

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

www.itk.ac.id

#### 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit listrik tenaga air adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air. Ini dapat digunakan sebagai sumber daya pembangkit listrik di bawah kondisi air dengan kapasitas aliran air dan ketinggian instalasi tertentu. Energi yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik adalah karena bertambahnya debit dan ketinggian instalasi pembangkit. Secara umum, pembangkit listrik tenaga air dibangun berdasarkan keberadaan air yang mengalir di daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang cukup. Ini mengacu pada volume debit pada ketinggian yang berbeda, dan area yang mengalir ke perangkat disebut *head*. Karena itu, instalasi pembangkit listrik semacam itu menggunakan sumber daya yang disediakan oleh alam dan ramah lingkungan. Fakta bahwa alam memiliki air terjun atau jenis air lainnya yang mengalir (Subandono, 2008).

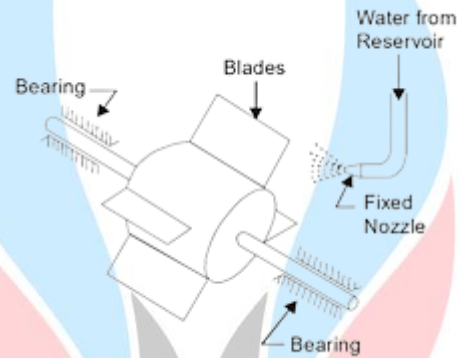
#### 2.2 Turbin Air

Turbin air adalah komponen pembangkit listrik tenaga air yang bertanggung jawab untuk mengubah energi potensial dan kinetik menjadi gerak mekanik (rotasi). Gerak rotasi yang dihasilkan turbin digunakan untuk menggerakkan generator, yang kemudian menghasilkan energi listrik di dalam generator. Turbin turbin air diklasifikasikan menjadi turbin impuls dan turbin reaksi menurut momentum fluida kerja. Penggunaan masing-masing turbin tergantung pada kondisi operasi turbin, yaitu head dan laju aliran fluida.

##### 2.2.1 Turbin Impuls

Turbin *impuls* adalah turbin yang memanfaatkan energi potensial air yang akan diubah menjadi energi kinetik melalui perantara *nozzle*. Turbin ini memiliki kecepatan yang tinggi disebabkan oleh fluida air yang masuk melalui *nozzle* mengenai bilah turbin secara langsung. Menekan sudu turbin yang menjadi

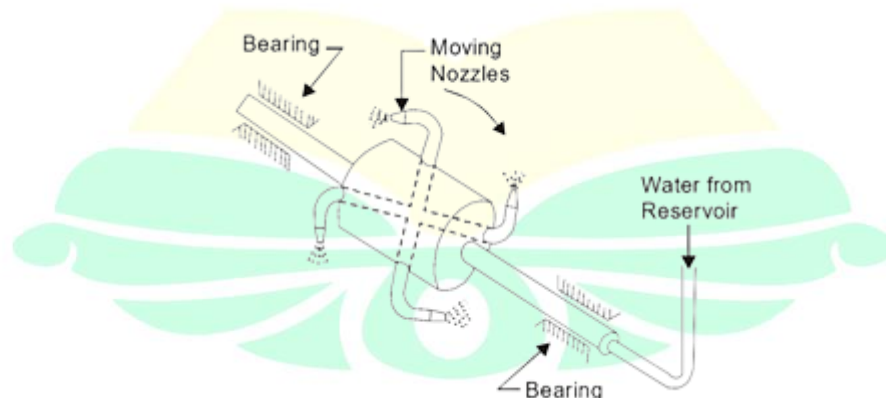
momentum (*impact*) karena adanya arah kecepatan aliran yang berubah. Pada sudu tetap turbin *impuls* terjadi penurunan tekanan dan tidak terjadi pada sudu yang berputar. Fluida air yang keluar melalui perantara *nozzle* memiliki kecepatan tinggi yang diarahkan ke banyak sudu turbin yang menyebabkan energi potensial turbin ini diubah seluruhnya menjadi energi kinetik pada *nozzle* sebelum mengenai sudu turbin.



