

## REKAYASA PROFIL SUDU TURBIN HIDROKINETIK GORLOV UNTUK MEMAKSIMALKAN PERFORMA TURBIN

Rendi, Jainal Arifin, Muhammad Fauzan, dan Firda Herlina

*Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Kalimantan MAB Banjarmasin*

*Email : [rendi.teknikmesin@gmail.com](mailto:rendi.teknikmesin@gmail.com)*

### ABSTRACT

This research aims to enhance the performance of the Gorlov hydrokinetic turbine by modifying the blade profile. Employing an experimental approach, this study involves the creation of turbine models with redesigned blade variations. The modified turbine blades are designed with a curved curve resembling a sickle, with the goal of improving their ability to capture energy from fluid flow. Testing is conducted in a constructed water channel with varying water flow speeds. The research results indicate that both the Gorlov turbine and the modified turbine show an increase in revolutions per minute (RPM) values proportional to the water flow speed. The Gorlov turbine has an RPM range between 30 and 28, while the modified turbine has a range between 24 and 32. Consistently, the modified turbine outperforms the Gorlov turbine in terms of torque values. Although the torque ranges for both are relatively small, the modified turbine is capable of producing higher torque, ranging from 0.012361 to 0.020601 Nm, compared to the Gorlov turbine with torque ranging from 0.010301 to 0.018541 Nm. Overall, the modified turbine demonstrates a more dramatic response to changes in water flow speed. These findings indicate a better potential for adaptation of the modified turbine to varying environmental conditions.

**Keywords:** Hydrokinetic turbine, modification, blade profile

### 1. PENDAHULUAN

Dari data Ditjen Energi Baru dan Terbarukan, Negara Indonesia memiliki potensi energi air yang cukup sebesar yaitu sekitar 950 MW, tetapi potensi ini belum dimanfaatkan secara optimal. Saat ini, pembangkit listrik tenaga air di Indonesia hanya menyumbang sekitar 0,02% dari total kapasitas pembangkit yang telah terpasang. Salah satu faktor kunci dalam optimalisasi pemanfaatan energi air ini terletak pada teknologi turbin air yang belum maksimal. Turbin hidrokinetik, termasuk di dalamnya turbin hidrokinetik Gorlov, merupakan jenis turbin air yang beroperasi dengan memanfaatkan pergerakan aliran air sebagai sumber energi.

Turbine hidrokinetik Gorlov, pertama kali ditemukan oleh Viktor S. Gorlov, yang merupakan salah satu turbin air dengan sumbu vertikal secara khusus dirancang untuk operasi dalam air. Turbin ini berputar dan mengkonversi energi kinetik menjadi energi mekanik melalui aliran air yang melalui sudu-sudu turbin. Prinsip kerjanya didasarkan pada pemanfaatan gaya lift yang dihasilkan dari gerakan aliran air yang bertemu dengan sudu

turbin. Keunggulan utama turbin hidrokinetik Gorlov terletak pada desainnya yang sederhana, memungkinkannya untuk beroperasi pada berbagai kecepatan aliran air, baik yang cepat maupun lambat. Namun, terdapat kelemahan yang perlu diatasi, yaitu efektivitas yang menurun ketika digunakan pada aliran air lambat, sehingga menjadi sebuah tantangan dalam meningkatkan kinerjanya, khususnya pada kondisi aliran air rendah. Upaya pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk mengatasi kendala ini dan meningkatkan performa turbin hidrokinetik Gorlov pada berbagai kondisi aliran air.

Kelemahan turbin yang memanfaatkan gaya lift mencakup ketidakmampuan untuk berputar pada kecepatan aliran air rendah, yang disebabkan oleh kurangnya energi yang dihasilkan dari aliran air untuk menggerakkan turbin. Kendala ini menjadi signifikan karena tidak semua sungai memiliki kecepatan air yang tinggi; bahkan beberapa aliran sungai mengalami fluktuasi kecepatan yang dapat berubah-ubah. Skenario ini menciptakan tantangan yang perlu diatasi dalam penerapan turbin hidrokinetik Gorlov

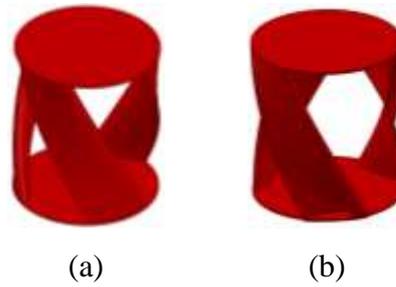
Aspek utama perlu diperhatikan untuk pengembangan turbin hidrokinetik gorlov adalah desain sudu. Sudu berperan kritis dalam menangkap dan mengubah energi kinetik air menjadi gerakan rotasi pada poros turbin.

