

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

www.itk.ac.id

#### 2.1 Turbin Air

Turbin air digunakan untuk merubah energi air menjadi energi putar. Turbin yang dihubungkan dengan beberapa pulley digunakan untuk memutar generator. Terdapat tiga factor penting dalam pemilihan jenis turbin, yaitu debit air, ketinggian jatuh air serta kecepatan putaran generator. Turbin air diklasifikasikan dengan beberapa cara. Hal yang utama dalam dalam klasifikasi turbin, yaitu berdasarkan cara turbin merubah energi potensial menjadi energi mekanik. Turbin air diklasifikasikan menjadi 2, yaitu :

1. Turbin Reaksi

Turbin reaksi memanfaatkan energi potensial menjadi energi mekanik. Sudut pada turbin reaksi memiliki profil khusus sehingga menyebabkan penurunan selama melalui sudut. Perbedaan tekanan memberikan gaya pada sudut sehingga menyebabkan *runner* dapat berputar. Turbin yang termasuk dalam turbin reaksi adalah, turbin francis, turbin Kaplan, dan turbin *propeller* (Saputra dkk, 2019).

2. Turbin Impuls

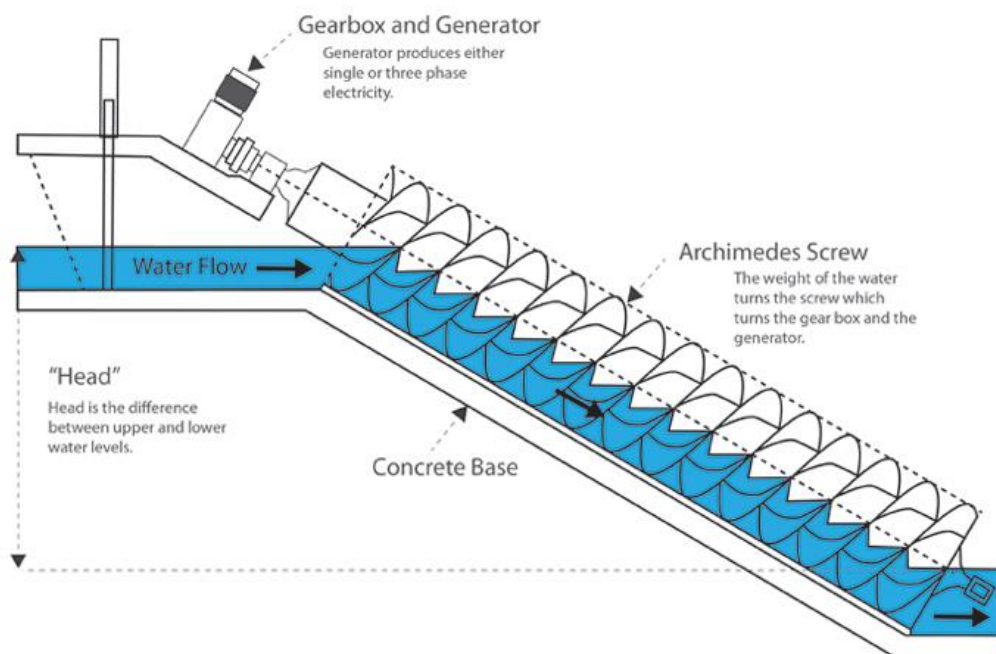
Turbin Impuls merupakan turbin yang memanfaatkan energy potensial yang diubah menjadi energi kinetik dengan *nozzle*. Air yang dikeluarkan dari *nozzle* memiliki tekanan yang sangat tinggi unuk membentur sudut turbin. Air yang membentur sudut turbin, kecepatan air berubah sehingga terjadi perubahan momentum dan menyebabkan turbin berputar. Turbin yang termasuk dalam turbin impuls, antara lain Turbin pleton, turbin turgo, dan turbin michell-bankin (turbin *cross flow* atau assberger) (Saputra dkk, 2019).