Gambar 2.1 Turbin *Impuls* (Raja dkk, 2006)

### 2.2.2 Turbin Reaksi

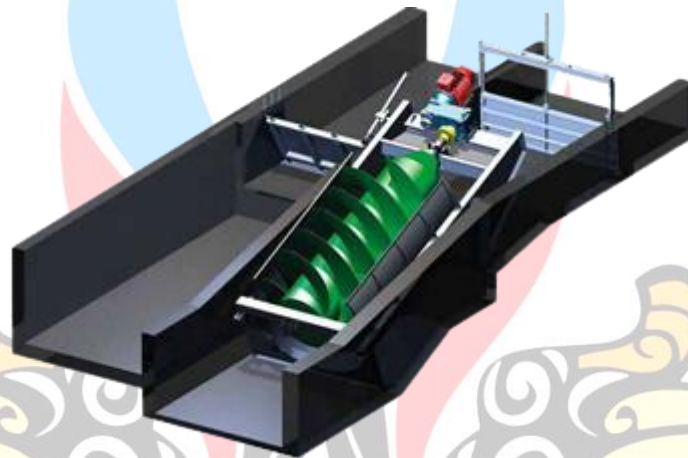
Turbin yang menggunakan energi potensial air dan mengubahnya menjadi energi mekanik (gerak). Turbin reaksi memiliki profil sudu khusus yang mengurangi tekanan air saat melewati sudu. Karakteristik utama dari turbin reaksi adalah bahwa pada semua jenis turbin, sebagian penurunan tekanan terjadi pada sudu stasioner (tetap) dan sebagian pada sudu yang berputar.



Gambar 2.2 Turbin Reaksi (Raja dkk, 2006)

### 2.3 *Archimedean Screw*

*Archimedean screw* adalah jenis sekrup yang digunakan sebagai pompa. Tujuan awal dari pompa ini adalah untuk mengeluarkan air dari sungai dengan menaikkan air yang dibuat oleh Archimedes. Seiring waktu, potensi turbin air terbatas karena hanya dapat mengandalkan laju aliran yang tinggi. Pompa berputar terbalik, memungkinkan air untuk mengontrol pompa dan kemudian dihubungkan ke pompa oleh generator. Sehingga, laju aliran air melalui pompa menggerakkan pompa dan menyebabkan poros generator berputar.



Gambar 2.3 Turbin *Archimedean Screw* (Putra, 2018)

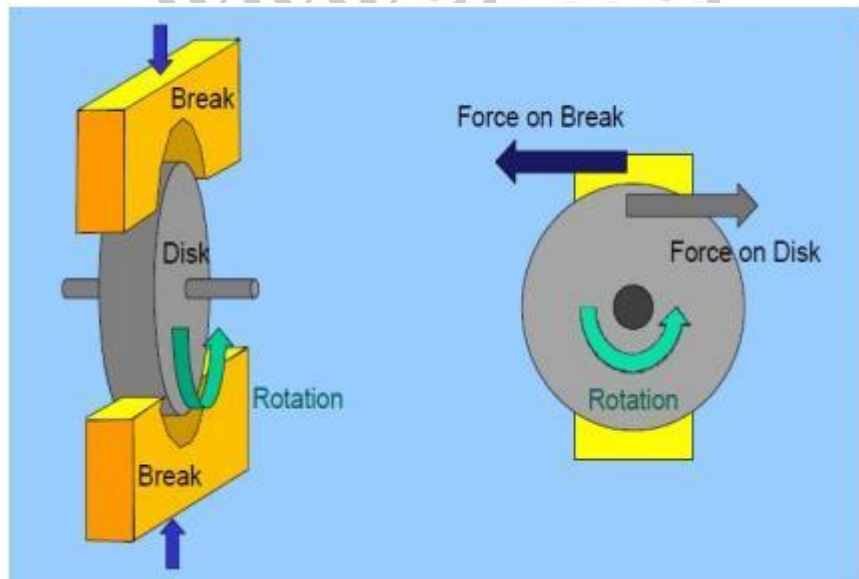
Turbin *Archimedean screw* merupakan salah satu turbin yang dapat beroperasi dengan *head* yang sangat rendah. Turbin *Archimedean screw* digunakan untuk posisi sudu-sudu turbin tergantung pada kondisi *head* lapangan. Struktur sudu turbin ini berfungsi untuk mengangkat air dalam bentuk spiral yang dipasang pada poros dari atas ke bawah dan sebaliknya.