Ada beberapa penelitian dilakukan untuk meningkatkan performa turbin gorlov diantaranya oleh Bachant dan M. Wosnik (2020) yang dalam penelitiannya berfokus pada Perbandingan kinerja model bilah heliks dengan bilah spiral. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model bilah heliks mempunyai performa yang lebih baik dari segi kemampuan rotasi dan juga konversi energi kinetik dari aliran air menghasilkan nilai maksimum  $C_p$  0.28 dan TSR 2.1. Kemudian penelitian lain dilakukan oleh Try Antomo (2020). Fokus penelitian adalah Analisis pengembangan hidrokinetik turbin gorlov akibat penambahan luas bidang tangkap. Dalam penelitiannya mencoba mengembangkan turbin hidrokinetik Gorlov dengan menambahkan komponen pair pada lengan turbin sehingga berbentuk seperti DNA. Penelitian menggunakan geometri turbin tinggi (H) 0.38 m, Diameter (D) 0.25 m dan jumlah sudu 3. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa dengan adanya penambahan komponen pair pada lengan turbin maka dapat meningkatkan torsi turbin pada kecepatan air rendah.[9]

## **2. METODE PENELITIAN**

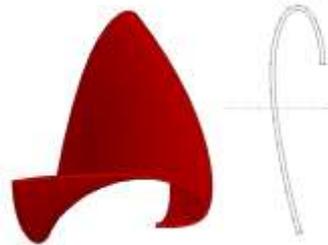
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu dimulai dengan membuat pemodelan turbin melalui aplikasi CAD sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan kemudian membuat pemodelan fisik sebagai sampel pengujian dengan dua variasi

model yaitu medet dengan sudu konvensional dan model dengan sudu modifikasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Bentuk geometri (a) turbin Gorlov dan (b) turbin modifikasi

Pemodelan fisik turbin dibuat dari bahan cetakan printer 3D. Sudu turbin modifikasi dibuat melengkung menyerupai sabit, tujuannya untuk memperbanyak menangkap energi aliran fluida ditunjukkan pada gambar 2



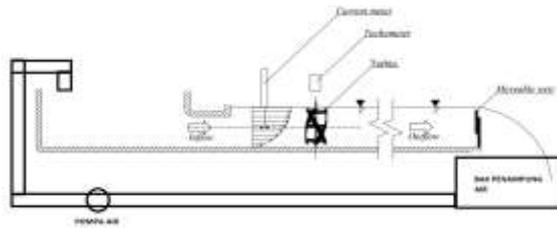
Gambar 2 profil sudu turbin modifikasi pengembangan dari profil sudu Gorlov

Tabel 1 menunjukkan spesifikasi turbin yang diuji

Tabel 1. Spesifikasi turbin

Parameter	Dimensi	Satuan
Jumlah sudu	3	buah
Geometri sudu	NACA 0024	-
Panjang ChoGorlov	0.080	m
Modifikasi		
Tinggi	0.20	m
diameter	0.18	m
Aspek rasio	1.11	
Tebal sudu	1.5	mm

Gambar 3 merupakan bentuk skema saluran air buatan yang digunakan



Gambar 3. Skema alat uji saluran air buatan

Untuk mendapatkan data peningkatan torsi turbin, dilakukan pengujian dengan membandingkan turbin tanpa modifikasi dengan turbin modifikasi diuji di dalam saluran air buatan dengan variasi kecepatan air 0.185 – 0.25 m/s seperti ditunjukkan pada gambar 4



Gambar 3 Setup Eksperimen

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk menghitung kinerja turbin adalah sebagai berikut;

Persamaan untuk menghitung Tip Speed Ratio adalah

$$TSR = \frac{\omega \cdot D}{2U} \dots\dots\dots(\text{persamaan 1})$$

Dimana:

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

Dimana:

- n = Kecepatan rotasi putaran poros
- D = Diameter sudu
- U = Kecepatan Aliran air

Persamaan berikut digunakan untuk nilai torsi (T)

$$T = (M - S)(r_{S_{\text{total}} + d_r})g \dots\dots\dots(\text{persamaan 2})$$

Dimana;

- M = Beban (kg)
- S = Beban Spring Balance

$r_{Shaft}$  = jari-jari pully/ poros

$d_r$  = Diameter Nylon

$g$  = Gravitasi

Persamaan berikut digunakan untuk mendapatkan nilai koefisien torsi ( $C_m$ )

$$C_m = \frac{4T}{\rho U^2 D^2 H} \dots\dots\dots(\text{persamaan 3})$$

Dimana;

$T$  = Torsi

$\rho$  = massa jenis air temperatur air mencapai

$U$  = Kecepatan aliran air

$D$  = Diameter sudu

$H$  = Tinggi turbin

Persamaan berikut digunakan untuk untuk mendapatkan nilai koefisien power ( $C_p$ )

$$C_p = TSR.C_m \dots\dots\dots(\text{persamaan 4})$$

Dimana;

