

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

www.itk.ac.id

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Pembangkit Tenaga Mikrohidro tentu berhubungan dengan air sebagai penggunaan energi utamanya. Air yang memiliki kapasitas dari aliran dan ketinggian tertentu adalah sebagai sumber daya (*resources*) yang dimanfaatkan. Dengan makna tersebut dapat diartikan bahwa besar nilai dari besar kapasitas dari aliran dan juga ketinggian aliran memiliki pengaruh yaitu semakin besar kapasitas aliran maka energi yang dapat dimanfaatkan guna menghasilkan energi semakin besar juga untuk daya energi listrik yang semakin besar. Proses pembangunan mikrohidro umumnya dibuat berdasarkan kondisi kenyataan dari lingkungan pada air yang mengalir di suatu daerah yang akan dimanfaatkan menjadi pembangkit mikrohidro meliputi kapasitas dan juga ketinggiannya. Kapasitas volume adalah jumlah volume aliran persatuan waktu (*flow capacity*). Mikrohidro atau juga *White resource* biasa juga dikenal “energi putih”. Dikatakan seperti itu karena pada instalasinya memanfaatkan sumber daya yang sudah tersedia di alam. Seperti diketahui bahwasanya alam sudah memiliki berbagai jenis kekayaan yang dapat dimanfaatkan dalam hal ini salah satunya tempat air mengalir (Subando, 2008).

2.2 Pengenalan Turbin Air

Salah satu alat utama pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro yaitu turbin air, yang memanfaatkan perubahan dari energi hidrolis (energi potensial maupun energi kinetis) yang diubah ke gerakan mekanis, yaitu gerak putar. Gerak yang didapat dari putaran turbin tersebut nantinya gerak tersebutlah yang dimanfaatkan untuk mengoperasikan generator, dan berawal pada gerakan pada generatorlah dapat dihasilkan suatu energi listrik.

Umumnya terdapat beberapa jenis turbin yang masih digunakan terutama turbin air modern yang tentunya pada tiap jenis turbin tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangannya masing-masing, mulai dalam mencakup daya puluhan Watt sampai pada puluhan MegaWatt. Adapun turbin modern dibedakan sebagai berikut, yaitu:

a) Turbin *Impuls*

Berasal dari pemanfaatan energi energi kinetik yang dihasilkan aliran, mendapatkan pengaruh oleh tekanan dari air (beda tinggi). Yang jatuh mengenai bagian *runner*, memanfaatkan energi hidrolis dari energi kinetik yang kemudian menjadi energi mekanis. Tekanan air yang sudah melewati *runner* tidak terjadi perubahan tekanan saat air sebelum ataupun sesudah melewatinya. Bagian turbin sendiri yang berperan dalam mengubah energi hidrolis menjadi energi kinetis yaitu *Runner*.

