

# PENGARUH SUDUT PENGARAH ALIRAN TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN KINETIK

Kennie A. Lempoy, Nita C.V Monintja, Arwanto A.M Lakat

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado

## Abstrak

Sumber energi alternatif menyediakan energi dimana saja diperlukan dan mengubah energi dari satu energi ke energi lainnya tanpa menimbulkan pencemaran yang akan merusak lingkungan, termasuk energi air. Salah satu potensi air di Indonesia terutama potensi air sungai sangat banyak dimana salah satu potensi energi yang sangat besar adalah energi kinetik, yang terjadi akibat adanya kecepatan aliran. Dari permasalahan diatas, perlu dipikirkan upaya untuk meningkatkan kinerja dari turbin kinetik bersudu mangkok dengan variasi sudut pengarah aliran. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental dan dibuat dalam skala laboratorium. Turbin kinetik yang diuji dibatasi pada sudut pengarah aliran dengan spesifikasi jumlah sudu 8 buah, luas penampang saluran  $0,26 \times (0,1 \text{ dan } 0,12) \text{ m}^3$ , diameter poros turbin 11,5 cm, panjang dan lebar sudu yaitu 13 dan 12 cm, sudut pengarah aliran divariasikan dengan  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ , dan  $30^\circ$ . Dari hasil pengamatan akan didapatkan bahwa sudut pengarah aliran akan mempengaruhi kinerja ( daya dan efisiensi ) turbin kinetik.

*Kata Kunci: Energi air, Potensi energi, Turbin kinetik*

## 1. PENDAHULUAN

Energi air dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik dengan memanfaatkan tenaga potensial yang tersedia (potensi air terjun dan kecepatan aliran). Indonesia memiliki potensi besar untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga air. Ini disebabkan kondisi topografi Indonesia yang bergunung dan berbukit serta dialiri oleh banyak sungai (besar dan kecil) dan di beberapa daerah tertentu terdapat danau dan atau waduk yang cukup potensial sebagai sumber energi air. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah salah satu teknologi yang sudah terbukti tidak merusak lingkungan, menunjang diversifikasi energi sebagai pemanfaatan energi terbarukan, menunjang program pengurangan penggunaan BBM, dan sebagian besar konstruksinya menggunakan material lokal. Menurut Harsono di *Harian Kompas*, 24 Oktober 2004, besar potensi energi air di Indonesia adalah 74.976 MW, dan sebesar 70.776 MW terdapat di luar Pulau Jawa, dan yang sudah dimanfaatkan adalah sebesar 3.105,76 MW. Selain PLTA, pembangkit listrik tenaga mini hidro berkapasitas antara 200–5.000 kW potensinya adalah 458,75 MW, sangat layak dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di daerah pedesaan yang terpencil ataupun pedesaan di pulau-pulau kecil dengan daerah aliran sungai yang sempit. Potensi air di Indonesia terutama potensi air sungai sangat banyak dimana pada air sungai salah satu potensi energi yang sangat besar adalah energi kinetik akibat adanya kecepatan aliran dan bila kecepatan aliran ini dapat dimanfaatkan dengan baik, maka krisis energi di Indonesia dapat diatasi. Dalam penelitian ini bentuk sudu yang dipergunakan adalah bentuk sudu mangkok yang salah satu keuntungannya adalah sisi-sisinya dapat menahan air sehingga sebagian besar kecepatan dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin. Kirke Brian (2007) mengembangkan turbin kinetik dengan

