

PENGARUH JUMLAH SUDU DAN KECEPATAN AIR TERHADAP KINERJA TURBIN AIR SUMBU VERTIKAL TIPE HELIKS GORLOV

Jeri Pranio¹, Karnowo²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

email: jerry.pranio94@gmail.com

Abstrak. Kebutuhan energi yang terus meningkat berdampak pada sumber energi yang akan habis sesuai penggunaannya yang tiada henti. Oleh karena itu perlu adanya energi terbarukan untuk mengatasi masalah tersebut. Salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja turbin heliks Gorlov adalah jumlah sudu dalam turbin tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen. Variasi jumlah sudu yang digunakan adalah 2 sudu, 3 sudu, dan 4 sudu. Variasi kecepatan air yang digunakan yaitu 0,81 m/s, 0,94 m/s, 1,08 m/s, dan 1,18 m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi turbin air tidak terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah sudu dan meningkatnya kecepatan air. Hal ini dikarenakan penambahan jumlah sudu dalam satu lengan turbin mengakibatkan massa/beban yang diterima oleh turbin saat berputar akan meningkat dan semakin tinggi kecepatan air yang mengenai turbin menyebabkan putaran turbin air menjadi tidak stabil sehingga kinerja turbin tidak maksimal. Turbin dengan dua sudu dengan kecepatan air 0,94 m/s merupakan turbin yang paling optimal karena menghasilkan koefisien daya (C_p) tertinggi yaitu sebesar 0,00376.

Kata kunci: turbin heliks Gorlov, jumlah sudu, daya, C_p .

Abstract. The impact of energy needs always increase because the source of energy will be empty according to consumption that never end. Therefore we need some renewable energy for resolve that problem. One of the reason who affect performance gorlov helical turbine is number of blades in that turbine. Method that used in this research is experiment. Variation the number of blades is 2 blades, 3 blades and 4 blades. The water speed variation that used is 0,81 m/s, 0,94 m/s, 1,08 m/s. The result of research show the efficiency water turbine never always increase during number of blades increase and increase speed of water. This is because an increase number of blades in one turbine leg has effect massa or weight have be accepted with turbine when spinning will be increase and will be high the speed of water on the turbine that causing spinning water turbine will be stable so performance turbine not optimal. Turbine with two blade with water of speed 0,94 m/s is the turbine the most optimal because has highest Coefficient Power (C_p) is 0,00376

Keywords: Gorlov's helical turbine, number of blades, power, C_p .

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman yang semakin maju, kebutuhan akan energi semakin meningkat sehingga energi merupakan suatu unsur yang sangat penting dalam pengembangan suatu negara termasuk Indonesia, masih mengandalkan pembangkit listrik berbahan bakar fosil yaitu minyak bumi, dan batu bara. Kita mengetahui bahwa bahan bakar fosil tidak ramah lingkungan karena hasil pembakaran bahan bakar fosil adalah CO₂ yang merupakan gas rumah kaca. Sumber energi tersebut suatu saat akan habis seiring penggunaannya yang tiada henti. Oleh karena itu, pemanfaatan energi pada masa sekarang ini sudah banyak dikembangkan energi terbarukan seperti energi air, energi angin, energi matahari, energi panas bumi, dan energi nuklir ⁽¹⁾.

Indonesia memiliki sungai-sungai yang banyak sekali dan pemanfaatan potensinya sebagai sumber energi pembangkit tenaga listrik. Potensi ini sebagian besar tersebar di daerah pedesaan, sementara diperkirakan masih banyak penduduk desa yang belum menikmati listrik sehingga sangat tepat untuk mengembangkan pembangkit tenaga listrik ⁽²⁾.

Arus sungai mempunyai kecepatan rendah berkisar 0,01 s/d 2,8 m/s. Meskipun mempunyai kecepatan rendah, energi yang tersimpan di dalamnya bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Penggunaan dan pemanfaatan energi arus sungai salah satunya adalah dengan menggunakan turbin kinetik. Turbin kinetik ini memanfaatkan potensi energi kinetik berupa kecepatan aliran air dari sungai sehingga terjadi perubahan energi kinetik air menjadi energi mekanis pada turbin yang digunakan untuk menggerakkan generator kemudian menjadi energi listrik. Turbin kinetik ada dua jenis yaitu turbin kinetik poros horizontal dan turbin kinetik poros vertikal ⁽³⁾. Pada penelitian ini menggunakan turbin kinetik poros vertikal tipe heliks gorlov.

