

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

www.itk.ac.id

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air

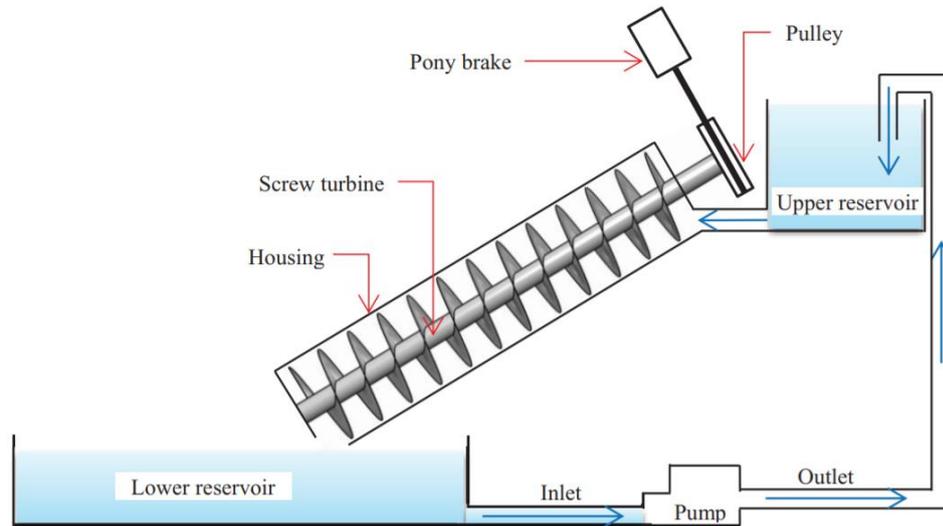
Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) Dapat dikatakan mempunyai manfaat sebagai sumber (*source*) yang menghasilkan tenaga listrik, yaitu air dengan kapasitas aliran dan ketinggian tertentu. Semakin besar kapasitas aliran dan ketinggian instalasi maka semakin besar pula energi yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Umumnya PLTA dibangun dikarenakan adanya air yang mengalir di suatu tempat dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Istilah kapasitas mengacu kepada debit, sedangkan beda ketinggian tempat aliran sampai ke rumah pembangkit bisa disebut juga dengan *head*. PLTA juga dikenal sebagai *white resources* atau “energi putih”. Dikatakan seperti itu karena instalasi pembangkit listrik seperti ini memanfaatkan sumber daya yang telah ada di alam bebas yang tentunya ramah lingkungan sekitarnya. Suatu kenyataan bahwa alam banyak mempunyai air terjun dan jenis lainnya yang terdapat aliran air yang mengalir (Subandono, 2008).

2.2 Archimedes Screw

Archimedes Screw adalah jenis *screw* yang terkenal sejak zaman kuno dan dimanfaatkan sebagai pompa air irigasi di Taman Gantung Babilonia. Pompa tersebut sangat akrab bagi para *engineer* Romawi. Pada awalnya, *Archimedes* membuat pompa tersebut untuk menaikkan air dari sumber air untuk mengambil air. Pada saat itu terdapat krisis global dan besarnya potensi pembangkit listrik ramah lingkungan, teruntuk di wilayah padat warga yang sangat butuh listrik, dari itulah potensi pembangkit listrik tenaga air (PLTA) sangat tinggi. Mulai tahun 2007, seorang *engineer* datang dengan ide membiarkan air mengontrol pompa jika pompa bergerak naik dan turun. Generator tersebut diletakkan di atas pompa, maka akan menciptakan energi listrik dengan syarat generator terlindung dari cipratan air atau

embun air. Oleh sebab itu pada prinsipnya *Screw Turbine* adalah membalikkan fungsi pompa *screw* tersebut.

WWW.itk.ac.id



Gambar 2. 1 *Archimedes Screw Turbine* (Erinofiardi Dkk, 2017).

Archimedes Screw Turbine ini umumnya cocok diaplikasikan dengan ketinggian *Head* rendah karena memiliki efisiensi yang cukup baik, dampak alam (lingkungan) yang di timbulkan rendah, biaya minim dan membutuhkan lebih sedikit perawatan. *Archimedes Screw Turbine* terdiri dari poros silinder bersama dengan beberapa ulir. Air masuk ke sekrup dari atas dan mengalir di sepanjang turbin tersebut untuk memutar poros yang selanjutnya memutar rotor generator.

Performa maksimum didapatkan *Archimedes Screw Turbine* dapat ditentukan dari diameter ulir dan pertimbangan yang lainnya. Itu dapat dipasang di tempat-tempat dengan sungai atau sungai Mengalir miring, bendungan atau bendung yang sudah ada, pembangkit listrik tenaga air yang sudah tidak digunakan lagi. (Erinofiardi Dkk, 2017).

