

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

www.itk.ac.id

#### 2.1 Energi Air

Fungsi air dalam kehidupan sehari-hari masih belum bisa digantikan oleh senyawa ataupun unsur lainnya. Permukaan bumi sendiri terdiri dari perairan hampir 71% bagian, baik perairan air tawar maupun perairan air asin atau air laut. Sumber daya alam yang tidak pernah habis yang terus terbarukan salah satunya berasal dari energi air. Proses dari alam di dalam lingkungan, pergerakan aliran air (di permukaan, di dalam tanah, maupun di udara), perubahan wujud, dan jenis air yang ada mengalami sebuah siklus keseimbangan yang biasa disebut sebagai siklus hidrologi, selain itu energi air dapat juga dijadikan sebagai sumber energi terbarukan yang bersifat murah serta baik untuk lingkungan hidup.

Air menjadi salah satu energi yang bersifat ramah untuk lingkungan, tidak terbatas ketersediaannya serta mudah untuk didapatkan. Kandungan air memiliki suatu energi yang dapat dimanfaatkan seperti energi potensial air (air jatuh), energi kinetik air (air mengalir), serta energi mekanis air yang bermanfaat untuk beberapa kebutuhan. Energi kinetik merupakan energi yang terdapat pada suatu benda yang disebabkan oleh pergerakan dari benda tersebut, kecepatan aliran air dan massa dari air tersebut menjadi hal yang dapat mempengaruhi dari energi kinetik air, energi kinetik dapat dirumuskan dalam Persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$EK = \frac{1}{2} mv^2 \quad (2.1)$$

Energi potensial terjadi ketika sebuah benda atau materi menyimpan energi yang disebabkan oleh posisi atau keadaan benda tersebut. Densitas massa, percepatan gravitasi dan ketinggian fluida merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi energi potensial. Energi Mekanis air dapat terjadi ketika sebuah alat memanfaatkan energi kinetik dan juga energi potensial yang dibawa oleh aliran fluida sehingga membuat benda tersebut bergerak. (Fendiyatma, 2018)

## 2.2 Turbin Air

www.itk.ac.id

Turbin air dapat digunakan untuk membangun sebuah PLTMH dan menjadi komponen utama dari PLTMH. Turbin air memiliki fungsi sebagai pengubah energi hidrolis air yaitu energi kinetik air maupun energi potensial air menjadi sebuah gerak mekanis dari turbin, yaitu suatu gerak rotasi. Gerakan rotasi yang dilakukan oleh turbin akan digunakan sebagai penggerak generator yang digunakan. Kemudian setelah dari putaran generator akan dirubah dan berfungsi sebagai penghasil tegangan listrik (Kemendikbud, 2016).

Pemilihan jenis turbin yang baik harus memperhatikan parameter yang ada diantaranya yaitu parameter mengenai faktor dari tinggi jatuhnya air efektif atau *net head* dan parameter dari debit yang tersedia dari air yang nantinya akan digunakan untuk mengoperasikan turbin. Faktor utama saat melakukan pemilihan jenis turbin dapat digunakan pada kondisi tersebut, sebagai contohnya turbin yang cocok digunakan pada keadaan aliran yang mempunyai *head* tinggi lebih cocok dan efektif jika menggunakan turbin air jenis pelton. Sementara pada kondisi aliran *head* rendah akan cocok dan lebih efektif jika memilih turbin berjenis propeller. *Head* dan debit memiliki pengaruh yang sangat penting bagi turbin air dikarenakan kecepatan laju putaran poros yang ditransmisikan ke generator dan daya yang dapat dihasilkan turbin bersumber dari debit maupun *head* air (Asrori, 2011).

## 2.3 Turbin Savonius

Turbin air jenis Savonius ini memiliki beberapa bagian pada konstruksinya yaitu sudu. Sudu yang digunakan pada turbin ini cukup beragam, Secara umum sudu yang digunakan turbin ini berjumlah dua, tiga, dan empat buah sudu dan bisa lebih dari itu. Secara prinsip kerjanya turbin jenis savonius adalah dengan merubah energi yang terdapat pada air menjadi gerakan rotasi yang dihasilkan dari sudu, sehingga sudu pada turbin memegang peranan utama untuk menghasilkan sebuah daya pada turbin (Rendi & Herlina, 2020). Turbin air yang banyak digunakan dan dikembangkan untuk dioperasikan pada arus sungai adalah

turbin air savonius karena terdapat beberapa kelebihan yang dimiliki turbin jenis ini dibandingkan dengan jenis turbin untuk arus sungai yang lain diantaranya yaitu turbin jenis ini konstruksinya lebih mudah dan sederhana, torsi yang dihasilkan turbin cukup besar dan turbin ini dapat dioperasikan untuk kondisi aliran pada air yang relatif rendah. Kelebihan yang dimiliki turbin jenis ini dapat mendukung turbin air jenis ini untuk dapat dikembangkan lebih jauh diberbagai wilayah yang ada di Indonesia dikarenakan mayoritas arus sungainya beraliran rendah.