Aplikasi turbin heliks gorlov dipilih untuk diteliti berdasarkan beberapa pertimbangan. Tidak semua aliran air memiliki *head* yang tinggi, sungai-sungai pada daerah hilir walaupun dengan *head* rendah tetapi memiliki debit besar yang sangat berpeluang untuk dimanfaatkan, turbin heliks merupakan turbin yang bekerja tanpa memerlukan ketinggian jatuh air (*head*) tetapi turbin heliks memanfaatkan energi seperti aliran air sungai dan gelombang air laut ⁽⁴⁾.

Pengembangan turbin dalam penelitian-penelitian dengan upaya untuk meningkatkan kinerja turbin terus dilakukan. Menurut kinerjanya turbin di pengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya: kecepatan aliran, sudut sudu, sudu pengarah, dimensi sudu dan jumlah sudu. Jumlah sudu dan kecepatan aliran air merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi putaran dan gaya tangensial yang menentukan daya dan efisiensi sebuah turbin. Dengan menambah jumlah sudu dan kecepatan aliran air diasumsikan akan meningkatkan putaran dan gaya tangensial dengan sendirinya akan meningkatkan daya dan efisiensi turbin. Berdasarkan uraian tersebut, akan dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi jumlah sudu dan kecepatan air terhadap kinerja turbin air sumbu vertikal tipe heliks gorlov.

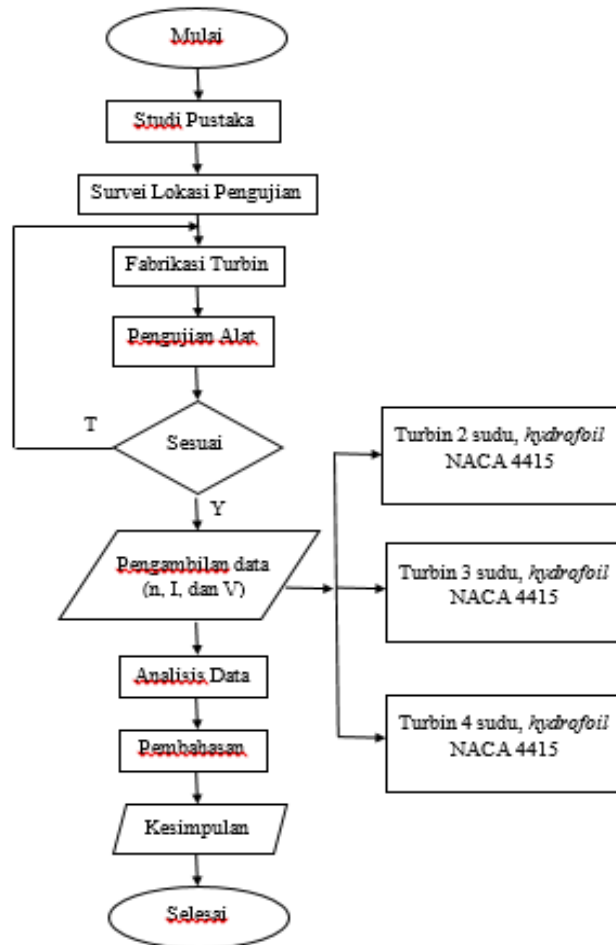
Maidangkay, et al., (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh sudut pengarah aliran dan jumlah sudu radius berengsel luar roda tunggal terhadap kinerja turbin kinetik. Berdasarkan pembahasan dan analisa diperoleh hasil bahwa Sudut pengarah aliran dan jumlah sudu radius berengsel luar roda tunggal berpengaruh terhadap kinerja turbin kinetik. Dari beberapa variasi

sudut pengarah aliran dan jumlah sudu radius berengsel luar roda tunggal yang diteliti, kinerja turbin dengan sudut pengarah aliran 35° lebih tinggi daripada yang menggunakan sudut pengarah aliran 25° dan 15° . Dan kinerja turbin jumlah sudu 12 lebih tinggi daripada yang menggunakan jumlah sudu 10, dan 8. Semakin besar sudut pengarah aliran dan jumlah sudu semakin besar, sehingga semakin besar daya, efisiensi dan torsi. Kinerja turbin kinetik maksimum terjadi pada sudut pengarah aliran 35° , jumlah sudu 12, putaran 90 rpm, kapasitas air $50 \text{ m}^3/\text{Jam}$ dan dengan daya yang dihasilkan sebesar 21,365 Watt, efisiensi sebesar 33,241%, dan torsi sebesar 3,864 N.m. Sehingga turbin kinetik ini masih tergolong sebagai pembangkit listrik tenaga Picohidro, karena daya output yang dihasilkan dibawah 1 kW ⁽⁵⁾.