2.2.1 Kelebihan *Archimedes Screw Turbine*

Adapun beberapa keunggulan yang terdapat pada *Archimedes screw turbine* sebagai berikut:

WWW.itk.ac.id

1. *Longer Durability*

Archimedes Screw Turbine memiliki daya tahan lebih tinggi dibandingkan dengan yang lainnya. *Archimedes Screw Turbine* yang baik memiliki *lifetime* sampai 30 tahun atau mungkin lebih dengan melalui *maintenance* yang rutin, termasuk perawatan pada ulirnya. *Archimedes Screw Turbine* juga memiliki keausan komponen yang minim.

2. *Environment Friendly*

Archimedes Screw Turbine merupakan satu diantara turbin paling ramah terhadap lingkungan sekitar. Karena keberadaan waduk dan bendungan inilah, tidak ada kemungkinan banjir bandang di sekitar daerah tersebut. Dengan demikian, pemasangan *Archimedes Screw Turbine* tidak akan mempengaruhi lingkungan sekitar. Akibatnya, penduduk setempat tidak perlu dipindahkan dari kediaman mereka untuk tujuan pembangunan pembangkit ini. Dengan inilah, karena tidak ada kemungkinan untuk banjir secara tiba-tiba, kekayaan alam di sekitar pembangkit tidak akan terkena dampak buruknya, kekayaan alam ini tidak akan musnah, dan kerusakan yang akan menyebabkan pembentukan gas beracun dan oleh karena itu yang menyebabkan perubahan iklim akan membuat sedikit karbon dioksida..

3. *High Efficiency*

Efisiensi maksimal *Archimedes Screw Turbine* dapat tercapai sampai 92% dengan debit 0,2-0,8 m³/s yang memiliki ketinggian dari 0,8 m sampai 10 m.

4. *Fish Friendliness*

Lintasan termasuk aman dari beragam hewan air, misalnya ikan dan lainnya, menghasilkan *Archimedes Screw Turbine* bisa digunakan di berbagai tempat. Pada penelitian *Archimedes Screw Turbine* di aliran sungai membuktikan bahwa hewan melewati dengan aman selama alat tersebut di jalankan. Dilihat juga bahwa hewan air termasuk ikan dengan bobot kurang <1 kg bisa melewati turbin dengan baik jika kecepatan putar mata *blade* sebesar 4,5 m/s tanpa adanya sistem keamanan sedemikian rupa pada mata *blade*. Penelitian oleh M. Lyons dan W. D. Lubitz memaparkan 98% ikan-ikan bisa melewati pembangkit ini.

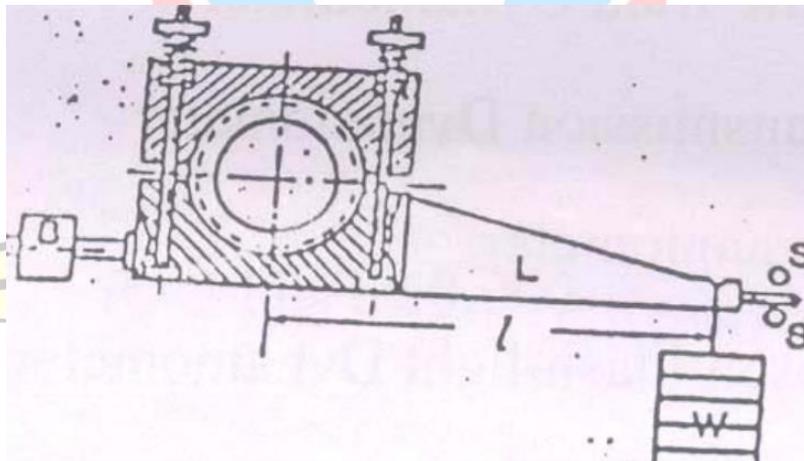
2. *Easy Set-up*

Archimedes Screw Turbine bisa ditempatkan di sungai kecil, kolam dan sumber air lainnya. Karena persyaratan ketinggian *head* rendah. Turbin ini tidak

memakan biaya yang tinggi untuk perawatan dan pengoperasiannya serta mudah di instalasi karena tidak banyak *part* yang di pasang yang membuat tidak membutuhkan pekerja kontuksi terlalu banyak (Gogoi Dkk, 2018).

2.3 *Prony Brake*

prony brake merupakan alat ukur torsi. Cara kerjanya yaitu poros memutar *disc* atau puli serta kampas rem yang mencengkram atau menahan dan menghasilkan gesekan pada bagian luar poros sehingga bisa menurunkan putaran, biasa disebut juga dengan rem torsi. Adapun skema *prony brake* dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2 sebagai berikut.