#### 2.2 Archimedes Screw

*Archimedes Screw* atau Ulir *Archimedes* telah dikenal sejak zaman dahulu kala sebagai pompa untuk irigasi di taman bergantung Babylonia. Pompa ini

dinamakan berdasarkan penemunya yaitu Archimedes yang pada zaman dahulu yang dimana tujuan awalnya pompa ini untuk mengeluarkan air dari bagian yang berada di dalam sungai. Lalu pada tahun 2007, sebuah ide muncul bahwa jika air digunakan untuk mengendalikan pompa yang berputar secara terbalik dan kemudian di bagian atas pompat tersebut dipasang sebuah generator maka akan dapat menghasilkan energi listrik. Dengan adanya ide ini maka muncul sebuah jenis turbin baru yaitu Turbin Ulir *Archimedes* yang pada prinsipnya merupakan kebalikan dari pompa ulir itu sendiri (Gogoi dkk, 2018).

#### Micro Hydro Screw Generator



Gambar 2.1 Model dasar Turbin Ulir *Archimedes*

(Gogoi dkk, 2018).

Turbin *screw* ini merupakan salah satu turbin yang cukup berbeda yang menjadikannya special karena dapat digunakan pada daerah dengan *head* rendah. Dimana Turbin Ulir *Archimedes* dapat digunakan pada *head* dengan ketinggian yang rendah dimana air yang jatuh berada di antara ketinggian 1 - 15 m serta kemiringan poros turbin yang berada di antara 30° - 60° (Havendri dan Arnif, 2010).

Prinsip kerja dari Turbin Ulir *Archimedes* ini yaitu akibat hambatan yang ditimbulkan oleh sudu-sudu turbin, maka tekanan air yang mengalir melalui sudu-sudu turbin akan mengalami penurunan tekanan yang sejalan dengan penurunan kecepatan air. Dengan tekanan yang akan memutar turbin dan terakhir menggerakkan generator setelah tenaga putaran poros sebelumnya masuk *Gearbox* transmisi (Havendri dan Arnif, 2010)

Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh *Archimedes Screw* sebagai berikut:

1. *Environment Friendly*

*Archimedes Screw Turbine* adalah salah satu turbin paling ramah lingkungan. Dengan adanya waduk atau bendungan maka tidak ada kemungkinan banjir bandang di dekat lokasi. Dengan demikian, pemasangan *Archimedes Screw Turbine* tidak akan mempengaruhi lingkungan sekitarnya. Akibatnya, warga sekitar tidak perlu menggusur dari daerah asalnya. Juga karena tidak ada kemungkinan banjir bandang, vegetasi alami di sekitarnya tidak terpengaruh, sehingga tidak akan ada pembusukan dari vegetasi alami ini yang dapat menyebabkan pembentukan gas rumah kaca metana yang bertanggung jawab atas perubahan iklim sehingga mengurangi tingkat CO<sub>2</sub>.

2. *Fish Friendliness*

Jalur aman dari berbagai hewan air khususnya ikan dan kotoran membuat *Archimedes Screw Turbine* menjadi lebih serbaguna. Uji eksperimental dilakukan di *Archimedes Screw Turbine* yang ada di Dart River di Devon, Inggris dan menyimpulkan bahwa ikan lewat dengan aman selama operasi. Selanjutnya ditemukan bahwa ikan dengan berat kurang dari 1 kg dapat lolos dengan aman jika kecepatan ujung mata pisau mencapai 4,5 m / s tanpa perlindungan apapun pada tepi depan mata pisau.

3. *Easy Set-up*

Dapat dengan mudah dipasang di kanal kecil, kolam dan sungai. Karena persyaratan ketinggiannya tidak banyak (1m-10m). Ini juga membutuhkan lebih sedikit biaya perawatan dan operasional dan mudah dipasang karena tidak banyak bagian yang ada, sehingga mengurangi pekerjaan sipil.

4. *Longer Durability*

Daya tahan *Archimedes Screw Turbine* lebih tinggi, *Archimedes Screw Turbine* berkualitas baik memiliki umur desain 30 tahun dan selanjutnya dapat diperpanjang dengan perombakan besar-besaran yang mencakup merapikan kembali penerbangan sekrup. Keausan turbin juga lebih sedikit.