Pietersz, et al., (2013) melakukan penelitiannya mengenai pengaruh jumlah sudu terhadap optimalisasi kinerja turbin kinetik roda tunggal. Berdasarkan pembahasan dan analisa diperoleh hasil bahwa jumlah sudu mempengaruhi kinerja dari turbin kinetik dimana debit air $0.013 \text{ m}^3/\text{s}$ putaran 100 rpm jumlah sudu 5 memiliki daya sebesar 5,50 Watt, sudu 11 memiliki kinerja lebih tinggi dari jumlah sudu 5, 7, dan 9 terutama pada putaran 100 rpm daya yang dihasilkan sebesar 20,41 Watt. Pada debit air $0.016 \text{ m}^3/\text{s}$ jumlah sudu 11 kinerja (daya dan efisiensi) tertinggi berada pada putaran 100 rpm yakni sebesar 20,41 Watt dan efisiensinya 71,42%, pengaruh debit air terhadap torsi maksimum terjadi pada sudu 11 dengan debit air $0,016 \text{ m}^3/\text{s}$ putaran 20 rpm sebesar 3,73 Nm sedangkan torsi minimum terjadi pada sudu 5 dengan debit air $0.013 \text{ m}^3/\text{s}$ pada putaran 100 rpm yakni sebesar 0,53 Nm ⁽⁶⁾.

Ismail (2016) melakukan penelitiannya mengenai studi eksperimental pengaruh jumlah *foil* terhadap efisiensi turbin heliks *cascade foil*. Data yang diperoleh dalam penelitian ini ialah kecepatan sudut dan torsi dari 3 variasi jumlah *foil* (Turbin Heliks 3 *foil*, 6 *foil*, dan 9 *foil*) pada 3 variasi kecepatan arus (1,142 m/s, 1,228 m/s, dan 1,341 m/s). Variasi kecepatan arus didapatkan dari saluran keluaran mata air Umbulan, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Penambahan *foil* secara *cascade* dapat meningkatkan daya mekanik turbin dalam luas sapuan yang sama. Pada kecepatan arus 1,341 m/s, Turbin Heliks 3, 6, dan 9 *foil* menghasilkan daya mekanik secara berturut-turut sebesar 104 watt, 116,8 watt, dan 133,6 watt. Turbin Heliks 9 *foil* memiliki daya mekanik dan torsi tertinggi karena memiliki momen inersia lebih tinggi daripada Turbin Heliks 6 dan 3 *foil*. Selain itu, penambahan jumlah *foil* menyebabkan bertambahnya gaya *lift* yang bekerja pada turbin. Turbin Heliks 9 *foil* memiliki lebih banyak *foil*, sehingga memberikan gaya *lift* lebih besar dibandingkan dengan Turbin Heliks 6 dan 3 *foil*. Penambahan *foil* secara *cascade* juga dapat meningkatkan efisiensi Turbin Heliks. Pada kecepatan arus 1,142 m/s, Turbin Heliks 3, 6, dan 9 *foil* menghasilkan efisiensi secara berturut-turut sebesar 15,2 %, 17,6 %, dan 19,9 %. Penambahan *foil* secara *cascade* dapat meningkatkan ekstraksi energi arus air tanpa memperbesar dimensi turbin ⁽⁷⁾.