Gambar 2.2 Skema *prony brake* (Islam, 2008).

2.4 Perhitungan pada Turbin

Perhitungan pada *Archimedes Screw Turbine* diperlukan untuk menentukan variabel-variabel pada penelitian yang akan digunakan.

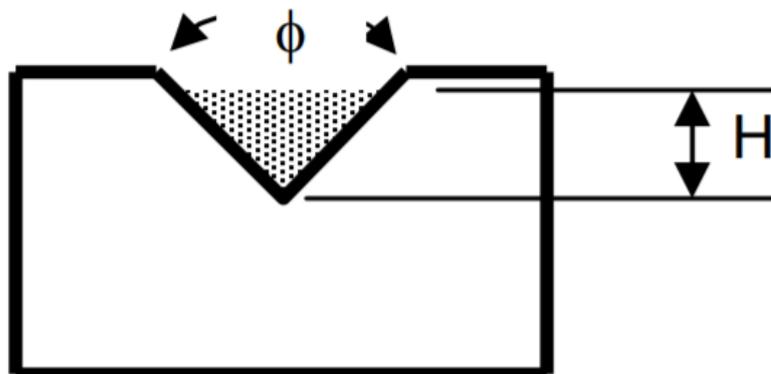
2.4.1 Kontinuitas Fluida

Persamaan kontinuitas fluida merupakan persamaan yang menghubungkan kecepatan fluida dari satu tempat ke tempat lain. Pada titik tertentu, cairan yang mengalir ke volume yang ditempati oleh permukaan akan mengalir keluar. Untuk fluida yang masuk ke dalam pipa, kualitas fluida yang masuk dari salah satu ujung pipa harus sama dengan kualitas fluida yang keluar dari ujung yang lain, tetapi dapat

dikatakan juga kualitas inlet dan outletnya harus sama untuk diameter yang berbeda. Persamaan kontinuitas adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung perpindahan, persamaan kontinuitas dapat dirumuskan pada Persamaan 2.1 sebagai berikut (Maryono, 2003).

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

Pada penelitian ini pengukuran debit yang digunakan adalah dengan menggunakan metode *Weir V-Notch* dengan nilai $\phi=90^\circ$ bisa dilihat pada gambar 2.3 berikut ini:



Gambar 2.3. *Weir V-Notch* (Jayatun, 2014)

Perhitungan debit aliran menggunakan *Weir V-Notch* dirumuskan sebagai berikut (Jayatun, 2014):

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

2.4.2 Perhitungan Energi Air

Energi yang dipakai sebagai pemutar *rotor Archimedes Screw Turbine* adalah sifat dari aliran air yang mengalir. Adapun energi yang terdapat pada aliran air adalah sebagai berikut:

a. Energi Kinetik:

Energi kinetik merupakan energi yang berkaitan 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 merupakan energi yang mempengaruhi suatu benda dikarenakan posisi tersebut (*head*) dan arah gaya yang dihasilkan 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 merupakan energi yang diciptakan dari energi kinetik fluida serta energi potensial suatu aliran. Energi mekanik dapat dirumuskan pada Persamaan 2.5 sebagai berikut (Abadi, 2018).

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

2.4.3 Perhitungan Daya Turbin

Aliran air menghasilkan daya yang dapat dinyatakan dengan Persamaan 2.6 sebagai berikut (Putra, 2018).

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

Sedangkan untuk daya mekanis turbin adalah daya yang diciptakan oleh putaran turbin. Daya mekanis turbin dapat dirumuskan menggunakan Persamaan 2.7 dan Persamaan 2.8 sebagai berikut (Putra, 2018).

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

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

2.4.4 Perhitungan Torsi

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

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

2.4.5 Perhitungan Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin diperoleh dengan membandingkan daya aliran air dengan daya mekanik turbin, sehingga efisiensi turbin (η_m) didapatkan dengan menggunakan Persamaan 2.21 sebagai berikut (Putra, 2019).

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

2.4.6 Perhitungan Perancangan Turbin Archimedeian Screw

Dalam melakukan perancangan *Archimedes Screw Turbine* dibutuhkan perhitungan untuk menentukan dimensi pada *Archimedes Screw Turbine*. Dalam merancang *Archimedes Screw Turbine* bisa ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut. Untuk mencari jumlah sudu pada turbin dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.11 sebagai berikut (Ardika, 2019).