mengadakan penelitian khususnya Turbin kinetik poros vertikal. Yang menjadi perhatian Brian dalam setiap penelitiannya adalah bagaimana meningkatkan efisiensi turbin kinetik vertikal ini. Sudah banyak usaha dilakukan, diantaranya adalah dengan memberi sekat pada bagian masuk turbin agar punggung turbin yang berputar melawan arus dapat terhindar dari tekanan air. Penelitian yang lain adalah dengan usaha memiringkan roda turbin agar perhitungan segitiga kecepatan menjadi optimal dan sudu balik turbin tidak mendapatkan tekanan balik dari aliran air. Dari penelitian yang memvariasikan bentuk sudu (*Backward*, *For-ward* dan *radial*) dan variasi sudut masuk kecepatan aliran air kedalam turbin, tim ini dapat meningkatkan turbin kinetik sampai 38%. Bono dan indarto (2008), mengadakan penelitian dan menyimpulkan bahwa karakteristik daya dan efisiensi antara sudu mangkok dan setengah silinder hampir sama, namun daya dan efisiensi sudu mangkok lebih baik dari sudu setengah silinder. Sudut pengarah aliran turbin kinetik sangat menentukan putaran turbin, dimana dengan adanya Sudut pengarah aliran tidak selamanya selinier dengan kenaikan putaran turbin, untuk itu maka penelitian ini diarahkan untuk menentukan Sudut pengarah aliran yang ideal dengan kecepatan konstan dalam menghasilkan putaran yang maksimal.

## 2. METODOLOGI

Penelitian dengan menggunakan aliran air pada sungai sebagai obyek utama dengan mempertimbangkan aliran fluida yang bergerak dan memiliki energi kinetik yang sangat besar. Turbin kinetik air adalah suatu bentuk turbin air yang hanya memanfaatkan kecepatan aliran dan tidak memerlukan nozel, selain itu turbin air ini tidak membutuhkan pelindung atau rumah. Turbin kinetik yang digunakan adalah *Overshot* dengan sudut

pengarah aliran divariasikan yaitu ; 0°, 15° dan 30°. Variabel penelitian terdiri atas :

- Variabel bebas: sudut pengarah aliran kincir air dengan variasi 10°, 20°, dan 30°
- Variabel terikat: daya dan efisiensi

### 3. PENELITIAN TERDAHULU

Menurut *David L. F. Gaden (2006)*, melakukan penelitian mengenai turbin *modelling* yang mengamati tentang turbulensi yang terjadi pada turbin kinetik. Dalam penelitiannya, turbin yang diamati adalah sebuah turbin kinetik propeller yang sumbuinya sejajar arah aliran air masuk dalam turbin. Turbin kinetik diberikan suatu pola aliran yang membentuk suatu aliran dari saluran bepenampang kecil yang kemudian membesar dengan perbandingan diameter empat kali lebih besar ( $D = 4 d$ ). Jarak antara aliran dan penampangnya kecil dan penampang aliran yang lebih besar adalah 12 d. Pengambilan jarak ini adalah sesuai dengan perhitungan perubahan kecepatan aliran menjadi empat kali lebih besar dan belum terjadi aliran air yang turbulen. Bentuk aliran dengan penampang dibawah 1 : 4 akan menimbulkan turbulensi, dan turbulensi ini yang menyebabkan adanya tekanan kembali pada sudu turbin, sehingga terjadi perlambatan putaran turbin yang berakibat rendahnya efisiensi turbin.

*Kirke Brian (2007)* mengembangkan turbin kinetik dengan mengadakan penelitian khususnya Turbin kinetik poros vertikal. Yang menjadi perhatian Brian dalam setiap penelitiannya adalah bagaimana meningkatkan efisiensi turbin kinetik vertikal ini. Sudah banyak usaha dilakukan, diantaranya adalah dengan memberi sekat pada bagian masuk turbin agar punggung turbin yang berputar melawan arus dapat terhindar dari tekanan air. Penelitian yang lain adalah dengan usaha memiringkan roda turbin agar perhitungan segitiga kecepatan menjadi optimal dan sudu balik turbin tidak mendapatkan tekanan balik dari aliran air. Dari penelitian yang memvariasikan bentuk sudu (*Backward, Forward dan radial*) dan variasi sudut masuk kecepatan aliran air kedalam turbin, tim ini dapat meningkatkan turbin kinetik sampai 38%.