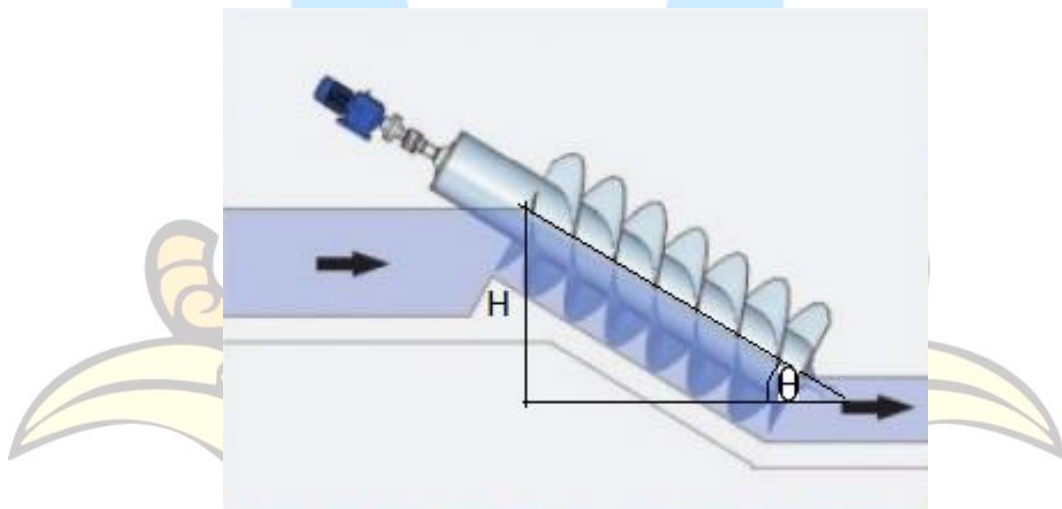
b) Turbin Reaksi

Memanfaatkan energi gravitasi, khususnya dipengaruhi oleh debit air bagian yang dipenuhi atau ditenggelamkan oleh seluruh air bagiannya yaitu *runner*. Pada tekanan air memiliki perbedaan, yaitu pada saat tekanan yang melewati bagian *runner* lebih tinggi dibandingkan pada tekanan dari air yang sudah melewati *runner* (Direktorat Jendral Guru, 2015).

2.3 Archimedes Screw

Penggunaan turbin ini sudah dikenal sejak zaman kuno yaitu *Archimedes screw turbine* turbin ini dalam penggunaannya guna mengairi tanaman bergantung pada masa Babylonia pemanfaatan turbin ini sebagai pompa yang digunakan untuk pengairan. Di masa awal penggunaan jenis pompa tersebut sudah sangat akrab pada kalangan insinyur pada zaman Romawi. Disaat pertama Archimedes merancang pompa jenis ini yaitu bertujuan menaikkan aliran air dari sungai yang mempunyai kedalaman yang tidak bisa dijangkau untuk menaikkan aliran tersebut dari sungai, sehingga menggunakan pompa inilah yang sesuai dengan tujuannya untuk mengeluarkan air yang tidak bisa dijangkau tersebut. Seiring berjalannya waktu dunia sedang dilanda krisis energi, khususnya pada daerah padat yang memiliki banyak penduduk tentunya membutuhkan penggunaan listrik dan di daerah

memiliki energi air yang terbatas khususnya potensi air yang memiliki *head* tinggi, dengan hal tersebut tepatnya pada tahun 2007, seorang insinyur mempunyai sebuah gagasan yaitu untuk menempatkan pompa dengan arah putar yang terbalik lalu membuat aliran air mengalirinya dan mengendalikannya setelah itu dipasang generator yang diletakan pada pompa tersebut maka dengan hal tersebut pompa dapat menjadi penghasil aliran listrik yang dibutuhkan selama pada instalasi generator tidak mengalami kerusakan karena basah maupun terkena air. Maka prinsip dasar turbin ulir ialah fungsi pada pompa yang dibalik seperti Gambar 2.1 sebagai berikut.



Gambar 2. 1 Model Dasar Turbin Ulir Archimedes (Havendri & Arnif, 2010).

Turbin ini menjadi turbin yang istimewa hal itu dikarenakan turbin ini dapat bekerja ataupun dioperasikan walau pada kondisi wilayah dengan pengairan yang memiliki *head* sangat rendah. Pada pengoperasiannya turbin ini memiliki penempatan sudu yang disesuaikan pada keadaan dari *head* yang tersedia di tempat sekitar pengaplikasian. Turbin ini sendiri pada kerjanya dapat dioperasikan pada daerah *head* rendah yang memiliki rentan air jatuh dari 1 meter sampai dengan ketinggian *head* air 15 meter.

Turbin ini bekerja dengan memanfaatkan tekanan pada bilah sudu yang disebabkan oleh air yang akan turun melalui sudu yang mendapat penurunan tekanan yang sejalan bersamaan dengan penurunan dari kecepatan air hambatan yang terjadi pada bilah tersebutlah menghasilkan gaya putar di turbin untuk diolah guna diubah menjadi daya listrik (Havendri & Arnif, 2010).

2.3.1 Kelebihan *Archimedes Screw*

Turbin Ulir *Archimedes* memiliki keunggulan yang diantara lainnya sebagai berikut:

a) *Environment Friendly*

Turbin Ulir *Archimedes* yaitu satu dari sekian turbin yang paling ramah lingkungan. Daerah yang dimanfaatkan dalam instalasi turbin ini tidak akan mengalami dampak lingkungan terlebih daerah waduk atau bendungan maka kemungkinan untuk banjir bandang di area lokasi hampir tidak memiliki kemungkinan. artinya, pemanfaatan Turbin Ulir *Archimedes* tentu tidak akan memiliki pengaruh untuk lingkungan. Maka, warga penduduk daerah tersebut tidak perlu mengkhawatirkan hal tersebut. Dikarenakan alasan tersebutlah tentunya, keberadaan vegetasi alami daerah lokasi pengoperasian turbin tidak memiliki pengaruh apapun, sehingga tidak perlu adanya kekhawatiran pada adanya pembusukan yang terjadi pada vegetasi alami ini sehingga kejadian lain seperti pembentukan gas rumah kaca metana yang dapat mengakibatkan perubahan iklim bahkan dapat mempengaruhi tingkatan CO_2 .