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

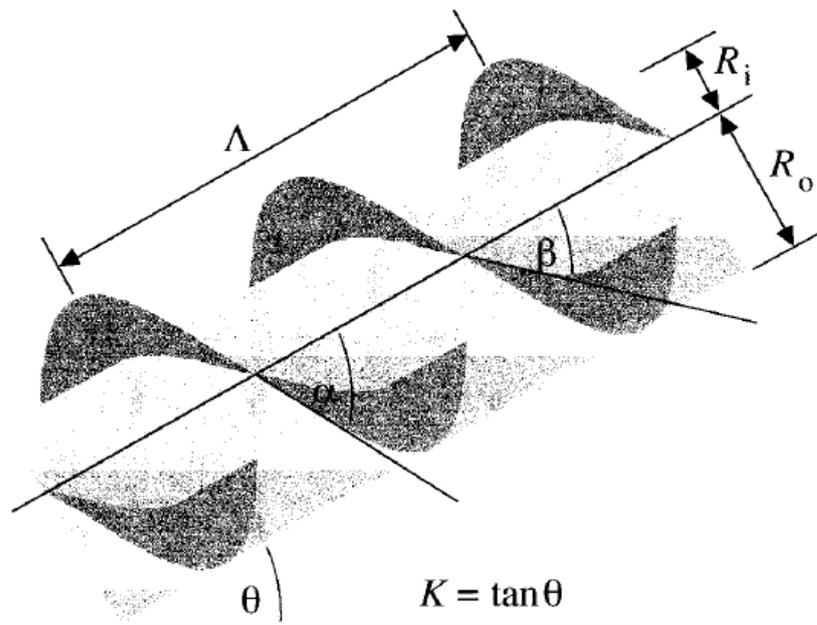
Sedangkan dalam menentukan jarak sudu pada *Archimedes Screw Turbine* dapat menggunakan Persamaan 2.12 dan Persamaan 2.13 sebagai berikut.

(Harja, 2014).

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

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

Skema gambar *Archimedes Screw Turbine* dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4 sebagai berikut (Harja Dkk, 2014).



Gambar 2.4 Skema Turbin Archimedeian Screw (Harja Dkk, 2014).

Pada perancangan *Archimedes Screw Turbine* 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 Ulir *Archimedean Screw* Optimal

<i>Number of blade (N)</i>	<i>Optimal Radius Ratio (ρ^*)</i>	<i>Optimal Pitch Ratio (λ^*)</i>	<i>Optimal Volume-Per-Turn Ratio (λ^*v)</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 dkk (2014)

2.5 Penelitian Terdahulu

Penerapan penelitian memerlukan evaluasi terhadap penelitian yang terdahulu sebelum dapat digunakan sebagai referensi. Data dari penelitian terdahulu dapat digunakan penelitian untuk dioptimalkan.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1	Adly Havendri, Dkk (2010)	<p>Metode: metode eksperimental Penelitian yang memiliki tujuan untuk mengetahui sudut ulir optimum pada turbin ulir yang memiliki <i>head</i> rendah.</p> <p>Hasil: Hasil yang diperoleh dari penelitian ini untuk tiga prototipe turbin ulir diketahui bahwa daya turbin akan meningkat dengan meningkatnya laju aliran, dan secara umum efisiensi turbin ulir akan meningkat dengan meningkatnya laju aliran..</p>
2	Bambang Yulistiyanto DKK (2012)	<p>Metode : Penelitian ini memaparkan Pengaruh Debit Aliran Dan Kemiringan Poros Turbin Ulir Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dengan memvariasikan debit air dari 0.00364 m³/s sampai 0.00684 m³/s dan kemiringan 25° sampai 50°</p> <p>Hasil : memperlihatkan bahwa debit dan kemiringan poros turbin dapat mempengaruhi daya dan efisiensi turbin <i>screw</i>. Daya dan efisiensi turbin terbaik dihasilkan pada debit rata-rata 0.00684 m³/s. Kemiringan optimum turbin ulir adalah 35°</p>
3	Herman Budi Harja, Dkk (2012)	<p>Metode: Menjelaskan penelitian untuk mengetahui kinerja turbin <i>screw</i> dengan perhitungan torsi akibat gaya berat dan gaya hidrostatik serta eksperimen melalui pengukuran rpm dan torsi.</p> <p>Hasil : didapatkan hasil sudut optimum yaitu pada sudut $\theta=32^\circ$ dan hasil eksperimen adalah sudut $\theta=34^\circ$.</p>
4	Pallav Gogoi, Dkk (2018)	<p>Metode : Penelitian ini menjelaskan kemungkinan penggunaan turbin Archimedes di berbagai bidang sebagai sumber daya yang ramah lingkungan dan terbarukan yang tidak memerlukan lahan yang luas pada waktu yang bersamaan.</p> <p>Hasil : Dengan demikian skenario elektrifikasi di daerah pedesaan dapat ditingkatkan khususnya di mana ada aliran sungai atau kanal yang terus menerus mengalir.</p>