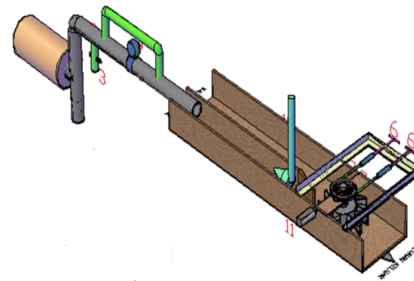
*Bono dan Indarto (2008)*, mengadakan penelitian bahwa karakteristik daya dan efisiensi antara sudu mangkok dan setengah silinder hampir sama, namun daya dan efisiensi sudu mangkok lebih baik dari sudu setengah silinder.

#### A. Turbin Kinetik

Turbin kinetik adalah turbin yang hanya mengandalkan kecepatan air, Sehingga turbin jenis ini tidak membutuhkan tinggi jatuh (*head*) air. Turbin ini sangat tepat untuk dipakai pada daerah yang datar dan memiliki aliran sungai. Sampai saat ini jenis turbin kinetik yang dikenal adalah yang disebut dengan *water wheel* atau kincir air. Kincir air ini adalah turbin kinetik yang sangat sederhana, jenis kincir air yang dipakai di Indonesia ini adalah jenis *Overshot*.

Salah satu penyebab rendahnya efisiensi kincir air di Indonesia ini adalah pembuatannya yang jauh dari presisi dan kincir air terbuat dari kayu, ada juga bagian dari konstruksinya yang kurang tepat sehingga banyak terjadi kebocoran air.

Sementara ini ada tiga jenis turbin kinetik, yaitu turbin kinetik datar, turbin kinetik tegak dan turbin kinetik berlorong. Dan di pergunakan dalam penelitian ini adalah turbin kinetik mendarat, yakni turbin yang diletakan mendarat dan porosnya diletakan vertikal sehingga disebut dengan turbin aksial.

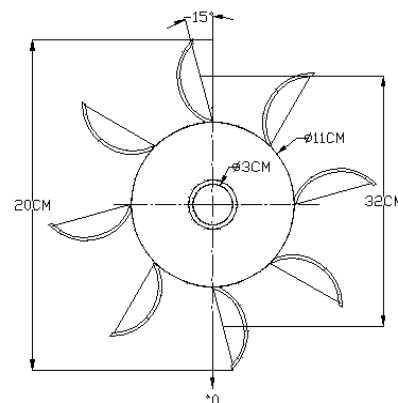


Gambar 3.1: Instalasi Penelitian

NO	NAMA KOMPONEN
1	POMPA
2	PIPA SALURAN AIR
3	KATUP PENGATUR DEBIT
4	PIPA BYPASS
5	FLOWMETER
6	PENGATUR BEBAN PUTARAN TURBIN
7	NERACA PEGAS
8	TALI
9	PULLY
10	PENGUKUR ALIRAN
11	TAKENETER
12	RUBNER
13	KERANGKA DUDUKAN NERACA PEGAS
14	SALURAN
15	FLOWWATCH

#### B. Sudu Mangkok

Sudu mangkok adalah sudu yang sisinya dibuat melengkung agar dapat menahan aliran air dan meningkatkan efisiensi gaya tangensial. Sudu mangkok sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.2



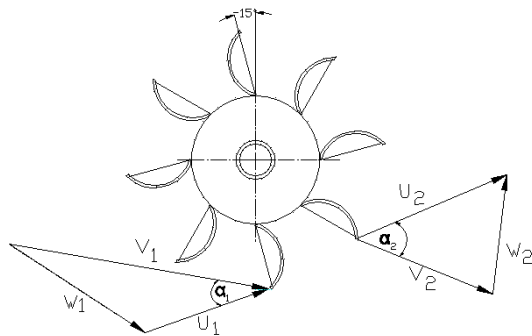
Gambar 3.2: Sudu Bentuk Mangkok

### C. Segitiga Kecepatan

Segitiga kecepatan sering digunakan dalam menentukan parameter-parameter dalam perencanaan turbin, tujuannya adalah untuk menentukan bentuk dari sudu turbin pada setiap titik perubahan. Segitiga kecepatan pada setiap titik perubahan berbeda bentuknya sesuai dengan kecepatan air yang bergerak.