Tipe turbin Savonius salah satu tipe turbin yang paling sederhana. Turbin tipe ini dapat berfungsi karena adanya sebuah gaya yang berbeda yang bekerja di setiap masing-masing sudunya. Sudu bagian cekung yang mengarah ke arah aliran dan akan menangkap gaya yang disebabkan oleh aliran air sehingga membuat sudu turbin berputar di sekitar porosnya (Wenehenubun et al., 2015). Ilustrasi kerja turbin diperlihatkan oleh Gambar 2.2 di bawah ini.



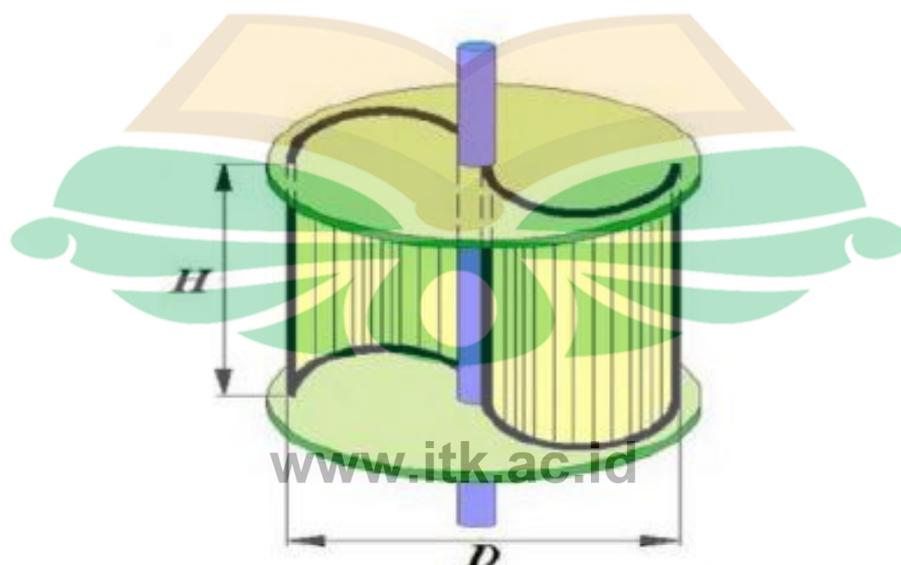
Gambar 2. 1 Aliran air pada sudu turbin(Halil, 2017)

Gambar 2.1 memperlihatkan dimana sudu yang berbentuk cekung (terbuka) menerima gaya positif sementara untuk sudu yang berbentuk cembung menerima gaya negatif. Dapat juga dikatakan bahwa turbin tipe Savonius mempunyai dua jenis sudu turbin yaitu *advancing blade* yang menerima gaya positif dan *returning blade* menerima gaya negatif. Bentuk cekung yang terdapat pada *advancing blade* digunakan sebagai penangkap aliran air datang dan

menabrak sudu sementara bentuk cembung pada *returning blade* digunakan untuk memantulkan aliran air yang datang ke sekitar turbin sehingga pada turbin dapat dikatakan bekerja dua torsi yaitu torsi negatif dan juga torsi positif, yang menyebabkan adanya perbedaan torsi yang terjadi. Kinerja dari turbin juga berpengaruh terhadap besar torsi yang dihasilkan, jika selisih torsi yang dihasilkan semakin besar maka akan semakin baik performa dari turbinnya (Rendi & Herlina, 2020).

Beberapa metode yang bisa digunakan agar dapat memperbesar dari perbedaan torsi yang terjadi pada turbin salah satunya dengan memberikan perbedaan besar gaya drag pada *advancing blade*, sehingga turbin Savonius akan diputar dengan torsi yang semakin besar. Metode yang dapat digunakan yaitu dengan cara menambahkan sebuah pelindung pelat untuk mengurangi gaya negatif pada turbin seperti yang telah dilakukan pengujian sebelumnya dari Shouichiro Iio (Iio et al., 2011). Hasil dari yang didapatkan melalui penelitiannya masih terdapat beberapa yang kurang optimal. Penelitian yang dilakukan untuk memperbesar perbedaan dari torsi turbin dengan memberikan sebuah pelat melingkari turbin untuk melindungi *advancing blade* pada sudu turbin.

