4], dalam penelitiannya tentang kinerja turbin Savonius dengan dua plat pengarah. Plat pengarah diletakkan di depan kincir. Plat pengarah bertujuan mengurangi/menghilangkan torsi negatif yang terjadi pada sudu balik serta mengarahkan aliran ke sudu dorong. Peningkatan koefisien daya yang terjadi sampai sebesar dua kali dari kincir tanpa pengarah atau koefisien daya sebesar 38,5%.

Untuk penggunaan air sebagai fluida penggerakannya, Adia Cahya Purnama, Ridho Hantoro, dan Gunawan Nugroho [5] telah melakukan pengujian dengan turbin savonius poros vertikal di sungai poros pada kecepatan aliran air 0,30 ; 0,57 ; 0,85 dan 1,08 (m/detik). Mereka telah memperoleh RPM maksimum sebesar 162 dan daya keluaran maksimum generator sebesar 2311 (mW). Pengaruh pemandu arah aliran dapat meningkatkan performansi turbin Savonius diperoleh efisiensi sebesar 13,16%.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Kaji Eksperimental Torsi Statik Dan Torsi Dinamik Turbin Hidrokinetik Savonius *Type Bach* Tiga Sudu Menggunakan Plat Pengarah”. Hal ini dikarenakan energi kinetik dari air memiliki perbedaan massa jenis yang lebih besar daripada massa jenis udara sehingga bisa menghasilkan energi yang besar pada turbin. Sudut plat pengarah satu dengan yang kedua berbeda, hal ini dikarenakan untuk mendapatkan arah air ke turbin lebih efektif.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui besar torsi minimal yang diperlukan untuk menghentikan putaran turbin (torsi dinamik) dan

besar torsi minimal yang diperlukan untuk memulai putaran turbin dari kondisi diam (torsi statik). Sehingga penelitian ini bermanfaat untuk memperoleh turbin hidrokinetik yang bisa dimanfaatkan di daerah pedesaan.

## 2. Metode

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen. Metode ini melakukan pengujian dengan memvariasikan kecepatan aliran air dan pengaruh penambahan plat pengarah sebagai parameter untuk meningkatkan torsi dan putaran yang dihasilkan. Variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

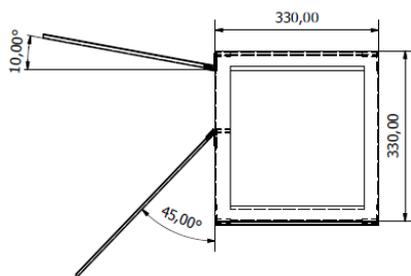
a. Variabel Bebas

- Variasi Plat Pengarah

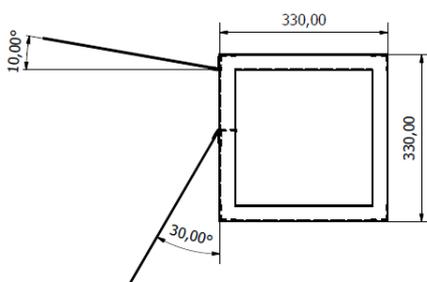
Proses pembuatan variasi Plat pengarah dan pembuatan kedudukan Plat pengarah dilakukan di laboratorium perawatan Teknik Mesin Universitas Riau. Adapun dimensi variasi plat pengarah dapat dilihat pada tabel 1. Untuk gambar dimensi variasi plat pengarah dapat dilihat pada gambar 1, 2, dan 3.