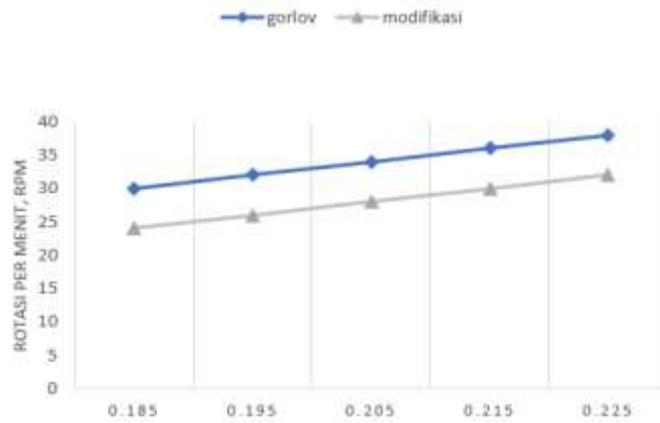
$TSR$  = Tips Speed Ratio

$C_m$  = Koefisien Torsi

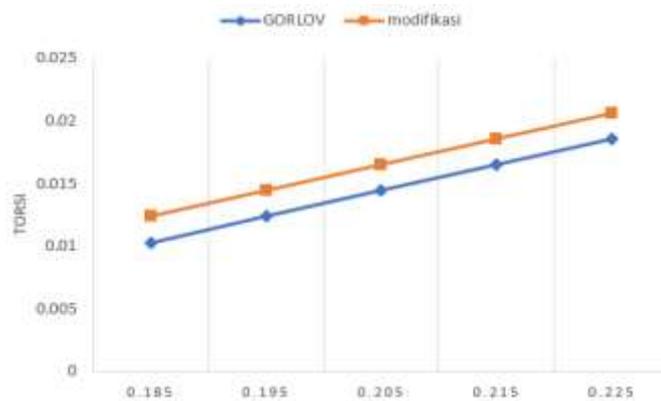
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 5 adalah grafik perbandingan kecepatan putaran turbin (rpm) terhadap berbagai variasi kecepatan aliran air pada model turbin Gorlov dan model turbin modifikasi Gorlov modifikasi. Gambar 5 menggambarkan nilai rotasi per menit dari kedua jenis turbin. Hasilnya menunjukkan bahwa turbin Gorlov memiliki nilai rotasi per menit berkisar antara 30 hingga 28, sementara turbin Gorlov Modifikasi memiliki rentang antara 24 hingga 32. Yang menarik di sini adalah bahwa kedua jenis turbin menunjukkan kecenderungan peningkatan nilai rotasi per menit yang proporsional dengan peningkatan kecepatan aliran air. Dengan kata lain, semakin cepat aliran air, semakin tinggi nilai rotasi per menit yang dihasilkan oleh kedua turbin.

Grafik perbandingan kecepatan aliran fluida terhadap torsi yang dihasilkan oleh turbin hidrokinetik dengan variasi geometri sudu ditunjukkan pada gambar 6



Gambar 5. Grafik perbandingan putaran turbin terhadap variasi kecepatan air



Gambar 6 Grafik perbandingan torsi turbin terhadap variasi kecepatan air

Pada Gambar 6, terlihat bahwa turbin Gorlov menghasilkan nilai torsi antara 0.010301 hingga 0.018541 Nm, sementara turbin modifikasi menghasilkan torsi berkisar antara 0.012361 hingga 0.020601 Nm. Dari data ini, dapat disimpulkan bahwa turbin modifikasi secara konsisten mengungguli turbin Gorlov dalam hal nilai torsi

Analisis lebih lanjut terhadap data yang diberikan membawa kita pada pemahaman yang lebih mendalam tentang karakteristik masing-masing turbin, khususnya dalam konteks respons terhadap perubahan kecepatan aliran air. Pertama-tama, perlu dicatat bahwa rentang nilai torsi yang dihasilkan oleh kedua turbin relatif kecil, menunjukkan bahwa keduanya mampu menghasilkan gaya putar yang signifikan pada berbagai kecepatan aliran air. Namun, perbedaan dalam rentang nilai torsi antara turbin Gorlov dan modifikasi memberikan indikasi awal bahwa modifikasi memiliki potensi untuk menghasilkan daya mekanis yang lebih besar. Meskipun turbin modifikasi unggul dalam hal nilai torsi, perhatian tertuju pada gradien peningkatan nilai torsi terhadap kecepatan aliran. Turbin modifikasi menunjukkan gradien yang lebih curam, menandakan respons yang lebih dramatis terhadap perubahan kecepatan aliran air. Ini dapat diartikan bahwa turbin modifikasi memiliki kapabilitas adaptasi yang