Area luas sapuaan rotor pada turbin diperoleh dari hasil mengalikan tinggi turbin dengan diameter turbin itu sendiri (Alit et al., 2020). Konstruksi turbin Savonius yang sering digunakan saat ini pada umumnya seperti yang terlihat pada Gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2. 2 Konstruksi turbin Savonius (Alit et al., 2020)

## 2.4 Performa Turbin Air

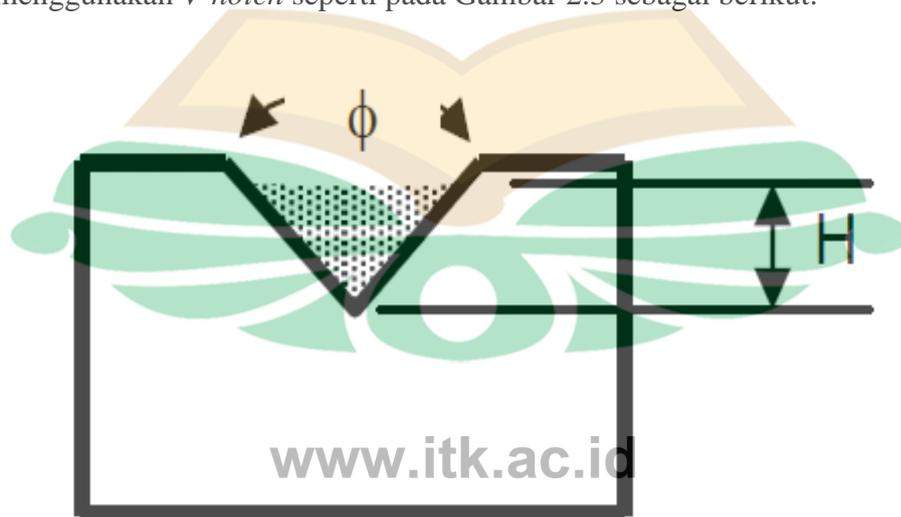
Turbin air Savonius saat melakukan kerjanya menghasilkan Performa yang dapat diketahui dari beberapa faktor. Parameter yang dapat digunakan dalam mengetahui faktor performa turbin apakah dapat dikatakan baik atau belum diantaranya yaitu.

### 2.4.1 Kontinuitas Fluida

Kontinuitas fluida memiliki sebuah persamaan yang berhubungan dengan kecepatan dari fluida ketika melewati suatu titik ke titik lainnya yang dilalui oleh fluida. Fluida akan masuk mengalir ke dalam suatu volume dengan lintasan yang tertutup dari titik tertentu dan akan keluar dari ujungnya. Fluida ketika masuk melalui pipa dimana massa saat fluida masuk di awal pipa massanya tidak boleh berbeda dengan fluida yang akan keluar di ujung pipa, meskipun ukuran dari diameter pipa saat masuk dan keluar berbeda, dapat dikatan juga dimana massa fluida tetap sama atau konstan dari saat masuk dan keluar melalui pipa. Persamaan kontinuitas biasanya dipakai saat menghitung debit dari air yang mengalir dan dapat dirumuskan dalam Persamaan 2.2 sebagai berikut.

$$Q = V \cdot A \quad (2.2)$$

Mengitung debit air dapat menggunakan beberapa metode salah satunya yaitu menggunakan *V-notch* seperti pada Gambar 2.3 sebagai berikut.



Gambar 2. 3 *V-notch*, dengan sudut  $\phi = 90^\circ$  (Jayatun, 2014)

Bila nilai  $\phi = 90$  derajat maka nilai  $C_w$  yang digunakan yaitu 1,38, sehingga debit aliran air yang melalui *weirs* yang berbentuk *V-notch* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.3 sebagai berikut (Jayatun, 2014) .

$$Q = C_w H^{\frac{5}{2}}$$
$$Q = 1,38 H^{5/2} \quad (2.3)$$

#### 2.4.2 Tip Speed Ratio (TSR)

Lambang  $\lambda$  merupakan simbol dari *Tip Speed Ratio* yang merupakan perbandingan dari kecepatan aktual dari aliran air dengan kecepatan rotasi pada ujung sudu yang kemudian akan mempengaruhi dari kecepatan putaran pada turbin (Hayashi, 2005), untuk menghitung *Tip speed ratio* dapat digunakan Persamaan 2.4 sebagai berikut (Wenehenubun et al., 2015).

$$\lambda = \frac{\omega D}{2v} \quad (2.4)$$

Kecepatan sudut ( $\omega$ ) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.5 seperti di bawah ini.