**Tabel 1** Dimensi Variasi Plat Pengarah

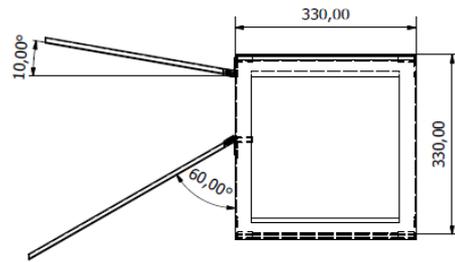
Plat Pengarah	Sudut $\alpha$ (°)	Panjang (mm)	Sudut (°)	Panjang (mm)
1	30	350	10	575
2	45	395	10	575
3	60	433	10	575



**Gambar 1** Variasi Plat Pengarah 1



**Gambar 2** Variasi Plat Pengarah 2



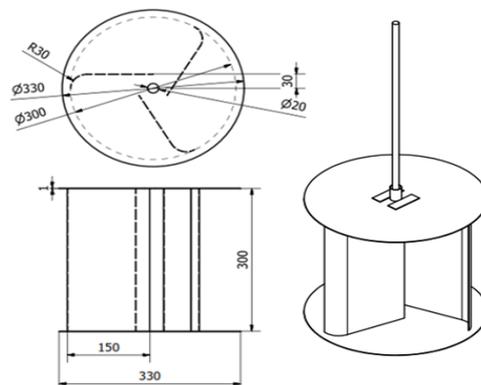
**Gambar 3** Variasi Plat Pengarah 3

- Dimensi Turbin Savonius

Untuk dimensi turbin savonius dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar dapat dilihat pada gambar 4.

**Tabel 2** Dimensi Turbin Savonius

No	Spesifikasi	Nilai
1	Bahan <i>blade</i>	Aluminium
2	Tinggi <i>blade</i>	300 mm
3	Lebar <i>blade</i>	150 mm
4	Diameter end plate	330 mm
5	Ketebalan <i>blade</i>	1 mm



**Gambar 4** Dimensi Turbin Savonius

- Debit air yaitu  $11,53 L/s$  dan  $14,4 L/s$
- Kecepatan air yaitu  $0,34 m/s$  dan  $0,51 m/s$
- Variasi sudut pada pengujian torsi statik yaitu  $0^\circ$  sampai  $360^\circ$

b. Variabel Terikat

Variabel terikat yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Kecepatan sudut ( $\omega$ )

$$\omega = \frac{2\pi n}{60 \text{ detik}}$$

Dimana:

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

$n$  = jumlah rotasi per menit (Rpm)

- *Tip Speed Ratio* (TSR)

$$\lambda = (\omega \cdot R) / V$$

Dimana:

$\lambda$  = *Tip Speed Ratio*

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

$R$  = jari-jari rotor turbin Savonius (m)

$V$  = laju aliran air ( $m/s$ )

- Torsi

$$\tau = F \cdot r_p$$

Dimana :

$\tau$  : Torsi ( N.m )

F : Gaya sentrifugal dari poros yang berputar (N)

$r_p$  : Jari-jari *pulley* (m)

- Koefisien Torsi

$$C\tau = \frac{4\tau}{\frac{1}{2}\rho.v^2.D^2H}$$

Keterangan :

A = luas area depan rotor turbin (m<sup>2</sup>)

$\tau$  = torsi

$\rho$  = massa jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

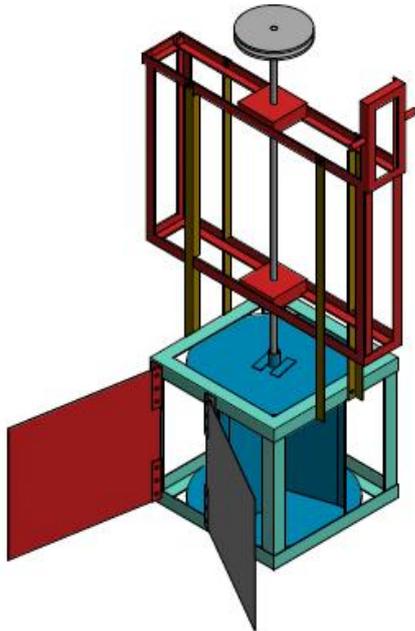
v = laju aliran air (m/s)

D = diameter rotor turbin

H = panjang / tinggi rotor (m)