5. *High Efficiency*

Efisiensi turbin maksimum dari *Archimedes Screw Turbine* adalah hingga 92% dengan laju aliran 0,2-0,8 m<sup>3</sup> / detik dengan *head* dari 0,8 m hingga 10 m. (Gogoi dkk, 2018).

## 2.3 Perhitungan Turbin

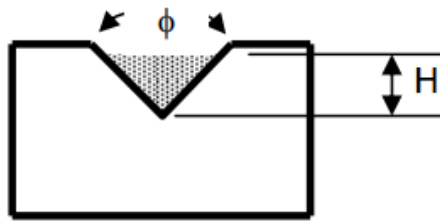
Perhitungan pada turbin diperlukan untuk menentukan variabel-variabel yang akan digunakan dalam penelitian.

### 2.3.1 Kontinuitas Fluida

Persamaan kontinuitas merupakan persamaan yang menghubungkan kecepatan fluida dari satu tempat ke tempat lain. Fluida yang mengalir masuk ke dalam sesuatu volume yang dilingkupi permukaan di titik tertentu hendak ke luar. Fluida masuk ke dalam suatu pipa, massa yang masuk ke salah satu ujung pipa wajib sama dengan massa fluida yang keluar di ujung yang lain meski mempunyai diameter yang berbeda, ataupun dapat dikatakan kalau massa yang masuk dan keluar merupakan konstan. Persamaan kontinuitas ialah persamaan yang digunakan buat menghitung nilai dari debit air, persamaan kontinuitas dapat dirumuskan pada Persamaan 2.1 sebagai berikut (Maryono, 2003).

$$Q = vA \quad (2.1)$$

Pada penelitian ini pengukuran yang digunakan adalah Weirs *V-notch* sebagaimana yang terlihat pada Gambar 2.2 sebagai berikut.



Gambar 2.2 Weir *V-Notch*, dengan sudut  $90^\circ$  (Jayatun, 2014).

Perhitungan debit aliran dengan menggunakan Weir *V-notch* dirumuskan pada Persamaan 2.2 sebagai berikut (Jayatun, 2014).

$$Q = 1,38 H^{2,5} \quad (2.2)$$

### 2.3.2 Perhitungan Energi Air

Energi yang digunakan untuk memutar rotor turbin merupakan karakteristik air yang mengalir. Energi yang terkandung dalam aliran air adalah sebagai berikut.

A. Energi Kinetik :

Energi kinetik adalah energi yang berhubungan dengan benda bergerak. Energi dari massa suatu benda bergerak dengan kecepatan tertentu. Energi Kinetik dapat dirumuskan pada Persamaan 2.3 sebagai berikut (Abadi, 2018).

$$EK = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.3)$$

B. Energi Potensial :

Energi potensial adalah energi yang mempengaruhi suatu benda karena posisinya (ketinggian) dan arah gaya yang ditimbulkan oleh energi tersebut. Energi Potensial dapat dirumuskan pada Persamaan 2.4 sebagai berikut (Abadi, 2018).

$$EP = mgh \quad (2.4)$$

C. Energi Mekanik :

Energi mekanik adalah energi yang dihasilkan oleh energi kinetik fluida dan energi potensial. Energi Mekanik dapat dirumuskan pada Persamaan 2.5 sebagai berikut (Abadi, 2018).

$$EM = EK + EP \quad (2.5)$$

### 2.3.3 Perhitungan Daya Turbin

Daya yang dihasilkan oleh aliran air dapat dinyatakan dengan Persamaan 2.6 sebagai berikut.

$$P_w = \rho g Q h \quad (2.6)$$

Adapun daya mekanis turbin merupakan daya yang dihasilkan oleh putaran turbin. Daya mekanis turbin dapat dicari menggunakan Persamaan 2.7 dan Persamaan 2.8 sebagai berikut (Saputra, 2019).

$$P_M = T \omega \quad (2.7)$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (2.8)$$

### 2.3.4 Perhitungan Torsi

Torsi merupakan besar nilai gaya yang dibutuhkan untuk memutar suatu benda terhadap poros tertentu. Torsi didapatkan menggunakan Persamaan 2.9 sebagai berikut (Saputra, 2019).