$$\omega = \frac{2\pi n}{60 \text{ detik}} \quad (2.5)$$

#### 2.4.3 Daya Turbin

Turbin air akan menghasilkan daya ketika sebuah aliran air melewati turbin dan aliran menabrak sudu-dudu turbin, sehingga sudu turbin mengalami gerak rotasi yang menyebabkan poros berputar. Daya pada turbin dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.6 seperti di bawah ini (Abadi, 2018).

$$P_t = T \cdot \omega \quad (2.6)$$

Persamaan 2.7 di bawah ini digunakan untuk mencari nilai torsi yang dihasilkan oleh turbin air.

$$T = F.L \quad (2.7)$$

www.itk.ac.id

#### 2.4.4 Koefisien Daya ( $c_p$ ) Pada Turbin

Koefisien daya juga dapat dijadikan sebagai salah satu faktor dari performa suatu turbin, koefisien daya ( $C_p$ ) bisa diartikan sebagai perbandingan dari daya maksimum yang dapat diekstrak turbin air dengan total daya dari fluida yang digunakan (Wenehenubun, 2014). Persamaan 2.8 dibawah ini merupakan persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung koefisien daya turbin (Abadi, 2018).

$$C_p = \frac{2.P_t}{\rho.H.T.D.V^3} \quad (2.8)$$

#### 2.4.5 Koefisien Torsi ( $c_t$ ) Pada Turbin

Koefisien torsi atau ( $C_t$ ) dapat diartikan sebagai perbandingan antara torsi yang bekerja di turbin ( $T$ ) dengan torsi teoritis yang terdapat pada fluida ( $T_w$ ). Persamaan 2.9 berikut merupakan persamaan yang dipakai untuk menghitung koefisien dari turbin air nantinya (Abadi, 2018).

$$C_t = \frac{4.T}{\rho.H.T.D^2.V^2} \quad (2.9)$$

### 2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi merupakan penelitian-penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya. Adapun beberapa Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya yang menjadi referensi untuk penelitian ini yaitu terdapat pada Tabel 2.1 sebagai berikut

Tabel 2. 1 Jurnal referensi penelitian

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1	Iio et al., 2011	<b>Metode</b> : Metode yang digunakan yaitu eksperimen dimana pengujian dilakukan dengan menambahkan sebuah pelat pelindung dibagian sudu turbin untuk menambah efisiensi

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
		<p>yang didapatkan turbin.</p> <p><b>Hasil :</b> Dengan menggunakan sebuah pelat pelindung pada turbin dapat menaikkan kecepatan putaran pada <i>runner</i> turbin. Koefisien daya yang didapatkan dengan penambahan pelat pelindung pada turbin sebesar 0,47 , meningkat kurang lebih 80% dibandingkan dengan turbin yang tidak menggunakan pelat pelindung, dengan rasio jarak pelat pelindung dengan diameter <i>runner</i> yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebesar 0,73</p>
2	Hamzah dkk., 2016	<p><b>Metode :</b> Pengujian dilakukan secara eksperimental untuk menganalisis performa yang didapatkan turbin dengan memvariasikan jumlah sudu pada turbin yaitu menggunakan sudu 2,4,6,8,10 dan 12. Rasio turbin yang digunakan pada penelitian ini yaitu <math>D/h = 1</math>.</p> <p><b>Hasil :</b> Jumlah sudu yang digunakan pada turbin akan berpengaruh pada kinerja turbin Savonius. Jumlah sudu yang terbaik pada turbin air Savonius berjumlah 2 sudu. Nilai torsi yang didapatkan semakin kecil saat jumlah sudu semakin banyak. Torsi yang didapatkan paling besar saat menggunakan 2 sudu dengan rata-rata sebesar 3,163 Nm.</p>
3	Rendi & Herlina, 2020	<p><b>Metode :</b> metode yang digunakan saat pengujian yaitu secara eskperimental dengan menggunakan variasi jarak lingkaran pelindung pada turbin air. Variasi yang digunakan saat pengujian yaitu 10mm, 30mm, 50mm, 70mm, 90mm, 110mm, 130mm, dan 150mm.</p> <p><b>Hasil :</b> Penambahan pelindung pada sudu turbin dibelakang dapat menambahkan gaya drag sehingga performa turbin menjadi lebih baik. Dari beberapa variasi yang digunakan, pelindung dengan jarak yang lebih kecil performanya semakin lebih baik. Pelindung dengan jarak 10 mm mendapatkan nilai gaya sebesar 232,62 N dan torsinya yang didapatkan sebesar 46,24 Nm dengan efisiensi yang didapatkan turbin dengan jarak pelindung 10 mm yaitu sebesar 50%</p>