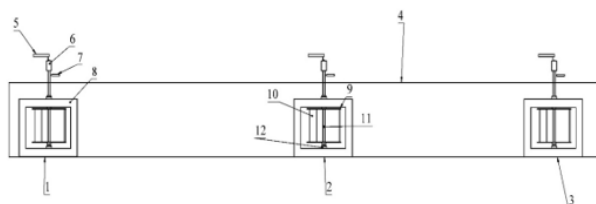
METODE PENELITIAN



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini terdapat langkah-langkah yang harus dilakukan untuk melakukan pengambilan data. Sebelum mengambil data kinerja turbin dilakukan terlebih dahulu pengukuran kecepatan aliran air pada sungai dengan menggunakan metode pelampung berupa balon. Balon tersebut diisikan air agar massa jenisnya sama. Setelah kecepatan air diketahui langkah selanjutnya merangkai susunan turbin heliks gorlov sesuai variasi jumlah sudu masing-masing dengan generator dipasangkan pada bagian atas poros turbin. Multimeter dihubungkan dengan generator untuk mengukur tegangan dan kuat arus yang dihasilkan turbin.

Data penelitian diambil pada variasi jumlah sudu dan variasi kecepatan air. Parameter dalam penelitian ini yang digunakan untuk menentukan kinerja adalah mengukur besarnya arus dan tegangan yang dihasilkan multimeter dan banyaknya rotasi per menit (rpm) dari turbin yang dihasilkan tachometer.



Keterangan:

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| 1. Posisi pengambilan data 1 | 2. Posisi pengambilan data 2 |
| 3. Posisi pengambilan data 3 | 4. Aliran sungai (10 meter) |
| 5. Multimeter | 6. DC generator |
| 7. Tachometer | 8. Rangka turbin |
| 9. Spoke arm | 10. Sudu |
| 11. Poros turbin | 11. Bearing |

Gambar 2 Skema penelitian

Tabel 1. Spesifikasi rancangan turbin air heliks Gorlov

Parameter	2 Sudu	3 Sudu	4 Sudu
Airfoil	NACA 4415	NACA 4415	NACA 4415
Panjang Chord	7 cm	7 cm	7 cm
Diameter Blade	24 cm	24 cm	24 cm
Tinggi Blade	20 cm	20 cm	20 cm

Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Digital tachometer* DT-2234C⁺, alat untuk mengukur kecepatan putaran turbin.
- DC motor generator 12-24V 1660-3350rpm, untuk mengkonversi putaran turbin menjadi listrik.
- Multimeter digital, alat untuk mengukur tegangan dan kuat arus.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Fiber, sebagai bahan untuk pembuatan sudu turbin.
- Aluminium, sebagai bahan untuk poros dan *spoke*.
- Besi sebagai bahan untuk membuat rangka turbin.

Dalam penelitian ini terdapat tiga variabel, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi jumlah sudu yaitu 2 sudu, 3 sudu, dan 4 sudu dan variasi kecepatan air yaitu 0,81m/s, 0,94 m/s, 1,08 m/s, dan 1,18 m/s. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah menghitung TSR, daya, dan Cp yang dihasilkan turbin air. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah kecepatan air.

Analisis data dilakukan dengan cara mengolah data yang telah terkumpul setelah melakukan penelitian dan memperoleh data. Penelitian ini menggunakan metode analisa deskriptif adalah metode yang digunakan untuk menganalisa data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi⁽⁸⁾.

Untuk perhitungan data yang telah diambil, rumus-rumus yang diperlukan adalah rumus daya seperti persamaan (1), rumus TSR seperti persamaan (2), dan rumus koefisien daya (C_P) seperti persamaan (3) sebagai berikut.

$$P_{generator} = V \cdot I \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

BHP = Brake Horse Power (W)

$P_{generator}$ = daya motor listrik (W)

V = tegangan motor listrik (volt)

I = arus listrik (ampere)

$$\lambda = \frac{U}{v} = \frac{\omega \cdot R}{v} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana: λ = tip speed ratio

ω = kecepatan sudut rotor (rad/s)

R = jari-jari turbin (m)

v = kecepatan air (m/s)

$$C_P = \frac{P}{P_w} = \frac{V \cdot I}{\frac{1}{2} \rho A v^3} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana: P_w = daya air

A = luas penampang (m²)

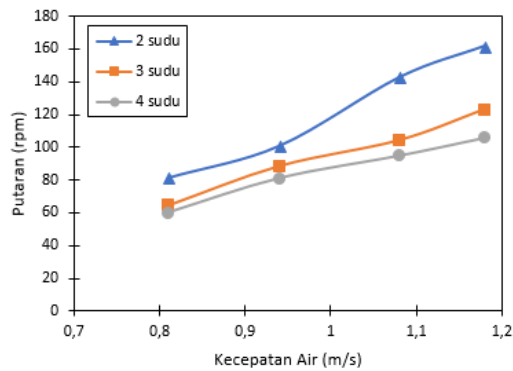
ρ = massa jenis air (kg/m³)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan Jumlah Sudu dengan Putaran