lebih baik terhadap variasi kondisi aliran air, terutama pada kecepatan tinggi. Di sisi lain, turbin Gorlov menunjukkan gradien yang lebih landai, menandakan bahwa responnya terhadap perubahan kecepatan aliran lebih stabil dan terukur. Meskipun nilai torsi yang dihasilkan lebih rendah, karakteristik ini menunjukkan bahwa turbin Gorlov mungkin lebih cocok untuk aplikasi di lingkungan dengan variasi kecepatan aliran yang tidak terlalu ekstrem. Secara keseluruhan, turbin modifikasi memiliki potensi untuk menghasilkan daya mekanis yang lebih besar, terutama pada kondisi aliran air dengan kecepatan tinggi. Namun, keputusan terkait pemilihan turbin harus dipertimbangkan dengan cermat Modifikasi asalkan lingkungan aplikasi yang spesifik. Turbin Gorlov mungkin lebih sesuai untuk situasi di mana stabilitas respons terhadap perubahan kecepatan aliran lebih diutamakan daripada maksimalisasi nilai torsi. Sebaliknya, turbin midifikasi dapat menjadi pilihan yang lebih baik untuk situasi di mana respons yang cepat terhadap variasi kecepatan aliran air sangat diinginkan.

Berdasarkan analisis data pada Gambar 6 yang membandingkan turbin hidrokinetik Gorlov dan turbin modifikasi, dapat disimpulkan bahwa turbin modifikasi secara konsisten mengungguli turbin Gorlov dalam hal nilai torsi. Rentang nilai torsi yang dihasilkan oleh keduanya relatif kecil, menunjukkan kemampuan keduanya untuk menghasilkan gaya putar yang signifikan pada berbagai kecepatan aliran air. Meskipun nilai torsi turbin modifikasi lebih tinggi, perhatian tertuju pada gradien peningkatan nilai torsi terhadap kecepatan aliran. Turbin modifikasi menunjukkan gradien yang lebih curam, menandakan respons yang lebih dramatis terhadap perubahan kecepatan aliran air. Ini mengindikasikan bahwa turbin modifikasi memiliki potensi untuk memberikan daya mekanis yang lebih besar, terutama pada kondisi aliran air dengan kecepatan tinggi. Di sisi lain, turbin Gorlov menunjukkan gradien yang lebih landai, menandakan respons yang lebih stabil dan terukur terhadap perubahan kecepatan aliran.

#### **4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang membandingkan turbin hidrokinetik Gorlov dan turbin modifikasi, dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Turbin Gorlov maupun turbin modifikasi menunjukkan peningkatan nilai rotasi per menit yang proporsional dengan kecepatan aliran air. Turbin Gorlov memiliki rentang RPM antara 30 hingga 28, sedangkan turbin modifikasi memiliki rentang antara 24 hingga 32.
2. Turbin modifikasi secara konsisten mengungguli turbin Gorlov dalam hal nilai torsi. Meskipun rentang nilai torsi keduanya relatif kecil, turbin modifikasi mampu menghasilkan torsi yang lebih tinggi, berkisar antara 0.012361 hingga 0.020601 Nm,

dibandingkan dengan turbin Gorlov yang memiliki torsi antara 0.010301 hingga 0.018541 Nm.

3. Turbin modifikasi menampilkan gradien peningkatan nilai torsi yang lebih curam terhadap perubahan kecepatan aliran air. Ini mengindikasikan bahwa turbin modifikasi memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik terhadap variasi kondisi aliran air, terutama pada kecepatan tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- R. H. Van Els and A. C. P. B. Junior, "The Brazilian Experience with Hydrokinetic Turbines," *Energy Procedia*, vol. 75, pp. 259–264, 2015, doi: 10.1016/j.egypro.2015.07.328.
- G. Saini and R. P. Saini, "A review on technology, configurations, and performance of cross-flow hydrokinetic turbines," *Int. J. Energy Res.*, vol. 43, no. 13, pp. 6639–6679, 2019, doi: 10.1002/er.4625.
- M. Anyi and B. Kirke, "Evaluation of small axial flow hydrokinetic turbines for remote communities," *Energy Sustain. Dev.*, vol. 14, no. 2, pp. 110–116, 2010, doi: 10.1016/j.esd.2010.02.003.
- V. Patel, T. I. Eldho, and S. V. Prabhu, *Velocity and performance correction methodology for hydrokinetic turbines experimented with different geometry of the channel*, vol. 131. Elsevier B.V., 2019.
- T. Antomo, I. M. Kamiana, and D. A. Nindito, "Analisis pengembangan hidrokinetik turbin gorlov akibat penambahan luas bidang tangkap," *Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 16, no. 2, p. 159, 2020, doi: 10.36055/tjst.v16i2.9186.