Dalam segitiga kecepatan ada tiga buah komponen kecepatan. Pertama adalah kecepatan tangensial  $u$ , yaitu kecepatan keliling rotor. Kedua, ialah kecepatan aliran air atau kecepatan absolut  $v$ , dan yang ketiga adalah kecepatan air relatif terhadap sudu atau yang disebut dengan kecepatan relatif.

Ada dua gaya yang sangat penting dalam menganalisa kecepatan yakni; gaya tangensial dan aksial dalam segitiga kecepatan. Gaya ini dibutuhkan untuk menghitung besar torsi yang dihasilkan, besar torsi dikalikan dengan besar putaran akan diperoleh daya turbin. Segitiga kecepatan ditunjukkan pada gambar 3.3



Gambar 3.3: Komponen Segitiga Kecepatan

### D. Peralatan Penelitian

Alat dan bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Runner Turbin Kinetik: meliputi 3 bagian utama, yaitu poros turbin, cakram turbin berdiameter 11,5 cm, dengan bahan baja , dan sudut pengarah aliran yang berjumlah  $10^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$  dan  $30^{\circ}$  buah terbuat dari akrilik dengan ketebalan 4 mm,
2. Saluran pengarah Aliran Air yang dipakai mempunyai ukuran penampang 250 cm x 55 cm, terbuat dari kayu setebal 3 cm dengan tinggi 25 cm.
3. Tachometer: untuk merekam putaran turbin.
4. Flowmeter: untuk mengukur kecepatan air masuk turbin

Kinerja merupakan sifat yang ditunjukkan pada alat yang melibatkan variabel bebas (indikator operasional) dan variabel terikat (indicator kinerja). Pada penelitian ini, variabel bebas yang digunakan adalah sudut pengarah aliran dan variabel terikatnya adalah efisiensi. Adapun persamaan yang dipakai adalah :

#### 1. Daya air

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q_a \cdot V^2$$

Dimana :

- $P_a$  = Daya air (watt)
- $\rho$  = Massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )
- $Q$  = Debit air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- $V$  = Kecepatan air ( $\text{m/s}$ )

#### 2. Daya turbin

$$P_t = T \cdot \omega$$

Dimana :

- $T$  = Torsi (3,9 Nm)
- $\omega$  = Kecepatan sudut (10,467 rad/det)

#### 3. Efisiensi

$$\eta = \frac{P_t}{P_a} \times 100$$

Dimana :

- $P_t$  = Daya turbin (watt)
- $P_a$  = Daya air (watt)
- $\eta$  = Efisiensi (%)

#### 4. Torsi

$$T = F \cdot l$$

Dimana :

- $F$  = Jumlah gaya, ( $F_1 - F_2$ ) (N)
- $L$  = Lengan (0,15 m)

#### 5. Debit

$$Q_3 = A_3 \cdot V_3$$

Dimana :

- $Q$  = Debit air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- $A$  = Luas Penampang ( $\text{m}^2$ )
- $V$  = Kecepatan air ( $\text{m/s}$ )

#### 6. Rasio kec.tangensial sudu

$$\frac{U}{V} = \frac{\omega \cdot R}{V}$$

Dimana :

- $U/V$  = Rasio perbandingan kecepatan tangensial dan kecepatan aliran sungai
- $R$  = Jari-jari turbin