Tabel 2 Putaran Turbin terhadap Variasi Jumlah Sudu

Kecepatan Air (m/s)	Putaran, n (rpm)		
	2 Sudu	3 Sudu	4 Sudu
0,81	81,7	64,89	60,12
0,94	101,18	88,8	81,33
1,08	142,89	104,55	95,13
1,18	161,98	123,35	106,11



Gambar 2 Grafik Hubungan Variasi Jumlah Sudu terhadap Putaran Turbin

Gambar 2 diatas menunjukkan hubungan antara putaran dan kecepatan air ialah sebanding. Semakin tinggi kecepatan air, maka putaran turbin juga akan semakin tinggi. Peningkatan kecepatan air berpengaruh positif terhadap putaran turbin sedangkan penambahan jumlah sudu berpengaruh negatif terhadap putaran turbin.

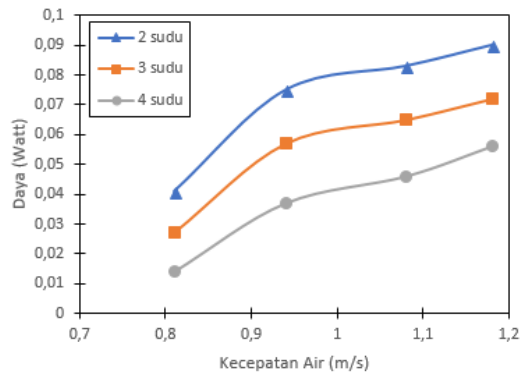
Penambahan jumlah sudu dalam satu lengan turbin mengakibatkan massa/beban yang diterima oleh turbin saat berputar akan meningkat atau disebut dengan momen inersia. Momen inersia terdiri dari variabel massa (kg) dan jari-jari (m). Turbin Heliks 2, 3, dan 4 sudu memiliki jari-jari yang sama. Sehingga variabel yang membedakan diantara ketiganya ialah massa. Massa turbin akan meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah sudu. Sehingga Turbin Heliks 4 sudu memiliki momen inersia (beban saat berputar) yang lebih tinggi daripada Turbin Heliks 3 sudu dan 2 sudu. Oleh karena itu, Turbin Heliks 4 sudu memiliki putaran yang paling rendah diantara ketiga variasi turbin yang lainnya ⁽⁷⁾.

Turbin Heliks 2 sudu memiliki rpm tertinggi pada keempat variasi kecepatan air, disusul oleh Turbin Heliks 3 sudu, kemudian 4 sudu. Putaran tertinggi sebesar 161,98 rpm didapatkan pada kecepatan air 1,18 m/s oleh Turbin Heliks 2 sudu, sedangkan putaran terendah sebesar 60,12 rpm didapatkan pada kecepatan air 0,81 m/s oleh Turbin Heliks 4 sudu. Peningkatan kecepatan air berpengaruh positif terhadap putaran turbin, sedangkan penambahan jumlah sudu berpengaruh negatif terhadap putaran turbin.

Hubungan Jumlah Sudu dengan Daya

Tabel 2 Daya Turbin terhadap Variasi Jumlah Sudu

Kecepatan Air (m/s)	Daya, P (W)		
	2 Sudu	3 Sudu	4 Sudu
0,81	0,041	0,027	0,014
0,94	0,075	0,057	0,037
1,08	0,083	0,065	0,046
1,18	0,09	0,072	0,056



Gambar 3 Grafik Hubungan Variasi Jumlah Sudu terhadap Daya Turbin

Gambar 3 diatas menunjukkan hubungan antara daya dan kecepatan air ialah sebanding. Kecepatan air berpengaruh positif terhadap daya Turbin Heliks 2, 3, dan 4 sudu. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi kecepatan air, maka daya input dari arus air juga semakin tinggi. Semakin tinggi daya input turbin, maka secara umum daya output/daya mekanik turbin juga semakin besar ⁽⁷⁾.