$$T = Fr \quad (2.9)$$

### 2.3.5 Perhitungan Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin didapatkan dari membandingkan daya aliran air dengan daya mekanis turbin, sehingga efisiensi turbin ( $\eta_m$ ) didapatkan dengan menggunakan Persamaan 2.10 sebagai berikut (Saputra, 2019).

$$\eta_m = \frac{P_M}{P_w} \quad (2.10)$$

### 2.3.6 Perhitungan Perancangan Turbin Ulir *Archimedes*

Dalam melakukan perancangan turbin *Archimedean screw* dibutuhkan perhitungan untuk menentukan dimensi dan ketentuan pada turbin *Archimedean screw*. Dalam merancang turbin *Archimedean screw* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut. Untuk mencari jumlah sudu pada turbin dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.11 sebagai berikut (Ardika, 2019).

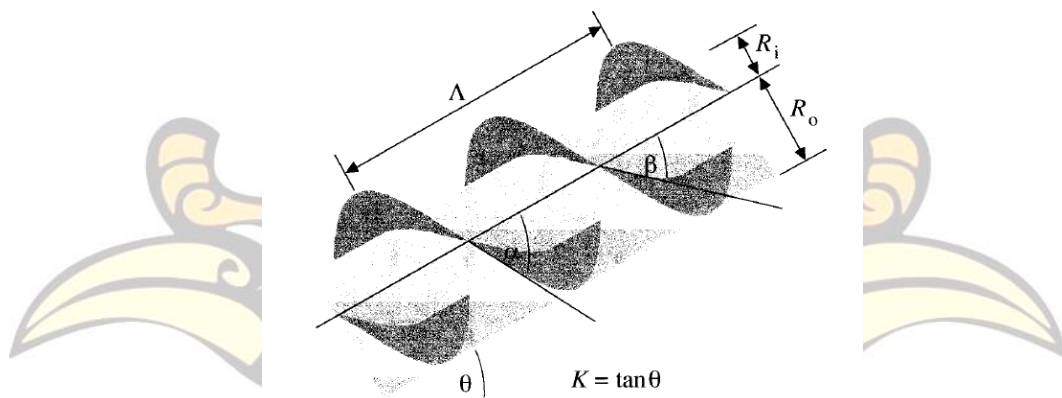
$$Z = \frac{L}{\Lambda} \quad (2.11)$$

Sedangkan dalam menentukan jarak sudu pada turbin *Archimedean screw* dapat menggunakan Persamaan 2.12 dan Persamaan 2.13 sebagai berikut.

$$\Lambda = \frac{2\pi R_o \lambda}{K} \quad (2.12)$$

$$\rho^* = \frac{R_i}{R_o} \quad (2.13)$$

Skema gambar turbin *Archimedean screw* dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3 sebagai berikut (Harja, 2014).



Gambar 2.3 Skema Ulir *Archimedes* (Harja, 2014).

Pada perancangan turbin *Archimedean screw* memiliki ketentuan-ketentuan parameter ulir untuk mendapatkan nilai optimum. Parameter ulir *Archimedean screw* dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Parameter Optimal Ulir *Archimedes* (Harja, 2014).

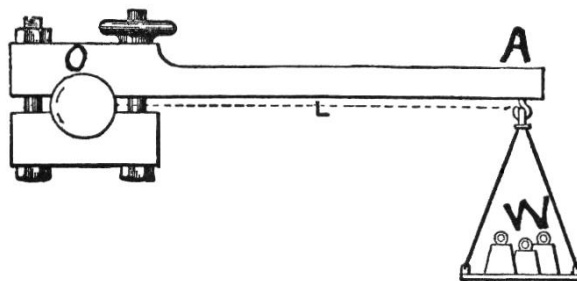
<i>Number of blade (N)</i>	<i>Optimal Radius Ratio (<math>\rho^*</math>)</i>	<i>Optimal Pitch Ratio (<math>\lambda^*</math>)</i>	<i>Optimal Volume-Per-Turn Ratio (<math>\lambda^*v</math>)</i>	<i>Optimal Volume Ratio (<math>v</math>)</i>
1	0,5358	0,1285	0,0361	0,2811
2	0,5369	0,1863	0,0512	0,2747
3	0,5357	0,2217	0,0598	0,2697
4	0,5353	0,2456	0,0655	0,2667
5	0,5352	0,2630	0,0696	0,2647
6	0,5353	0,2763	0,0727	0,2631