#### 7. Momentum

$$M = \beta \cdot \rho \cdot Q \cdot v$$

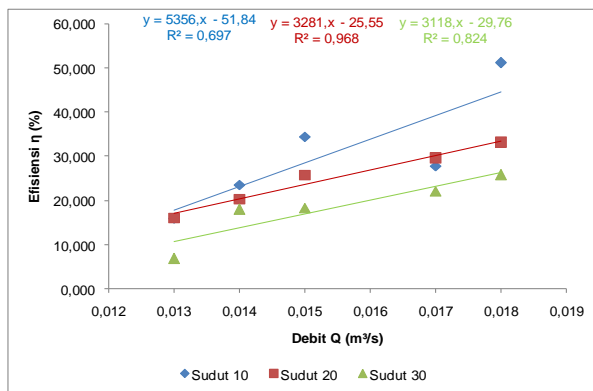
Dimana :

- $M$  = Momentum ( $\text{Kg.m/det}$ )
- $\beta$  = Sudut antara  $w$  dan  $u$
- $Q$  = Debit air ( $\text{m}^3/\text{det}$ )
- $\rho$  = Massa jenis air
- $V$  = Kecepatan air ( $\text{m/s}$ )

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

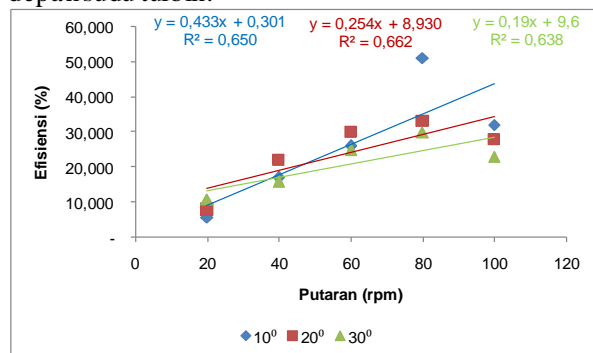
Data hasil pengujian pengaruh variasi sudut pengarah aliran dan debit air terhadap kinerja turbin

kinetik bersudu mangkok dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.1: Grafik Hubungan Debit dan Efisiensi

Dari gambar 4.1 ditunjukkan bahwa sudut pengarah aliran dengan nilai efisiensi maksimum ada pada sudut 10°. Dengan sudut pengarah aliran, semakin kecil maka momentum akan bertambah yang menyebabkan torsi meningkat, dan efisiensi turbin meningkat. Hasil pengolahan data pada pengujian sudut pengarah aliran terhadap kinerja turbin kinetik menunjukkan bahwa pada sudut 10° menghasilkan efisiensi maksimum yaitu 51 %. Hal ini disebabkan energi kecepatan air masuk turbin lebih banyak memanfaatkan karena air menumbuk tepat bagian depan sudu turbin.



Gambar 4.2: Grafik Hubungan Putaran dan Efisiensi

Dari gambar 4.2 terlihat bahwa putaran berpengaruh terhadap kinerja turbin. Dan putaran yang maksimum ada pada putaran 80 rpm dan efisiensinya sebesar 51 %.

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa sudut pengarah aliran mempengaruhi kinerja (daya dan efisiensi) turbin kinetik bersudu mangkok. Pada pengujian sudut 10° menghasilkan efisiensi yang paling besar yaitu 51 % dan sudut 20° menghasilkan efisiensi 33% serta 30° sebesar 30%.

### Daftar Pustaka

1. Arismunandar Wiranto.2004. Penggerak Mula Turbin; Edisi Ketiga Cetakan Kesasatu, Bandung, Penerbit ITB.
2. Bono dan Indarto, 2008 “ Karakterisasi Daya Turbin Pelton Mikro dengan Variasi Bentuk Sudu.
3. Dafid L. F. Gaden. 2006, Performance Enhancements, Turbine Modelling Techniques, and Assesmen of Turbulence Models.
4. Dietzel Fritz, 1993, Turbin Pompa dan Kompresor, Erlangga, Jakarta.
5. Soenoko, R., Rispiningtati, Sutikno, D. 2011. Prototype of a Twin Kinetic Turbine Performance as a Rural Electrical Power Generation, Journal of Basic and Applied Scientific Research, Universitas Brawijaya Malang.