## 2.1 Alat Uji

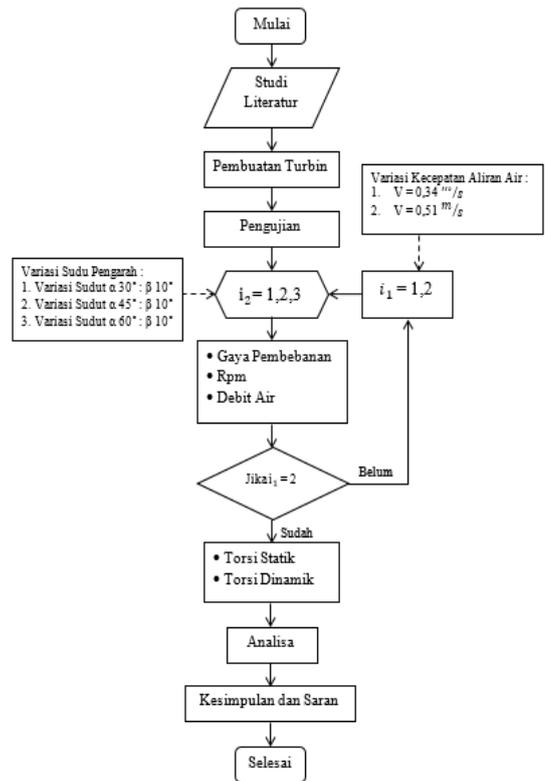
Pengujian dilakukan di laboratorium perawatan dan perbaikan, jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau. Untuk gambar alat uji dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Alat uji

## 2.1 Diagram Alir Penelitian

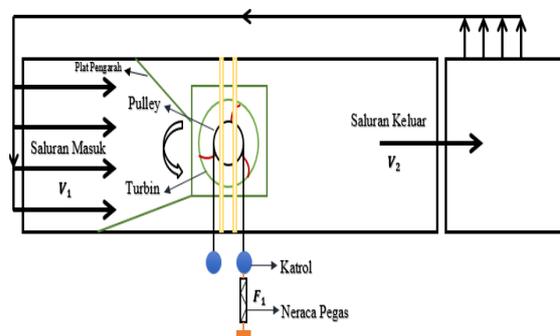
Dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dengan judul “Kaji Eksperimental Torsi Statik Dan Torsi Dinamik Hidrokinetik Turbin Savonius *Type Bach* Tiga Plat Menggunakan Plat Pengarah” penulis menggunakan diagram alir sebagai acuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Diagram alir penelitian diperlihatkan pada gambar 6.



Gambar 6 Diagram Alir Penelitian

## 2.2 Sketsa Pengujian Alat

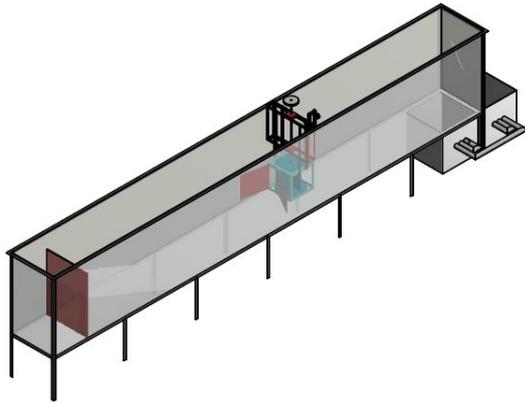
Pengujian turbin Savonius ini akan dilakukan dengan menggunakan sebuah wadah penampungan air ( *Water Tunnel* ), turbin Savonius di tempatkan kedalam sebuah *water tunnel* kemudian dibutuhkan sirkulasi air yang mengalir untuk menggerakkan turbin maka dibutuhkan empat pompa untuk mensirkulasikan air sehingga turbin dapat bergerak. Gambar sketsa pengujian turbin savonius dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Sketsa Pengujian

Pada gambar 7, terlihat turbin akan digerakan oleh empat buah pompa yang mensirkulasikan air didalam *water tunnel*. Saluran air masuk  $V_1$  yang berasal dari pompa akan memutar turbin yang tersambung dengan *pulley* yang digunakan untuk meneruskan gaya putar pada turbin dan neraca pegas *dynamometer newton* untuk mengukur gaya sentrifugal (gaya gerak melingkar yang berputar

menjauhi pusat lingkaran) pada turbin, kemudian saluran keluar  $V_2$  akan mengalir membentuk air terjun melewati  $v$ -notch yang berada pada *water tunnel* menuju bak penampungan kecil untuk disirkulasikan menggunakan empat buah pompa menuju *water tunnel* kembali. Gambar alat pengujian dapat dilihat pada gambar 8.