Selain itu, prinsip kerja turbin ini adalah fluida (air) yang melewati sudu-sudu pada sudu-sudu turbin mengalami penurunan tekanan seiring dengan penurunan laju aliran karena adanya hambatan dari sudu-sudu turbin, sehingga tekanan ini memutar turbin setelah putaran. energi poros ditransmisikan melalui bilah turbin (Putra, 2018).

### 2.4 *Prony Brake*

*Prony brake* (rem torsi) bekerja dengan memutar poros cakram (*disc*), rem tekan menciptakan gesekan di lapisan luar cakram yang mengurangi putaran. Gaya

pengereman sama dan berlawanan dengan gaya cakram. Skema pengereman *prony brake* ditunjukkan pada Gambar 2.4 sebagai berikut.



Gambar 2.4 Skema *Prony Brake* (Gitano-Briggs, 2008)

## 2.5 Perhitungan pada Turbin

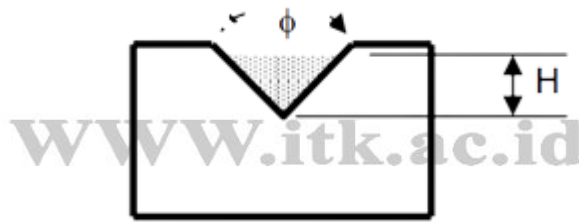
Perhitungan pada turbin diperlukan untuk menentukan variabel-variabel yang akan digunakan dalam penelitian.

### 2.5.1 Kontinuitas Fluida

Persamaan kontinuitas adalah persamaan yang menghubungkan kecepatan fluida dari satu lokasi ke lokasi lain. Pada titik tertentu, cairan mengalir ke volume yang dikelilingi oleh permukaan. Massa fluida yang masuk ke dalam tabung harus sama dengan massa fluida yang keluar dari ujung yang lain, meskipun diameternya berbeda konstan. Persamaan kontinuitas adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung perpindahan dan persamaan kontinuitas dapat dirumuskan dalam 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 2.5 sebagai berikut.



Gambar 2.5 Weir *V-Notch*, dengan sudut 90° (Jayatun, 2014)

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

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

### 2.5.2 Perhitungan Energi Air

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

a. Energi Kinetik :

Energi kinetik adalah energi yang berhubungan dengan benda yang bergerak. Energi ini berasal dari massa suatu benda yang bergerak dengan kecepatan tetap. Energi kinetik dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 2.3 sebagai berikut (Abadi, 2018).

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

b. Energi Potensial :

Energi potensial adalah energi yang timbul dari gaya dan merupakan energi yang mempengaruhi suatu benda karena kedudukannya (ketinggian). Energi potensial dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 2.4 sebagai berikut (Abadi, 2018).

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

c. Energi Mekanik :

Energi mekanik adalah energi yang dihasilkan dari energi kinetik dan energi potensial dari aliran fluida. Energi mekanik dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 2.5 sebagai berikut (Abadi, 2018).

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

### 2.5.3 Perhitungan Daya Turbin

Daya yang dihasilkan oleh aliran air dapat dinyatakan dengan Persamaan 2.6 sebagai berikut (Juliana, 2018).

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

Sedangkan untuk daya mekanis turbin ialah daya yang dihasilkan oleh putaran turbin. Daya mekanis turbin dapat diketahui menggunakan Persamaan 2.7 dan Persamaan 2.8 sebagai berikut (Putra, 2018).

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

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

### 2.5.4 Perhitungan Torsi

Torsi adalah jumlah gaya yang diperlukan untuk memutar suatu benda terhadap sumbu tertentu. Torsi diperoleh dengan menggunakan Persamaan 2.9 sebagai berikut (Putra, 2018).

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

### 2.5.5 Perhitungan Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin diperoleh dengan perbandingan antara daya aliran air dengan daya mekanis turbin, maka efisiensi turbin ( $\eta_m$ ) diperoleh dengan menggunakan Persamaan 2.10 sebagai berikut (Putra, 2018).

$$\eta = \frac{P_M}{P_w} \times 100 \% \quad (2.10)$$

### 2.5.6 Perhitungan Perancangan Turbin *Archimedeian Screw*

Proses perancangan turbin *Archimedeian screw* diperlukan perhitungan untuk menentukan dimensi dan spesifikasi turbin ulir *Archimedeian screw*. Saat merancang turbin *Archimedeian screw*, dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut. Untuk mencari jumlah sudu pada turbin, kita dapat menghitung menggunakan Persamaan 2.12 sebagai berikut (Ardika, 2019).