Number of blade (N)	Optimal Radius Ratio ( $\rho^*$ )	Optimal Pitch Ratio ( $\lambda^*$ )	Optimal Volume-Per-Turn Ratio ( $\lambda^*v$ )	Optimal Volume Ratio ( $v$ )
7	0,5354	0,2869	0,0752	0,2619
8	0,5354	0,2967	0,0771	0,2609
9	0,5356	0,3029	0,0788	0,2601
10	0,5356	0,3092	0,0802	0,2592
11	0,5358	0,3145	0,0813	0,2586
12	0,5360	0,3193	0,0824	0,2580
13	0,5360	0,3234	0,0833	0,2574
14	0,5360	0,3270	0,0841	0,2571
15	0,5364	0,3303	0,0848	0,2567
16	0,5362	0,3333	0,0854	0,2562
17	0,5362	0,3364	0,0860	0,2556
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
$\infty$	0,5394	0,3953	0,0977	0,2471

\*) (Rorres, 2000).

## 2.4 Prony Brake

*Prony brake* (rem torsi) metode kerjanya poros memutar piringan (*disc*) serta suatu rem yang menekan menciptakan gesekan pada lapisan luar piringan yang kurangi putaran. Gaya pada pengereman sama dan bertentangan dengan gaya pada piringan. Adapun skema *prony brake* dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4 sebagai berikut.



Gambar 2.4 Skema *Prony Brake*

(Sumber : [https://en.wikipedia.org/wiki/Prony\\_brake](https://en.wikipedia.org/wiki/Prony_brake))



## 2.5 Penelitian Terdahulu

Pelaksanaan penelitian diperlukan pengkajian terhadap penelitian sebelumnya agar dapat dijadikan referensi. Data penelitian sebelumnya dapat digunakan penelitian sebelumnya untuk dioptimalkan.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1	(Rorres, 2000)	<b>Metode</b> : Penelitian ini memaparkan desain yang paling optimal dalam membuat ulir <i>Archimedes</i> . <b>Hasil</b> : Penelitian yang menunjukkan tabel efisiensi yang dipengaruhi oleh <i>Number of Blade</i> , <i>Optimal Radius Ratio</i> , <i>Optimal Pitch Ratio</i> , <i>Optimal Per-Turn Ratio</i> , dan <i>Optimal Volume Ratio</i> .
2	(Havendri dan Arnif, 2010)	<b>Metode</b> : Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui sudut ulir optimum pada turbin ulir dengan <i>head</i> rendah. <b>Hasil</b> : Dari penelitian ini didapatkan hasil 3 prototipe turbin ulir, dan diketahui bahwa daya turbin akan meningkat dengan bertambahnya aliran, dan efisiensi turbin ulir biasanya akan meningkat dengan seiring dengan bertambahnya aliran.
3	(Harja dkk, 2012)	<b>Metode</b> : Mengetahui kinerja turbin ulir dengan perhitungan torsi akibat gaya berat dan gaya hidrostatis serta kajian eksperimen melalui pengukuran besar torsi dan putaran poros rotor <b>Hasil</b> : Dari penelitian di dapatkan hasil sudut optimum yaitu pada sudut $\theta=32^\circ$ dan hasil eksperimen adalah sudut $\theta=34^\circ$ .
4	(Naja, Anang Darun, 2018)	<b>Metode</b> : Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa turbin air tipe ulir <i>Archimedes</i> dengan variasi sudut kemiringan

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
		<p>menggunakan variasi sudut kemiringan <math>35^\circ</math>, <math>45^\circ</math> dan <math>25^\circ</math>.</p> <p><b>Hasil :</b> Dalam penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa daya paling baik terdapat pada sudut <math>35^\circ</math> dengan daya sebesar 0,72 Watt dan efisiensi paling baik terdapat pada sudut <math>35^\circ</math> dengan efisiensi sebesar 13,04%. dan efisiensi turbin ulir biasanya akan meningkat dengan seiring dengan bertambahnya aliran.</p>