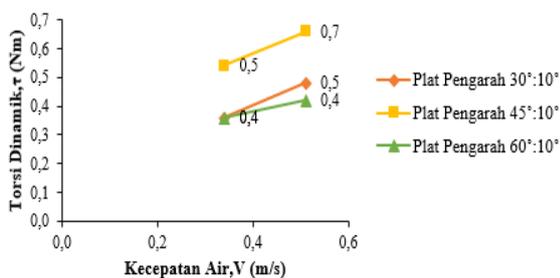
**Gambar 8** Desain Pengujian

Pada pengujian ini ketika turbin berputar akan diberikan gaya sentrifugal dengan mengerem/memberhentikan putaran *pulley* menggunakan sebuah tali yang tersambung dengan katrol dan neraca pegas. Dari gaya sentrifugal ini dapat diketahui nilai torsi statik dan torsi dinamik nya. Torsi statik merupakan torsi minimal yang diperlukan agar poros turbin savonius mulai berputar dari kondisi diamnya, sedangkan torsi dinamik merupakan besar torsi yang dihasilkan sampai poros berhenti berputar.

### 3. Hasil

Berikut ini adalah hasil pengujian dan pengolahan data torsi dinamik dan torsi statik dari pengujian yang telah dilakukan

#### 3.1 Hasil dan Pengolahan Data Torsi Dinamik



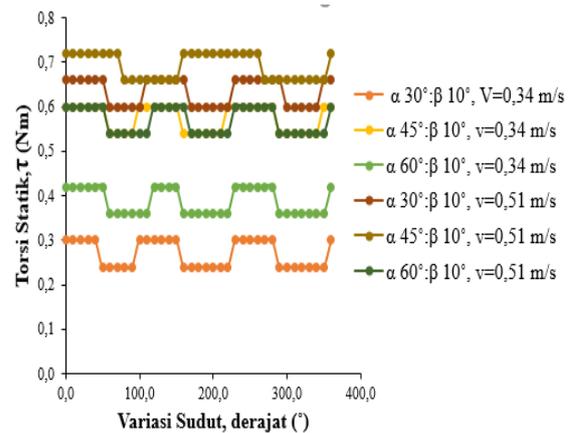
**Gambar 9** Grafik perbandingan variasi kecepatan air dengan torsi dinamik

Dari gambar 9, dapat dilihat perbandingan kecepatan air dengan torsi dinamik yang dihasilkan dari pengujian yang telah dilakukan, dapat dianalisa bahwa semakin besar kecepatan air yang melewati turbin Savonius dengan variasi plat pengarah dengan sudut  $\alpha 30^\circ : \beta 10^\circ$ , sudut  $\alpha 45^\circ : \beta 10^\circ$ , dan sudut  $\alpha 60^\circ : \beta 10^\circ$ , maka semakin besar

pula energi kinetik yang dikonversikan menjadi torsi dinamik yang diperoleh dari turbin Savonius *type bach single stage* tiga sudu dengan variasi plat pengarah dengan sudut  $\alpha 30^\circ : \beta 10^\circ$ , sudut  $\alpha 45^\circ : \beta 10^\circ$ , dan sudut  $\alpha 60^\circ : \beta 10^\circ$ . Hal ini berbanding terbalik dengan jumlah rotasi turbin, semakin besar nilai torsi dinamik maka semakin kecil jumlah rotasi turbin yang dihasilkan seiring dengan penambahan beban pada saat mendapatkan nilai dari torsi dinamik.