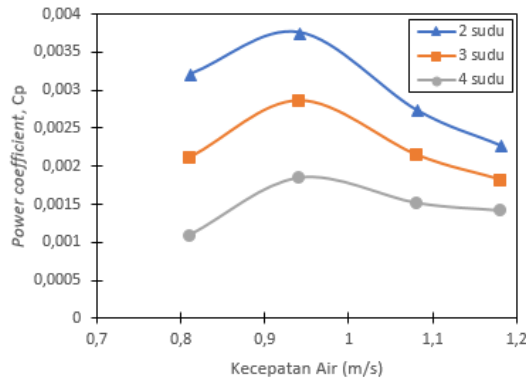
Daya turbin dengan putaran turbin berbanding lurus, artinya semakin banyak putaran turbin maka daya turbin juga akan meningkat. Penambahan jumlah sudu berpengaruh negatif terhadap daya turbin heliks 2, 3, dan 4 sudu. Hal ini disebabkan karena semakin banyak jumlah sudu maka beban saat berputar juga semakin tinggi. Beban saat berputar semakin tinggi maka putaran turbin akan semakin rendah.

Turbin Heliks 2 sudu memiliki daya tertinggi pada keempat variasi kecepatan air, disusul oleh Turbin Heliks 3 sudu, kemudian 4 sudu. daya tertinggi sebesar 0,09 Watt didapatkan pada kecepatan air 1,18 m/s oleh Turbin Heliks 2 sudu, sedangkan daya terendah sebesar 0,014 Watt didapatkan pada kecepatan air 0,81 m/s oleh Turbin Heliks 4 sudu.

Hubungan Jumlah Sudu dengan *Power Coefficient* (C_p)

Tabel 3 *Power Coefficient* Turbin terhadap Variasi Jumlah Sudu

Kecepatan Air (m/s)	<i>Power Coefficient, C_p</i>		
	2 Sudu	3 Sudu	4 Sudu
0,81	0,00321	0,00212	0,0011
0,94	0,00376	0,00286	0,00186
1,08	0,00275	0,00215	0,00152
1,18	0,00228	0,00183	0,00142



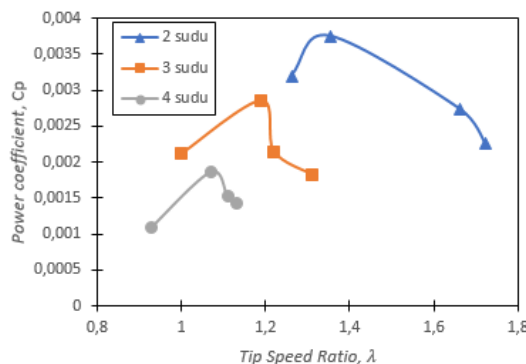
Gambar 4 Grafik Hubungan Variasi Jumlah Sudu terhadap C_p Turbin

Gambar 4 diatas menunjukkan hubungan antara kecepatan air terhadap koefisien daya (C_p) adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi kecepatan air, maka koefisien daya (C_p) turbin 2, 3, dan 4 sudu semakin rendah. Hal ini disebabkan karena peningkatan daya input/daya air tidak sebanding dengan daya output/daya mekanik yang dihasilkan oleh turbin. Peningkatan kecepatan air berdampak pada peningkatan daya input/daya air yang lebih besar daripada peningkatan daya mekanik/daya turbin. Secara teori bertambah besarnya kecepatan air berbanding terbalik pangkat tiga terhadap koefisien daya (C_p), sehingga koefisien daya (C_p) menurun lebih cepat secara eksponensial jika dibandingkan dengan peningkatan daya mekanik turbin (berupa torsi dan putaran turbin) ⁽⁷⁾.

Koefisien daya (C_p) merupakan perbandingan antara daya turbin/daya *output* dengan daya arus air/*input*. Daya turbin sangat dipengaruhi oleh putaran turbin. Semakin banyak putaran maka semakin tinggi daya turbin. Penambahan jumlah sudu berpengaruh negatif terhadap koefisien daya. Hal ini disebabkan karena semakin banyak jumlah sudu semakin tinggi momen inersianya. Sehingga mengakibatkan nilai C_p turbin heliks 4 sudu semakin rendah dibandingkan dengan 2 sudu dan 3 sudu.