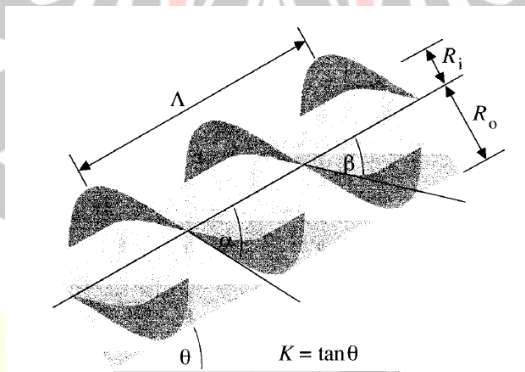
$$Z = \frac{L}{\Lambda} \quad (2.11)$$

Dalam menentukan jarak sudu pada turbin *Archimedeian screw* dapat menggunakan Persamaan 2.13 dan Persamaan 2.14 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 *Archimedeian screw* dapat ditunjukkan pada Gambar 2.6 sebagai berikut (Harja, 2014).



Gambar 2.6 Skema Turbin *Archimedeian Screw* (Harja, 2014)

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

Tabel 2.1 Parameter Ulir Archimedean Screw Optimal (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 (v)</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                          |
| 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                          |
| 18                         | 0,5368  | 0,3380  | 0,0865   | 0,2559                          |
| -                          | -   | -   | -  | -                               |
| -                          | -   | -   | -  | -                               |
| -                          | -   | -   | -  | -                               |
| 20                         | 0,5394  | 0,3953  | 0,0977   | 0,2471                          |

\*) (Rorres, 2000)

\*) (Harja, 2014)

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Dalam melakukan suatu penelitian diperlukan evaluasi terhadap penelitian-penelitian sebelumnya. Data dari penelitian sebelumnya dapat digunakan dari penelitian sebelumnya untuk optimasi. Penelitian terdahulu dapat ditunjukkan pada Tabel 2.2 sebagai berikut.



Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

| No | Nama dan Tahun Publikasi   | Hasil  |
|----|----------------------------|--|
| 1  | (Rorres, 2000)             | <p><b>Metode</b> : Pada penelitian ini memaparkan desain yang paling optimal dalam membuat ulir Archimedes.</p> <p><b>Hasil</b> : Hasil studi menunjukkan tabel efisiensi yang dipengaruhi oleh jumlah sudu, rasio radius optimal, rasio <i>pitch</i> optimal, rasio optimal per putaran, dan rasio volume optimal.</p>  |
| 2  | (Slameto dkk, 2016)        | <p><b>Metode</b> : Penelitian ini menjelaskan tentang pembuatan dan pengujian turbin ulir dua sudu untuk mengetahui performa dari turbin ulir dua sudu pada <i>head</i> 5 meter.</p> <p><b>Hasil</b> : Penelitian ini menunjukkan hasil pengujian turbin dua sudu dengan <i>head</i> 5 meter menghasilkan efisiensi tertinggi sebesar 15,86 % dengan daya aktual sebesar 45,84 Watt.</p> |
| 3  | (Harja dkk, 2014)          | <p><b>Metode</b> : Penelitian ini menjelaskan tentang studi untuk menentukan kinerja turbin <i>Archimedean screw</i> dengan menghitung torsi akibat gaya gravitasi dan hidrostatis, dan studi eksperimental dengan mengukur torsi dan rotasi poros rotor.</p> <p><b>Hasil</b> : Dalam penelitian ini, sudut optimal diperoleh pada sudut = 32°.</p>                                      |
| 4  | (Havendri dan Arnif, 2010) | <p><b>Metode</b> : Penelitian ini menjelaskan tentang studi untuk mengetahui sudut ulir yang optimal pada turbin ulir dengan <i>head</i> rendah.</p> <p><b>Hasil</b> : Hasil dari penelitian ini yaitu, pada tiga prototipe turbin ulir dan diketahui bahwa seiring bertambahnya debit aliran dan juga efisiensi turbin ulir maka daya turbin akan semakin bertambah juga.</p>           |