Perbandingan nilai torsi dinamik dari variasi plat pengarah pada sudut  $\alpha 30^\circ : \beta 10^\circ$ , sudut  $\alpha 45^\circ : \beta 10^\circ$ , dan sudut  $\alpha 60^\circ : \beta 10^\circ$  pada turbin dengan kecepatan  $0.51 \text{ m/s}$  menghasilkan torsi terbesar yaitu  $0.6 \text{ Nm}$  pada variasi sudut  $\alpha 45^\circ : \beta 10^\circ$  dan yang terkecil yaitu  $0.06 \text{ Nm}$  pada semua variasi plat pengarah. Sedangkan pada kecepatan yang pertama yaitu  $0.34 \text{ m/s}$  konstan pada  $0.3 \text{ Nm}$ , semakin besar kecepatan aliran air maka semakin besar torsi dinamik yang dihasilkan. selain itu, besar sudut plat pengarah menyebabkan efek penyempitan luas terpaan air terhadap sudu turbin sehingga berpengaruh terhadap torsi dinamik turbin yang dihasilkan. Namun hasil dari variasi yang dilakukan dapat menunjukkan perbedaan torsi dinamik, dimana hasil yang paling efektif adalah variasi sudut  $\alpha 45^\circ : \beta 10^\circ$  dengan torsi  $0.6 \text{ Nm}$ .

#### 3.2 Hasil dan Pengolahan Data Torsi Statik



**Gambar 10** Grafik Perbandingan Variasi Sudut dengan Torsi Statik

Dari gambar 10, didapat data pengujian torsi statik pada variasi kecepatan aliran air pertama sebesar  $V = 0.34 \text{ m/s}$  diperoleh torsi statik yang terbesar dari variasi plat pengarah pada sudut  $\alpha 30^\circ : \beta 10^\circ$ , sudut  $\alpha 45^\circ : \beta 10^\circ$ , dan sudut  $\alpha 60^\circ : \beta 10^\circ$  diantaranya sebesar  $0.3 \text{ Nm}$ ,  $0.6 \text{ Nm}$  dan  $0.42 \text{ Nm}$ . Untuk pengujian torsi statik variasi kecepatan aliran kedua  $0.51 \text{ m/s}$  menghasilkan torsi statik terbesar variasi plat pengarah pada sudut  $\alpha 30^\circ : \beta 10^\circ$ , sudut  $\alpha 45^\circ : \beta 10^\circ$ , dan sudut  $\alpha 60^\circ : \beta 10^\circ$  diantaranya  $0.66 \text{ Nm}$ ,  $0.72 \text{ Nm}$  dan  $0.6 \text{ Nm}$ . Torsi statik tersebut bertahan dari sudut azimuth  $0^\circ - 40^\circ$  dan pada  $50^\circ - 100^\circ$  akan turun pada kecepatan  $0.34 \text{ m/s}$  menjadi

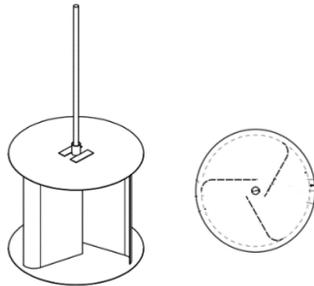
0.24 Nm, 0.54  $m/s$  dan 0.36  $m/s$ . sedangkan pada kecepatan 0.51  $m/s$  menjadi 0.6 Nm, 0.66 Nm dan 0.54 Nm.

#### 4. Pembahasan

Penelitian ini dilakukan bersamaan dengan penelitian yang telah dilakukan Burhan hafid dan mengacu pada penelitian dari Altan, Burcin Deda, Mehmet Atılgan, dan Aydog Ozdamar sebagai referensi. Penelitian ini akan dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Burhan Hafied. Perbandingan hasil penelitian akan disajikan pada grafik.

Dimensi dari rotor turbin yang diteliti terdapat pada gambar 11 yaitu :

- Kaji Eksperimental Torsi Statik Dan Torsi Dinamik Hidrokinetik Turbin Savonius *Single Stage Type Bach* Tiga Sudu.