Turbin Heliks 2 sudu memiliki daya tertinggi pada keempat variasi kecepatan air, disusul oleh Turbin Heliks 3 sudu, kemudian 4 sudu. Koefisien tertinggi sebesar 0,00376 didapatkan pada kecepatan air 0,94 m/s oleh Turbin Heliks 2 sudu, sedangkan koefisien terendah sebesar 0,0011 didapatkan pada kecepatan air 0,81 m/s oleh Turbin Heliks 4 sudu.

Hubungan TSR dan C_p



Gambar 5 Grafik Hubungan TSR - Cp

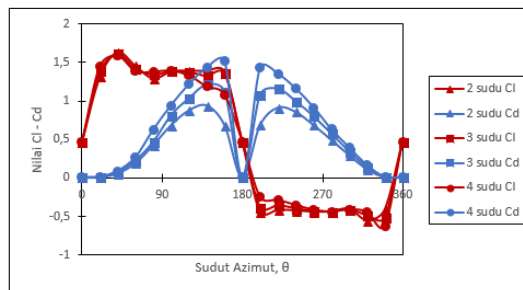
Pada gambar 5 dapat dilihat grafik hubungan *tip speed ratio* dengan koefisien daya. Semakin tinggi *tip speed ratio*, koefisien daya meningkat secara parabolik. Hal ini disebabkan karena prinsip aerodinamis rotor turbin yang memanfaatkan gaya dorong (*drag*) saat mengekstrak energi air dari aliran air yang melalui sudu turbin, sehingga semakin cepat kecepatan aliran air, Cp turbin heliks cenderung menurun, begitu juga dengan TSR⁽⁹⁾.

Penambahan jumlah sudu dalam satu lengan turbin mengakibatkan massa/beban yang diterima oleh turbin saat berputar akan meningkat atau biasa disebut dengan momen inersia. Momen inersia terdiri dari variabel massa (kg) dan jari-jari (m). Turbin Heliks 2, 3, dan 4 sudu memiliki jari-jari yang sama. Sehingga variabel yang membedakan diantara ketiganya ialah massa. Massa turbin akan meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah sudu. Sehingga Turbin Heliks 4 sudu memiliki momen inersia (beban saat berputar) yang lebih tinggi daripada Turbin Heliks 3 sudu dan 2 sudu. Oleh karena itu, semakin banyak jumlah sudu maka nilai TSR akan besar, begitu juga dengan putaran turbin⁽⁷⁾.

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa turbin yang paling optimal adalah turbin heliks air dengan jumlah 2 sudu yang memiliki nilai CP sebesar 0,00376 dan nilai TSR sebesar 1,35.

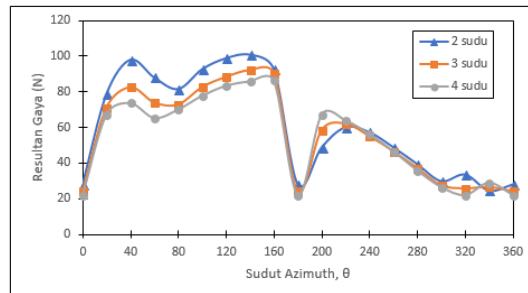
Hubungan Jumlah Sudu dengan Gaya pada Turbin

Gaya *lift* dan gaya *drag* yang terjadi pada turbin air tergantung pada besar koefisien *lift* (Cl) dan koefisien *drag* (Cd). Berikut grafik nilai Cl dan Cd untuk *hydrofoil* NACA 4415 dari *software* QBlade v0.963.



Gambar 6 Nilai Cl – Cd *hydrofoil* NACA 4415

Berdasarkan nilai C_l dan C_d diatas menunjukkan bahwa turbin air sumbu vertikal heliks gorlov dalam penelitian ini gaya *drag* lebih dominan dibandingkan dengan gaya *lift*. Hal ini dapat dilihat dari nilai C_d bernilai positif sedangkan nilai C_l terdapat nilai negatif. Selain itu, dapat dilihat juga dari hasil perhitungan resultan gaya antara gaya *lift* dan gaya *drag* pada grafik berikut yang menggambarkan hubungan antara resultan gaya dengan sudut *azimuth*.