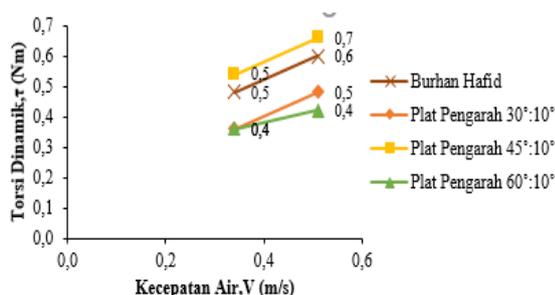
**Gambar 11** Dimensi Turbin Savonius

Bahan blade : Aluminium  
 Lebar blade : 150 mm  
 Tinggi blade : 300 mm  
 diameter *end plate* : 330 mm  
 Tebal : 1 mm

- Kaji Eksperimental Torsi Statik dan Dinamik Hidrokinetik Turbin Savonius *Type Bach* Tiga sudu Menggunakan Plat pengarah.

Grafik perbandingan hasil pengujian dan perhitungan pada penelitian masing-masing akan ditampilkan dibawah ini :

- Grafik Perbandingan Torsi Dinamik

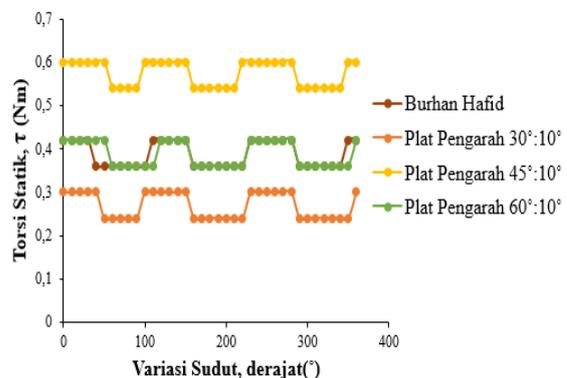


**Gambar 12** Grafik Perbandingan Torsi Dinamik Hasil Pengujian dengan Pengujian Pembeding

Pada gambar 12, dapat dijelaskan hasil penelitian oleh Burhan Hafid [6] terhadap turbin Savonius *Type Bach Single Stage* tiga sudu dengan

variasi kecepatan aliran air yang digunakan sama dengan penelitian yang penulis yaitu sebesar 0.34  $m/s$  dan 0.51  $m/s$ . Pada kecepatan air 0.34  $m/s$  penelitian Burhan Hafied menghasilkan torsi dinamik terbesar 0.48 Nm. Hasil penelitian eksperimen yang dilakukan penulis terhadap turbin Savonius *type bach* tiga sudu dengan variasi plat pengarah pada sudut  $\alpha$  30° :  $\beta$  10°, sudut  $\alpha$  45° :  $\beta$  10°, dan sudut  $\alpha$  60° :  $\beta$  10° kecepatan aliran air sebesar 0.34  $m/s$  menghasilkan torsi dinamik terbesar 0.54 Nm. Pada kecepatan air 0.51  $m/s$  penelitian Burhan Hafied menghasilkan torsi dinamik terbesar 0.6 Nm. Sedangkan hasil penelitian eksperimen yang dilakukan penulis terhadap turbin Savonius *type bach* tiga sudu dengan variasi plat pengarah pada sudut  $\alpha$  30° :  $\beta$  10°, sudut  $\alpha$  45° :  $\beta$  10°, dan sudut  $\alpha$  60° :  $\beta$  10° kecepatan aliran air sebesar 0.51  $m/s$  menghasilkan torsi dinamik sebesar 0.66 Nm pada variasi sudut  $\alpha$  45° :  $\beta$  10°.

- Grafik Perbandingan Torsi Statik



**Gambar 13** Grafik Perbandingan Torsi Statik Hasil Pengujian dengan Pengujian Pembeding

Dari gambar 13, Burhan Hafid melakukan pengujian torsi statik dengan variasi kecepatan aliran air sama dengan kecepatan yang penulis lakukan. Pengujian torsi statik dilakukan dengan variasi sudut azimuth sebesar 10°, pengujian dilakukan dengan kenaikan sudut azimuth sebesar 10° sampai sudut 360°.

Hasil pengujian torsi statik pada penelitian yang dilakukan pada variasi plat pengarah sudut  $\alpha$  60° :  $\beta$  10° memiliki nilai torsi statik yang lebih kecil dari penelitian yang dilakukan Burhan Hafid dengan pengujian turbin pada variasi kecepatan aliran air yang sama. Sedangkan pada variasi plat pengarah sudut  $\alpha$  45° :  $\beta$  10° mendapatkan torsi yang lebih besar dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Burhan Hafid. Hal ini dikarenakan pada variasi plat pengarah sudut  $\alpha$  45° :  $\beta$  10° membentuk aliran yang menabrak tepat pada ujung sudu dari turbin, sedangkan pada variasi plat pengarah sudut  $\alpha$  30° :  $\beta$  10° membentuk aliran air yang sedikit menabrak pada ujung sudu turbin.

## 5. Simpulan

Dari penelitian yang dilakukan oleh penulis menghasilkan torsi statik dan torsi dinamik yang berbeda-beda dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Burhan Hafied. Dari hasil torsi dinamik, turbin Savonius *type bach* tiga sudu dengan variasi plat pengarah pada sudut  $\alpha$   $45^\circ$  :  $\beta$   $10^\circ$  mendapatkan torsi dinamik yang lebih besar dengan penelitian yang dilakukan Burhan Hafid yaitu sebesar 0,66 Nm pada kecepatan air 0,51 m/s , namun dibandingkan hasil torsi dinamik yang dihasilkan dengan variasi plat pengarah pada sudut  $\alpha$   $30^\circ$  :  $\beta$   $10^\circ$  dan sudut  $\alpha$   $60^\circ$  :  $\beta$   $10^\circ$  mendapatkan hasil yang lebih kecil yaitu 0,48 Nm dan 0,42 Nm. Dari hasil torsi statik, turbin Savonius *type bach* tiga sudu dengan variasi plat pengarah pada sudut  $\alpha$   $45^\circ$  :  $\beta$   $10^\circ$  mendapatkan torsi statik yang lebih besar dari variasi plat pengarah pada sudut  $\alpha$   $30^\circ$  :  $\beta$   $10^\circ$ , sudut  $\alpha$   $60^\circ$  :  $\beta$   $10^\circ$ , dan penelitian yang dilakukan Burhan Hafid yaitu sebesar 0,72 Nm.

## Daftar Pustaka

- [1] U.K. Saha, M.J. Rajkumar, On the performance analysis of Savonius rotor with twisted blades, *Renewable Energy* 31 (2006) 1776–1788.
- [2] Sukanta, Roy and Ujjwal, K Saha. 2014. “*Wind Tunnel Experiments of a Newly Developed Two-Bladed Savonius-Style Wind Turbine*”. *Applied Energy* 137 (2015) 117–125.
- [3] Altan, Burcin Deda, and Mehmet Atılğan. 2010. “*The Use Of A Curtain Design to Increase The Performance Level Of A Savonius Wind Rotors*”. *Renewable Energy* 35 (2010) 821–829.
- [4] Altan, Burcin Deda, Mehmet Atılğan, and Aydog Ozdamar. 2008. “*An Experimental Study On Improvement Of A Savonius Rotor Performance With Curtaining*”. *Experimental Thermal and Fluid Science* 32 (2008) 1673–1678.
- [5] Purnama, Adia Cahya, Ridho Hantoro, dan Gunawan Nugroho. 2013. “*Rancang Bangun Turbin Air Sungai Poros Vertikal Type Savonius dengan Menggunakan Pemandu Arah Aliran*”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya.
- [6] Hafid, Burhan. 2018. “*Kaji Eksperimental Torsi Statik Dan Torsi Dinamik Hidrokinetik Turbin Savonius Single Stage Type Bach Tiga Sudu*”. Pekanbaru. Universitas Riau.