Gambar 7 Hubungan Jumlah Sudu dengan Resultan Gaya pada Turbin

Gambar 7 diatas menunjukkan hubungan jumlah sudu dengan resultan gaya pada turbin. Peningkatan nilai total gaya resultan tidak terjadi secara signifikan. Secara keseluruhan turbin dengan 2 sudu memiliki nilai total gaya resultan tertinggi sedangkan turbin dengan 4 sudu memiliki nilai total gaya resultan terendah. Nilai gaya resultan dengan daya pada turbin ialah berbanding lurus. Semakin tinggi nilai gaya resultan maka daya pada turbin juga semakin tinggi. Oleh karena itu, penambahan jumlah sudu belum tentu turbin akan berputar lebih cepat karena semakin banyak jumlah sudu momen inersianya semakin tinggi.

SIMPULAN

Jumlah sudu mempengaruhi kinerja turbin air heliks gorlov, hal ini dikarenakan penambahan jumlah sudu dalam satu lengan turbin mengakibatkan massa/beban yang diterima oleh turbin saat berputar akan meningkat. Turbin Heliks 2, 3, dan 4 sudu memiliki jari-jari yang sama. Sehingga variabel yang membedakan diantara ketiganya ialah massa. Massa turbin akan meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah sudu. Sehingga Turbin Heliks 4 sudu memiliki momen inersia (beban saat berputar) yang lebih tinggi daripada Turbin Heliks 3 sudu dan 2 sudu. Oleh karena itu, Turbin Heliks 4 sudu memiliki putaran, daya, koefisien daya, dan TSR yang paling rendah diantara ketiga variasi turbin yang lainnya. Kecepatan air mempengaruhi kinerja turbin air heliks gorlov, hal ini dikarenakan kecepatan air berbanding lurus dengan putaran, daya, dan TSR. Semakin tinggi kecepatan air maka semakin tinggi juga putaran, daya, dan TSR. Sedangkan nilai C_p berbanding terbalik dengan kecepatan air, hal ini disebabkan karena peningkatan daya air tidak sebanding dengan daya mekanik yang dihasilkan turbin. Turbin heliks Gorlov paling optimal berdasarkan hasil penelitian dengan nilai koefisien daya (C_p) tertinggi yaitu turbin dengan 2 sudu pada kecepatan air 0,94 m/s yang menghasilkan nilai C_p sebesar 0,00376 dan nilai TSR 1,35.

DAFTAR PUSTAKA

- Supratmanto, D. 2016. Kajian Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Helik untuk Model Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Anam, A., Ir. T. Rahardjo, dan M. Asroni. 2018. Pengaruh Variasi Kecepatan Aliran Sungai Terhadap Kinerja Turbin Kinetik Bersudu Mangkok dengan Sudut Input 10° . *SEMINAR NASIONAL INOVASI DAN APLIKASI DI INDUSTRI (SENIATI)*: 324-329.
- Anam, A., R. Soenoko, dan D. Widhiyanuriyawan. 2013. Pengaruh Variasi Sudut Input Sudu

- Mangkok Terhadap Kinerja Turbin Kinetik. *Jurnal Rekayasa Mesin* 4(3): 199-203.
- Sitepu, A. W., J. B. Sinaga, dan A. Sugiri. 2014. Kajian Eksperimental Pengaruh Bentuk Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Helik untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). *Jurnal FEMA* 2(2): 72-78.
- Maidangkay, A., R. Soenoko, dan S. Wahyudi. 2014. Pengaruh Sudut Pengarah Aliran dan Jumlah Sudu Radius Berengsel Luar Roda Tunggal Terhadap Kinerja Turbin Kinetik. *Jurnal Rekayasa Mesin* 5(2): 149-156.
- Pietersz, R., R. Soenoko, dan S. Wahyudi. 2013. Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Optimalisasi Kinerja Turbin Kinetik Roda Tunggal. *Jurnal Rekayasa Mesin* 4(3): 220-226.
- Ismail, A. 2016. Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Foil Terhadap Efisiensi Turbin Heliks Cascade Foil. *Tugas Akhir*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian dan Pengembangan (Research and Development/ R&D)*. Bandung: Alfabeta, cv.
- Purnama, A. C., R. Hantoro, dan G. Nugroho. 2013. Rancang Bangun Turbin Air Sungai Poros Vertikal Tipe Savonius dengan Menggunakan Pemandu Arah Aliran. *JURNAL TEKNIK POMITS* 2(2): 278-282. 5/. 23 Maret 2018 (13.10).