b) *Fish Friendliness*

Turbin memiliki jalur aman yang tidak akan mempengaruhi keberadaan makhluk hidup air khususnya ikan. Adapun sebuah pengujian dilakukan pada turbin ulir *Archimedes* ini pengujian di Dart River di Devon, Inggris didapat kesimpulan hasil pengujian tersebut diantaranya bahwa turbin tersebut aman untuk ikan selama turbin ini beroperasi. Adapun dilakukan pengujian berikutnya didapatkan kasus ikan yang mempunyai berat bahkan kurang dari 1 kg dapat terbebas dengan aman dengan kecepatan *blade* mencapai $4,5 \text{ m/s}$ tanpa perlindungan apapun dari tepi depan mata pisau.

c) *Easy Set-up*

Pada pemasangan instalasi turbin dapat dilakukan dengan mudah bahkan dapat diinstal di kanal kecil, sungai ataupun kolam. Hal tersebut kembali kepada keunggulan turbin yang dimana tidak dibutuhkan *Head* air tinggi (1m-10m). Dalam hal ini jugalah hanya dibutuhkan *cost* yang lebih rendah bahkan untuk operasional

juga lebih mudah hal tersebut dikarenakan dalam instalasi tidak mempunyai banyak bagian.

d) *Longer Durability*

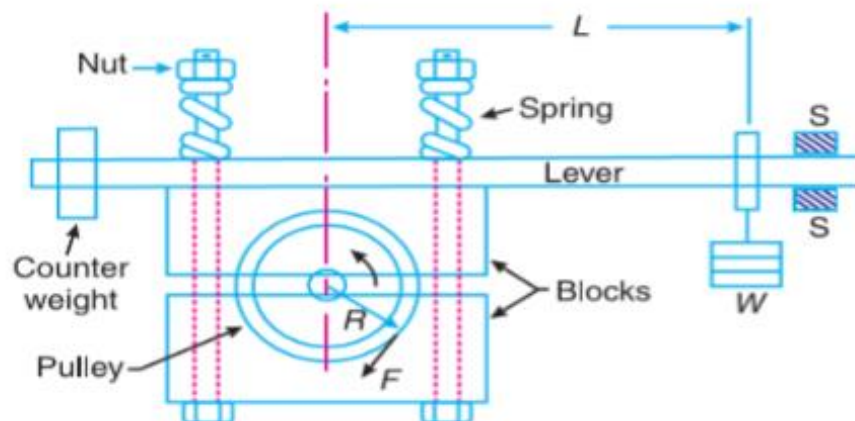
Daya ketahanan dari Turbin Ulir *Archimedes* mempunyai daya tahan lebih tinggi, bahkan Turbin Ulir *Archimedes* dengan yang baik mempunyai umur sampai dengan 30 tahun dan dapat lebih Panjang dengan dilakukan *maintenance* berikutnya dengan perawatan berskala besar meliputi di rapikan kembali penggunaan sekrup. Untuk hal keausan turbin ini memiliki nilai yang relatif sedikit.

e) *High Efficiency*

Adapun keunggulan lain dari turbin ini yaitu pada nilai efisiensi yang dimana Turbin Ulir *Archimedes* mempunyai nilai efisiensi turbin yang mencapai nilai maksimum hingga 92% dengan *head* dari 0,8 m hingga 10 m (Gogoi dkk, 2018).

2.4 *Prony Brake*

Dengan metode kerja yaitu poros yang memutar piringan (*disc*) serta *prony brake* (rem torsi) memberikan penekanan berupa beban sehingga terjadi gesekan luar pada piringan. Gesekan yang terjadi menciptakan gaya yang mengurangi putaran. Gesekan yang terjadi memiliki gaya pada pengereman sama dan bertentangan dengan gaya pada piringan. Adapun skema *prony brake* dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2 sebagai berikut.



Gambar 2.2 Skema *Prony Brake* (Rozaq dkk, 2014).

2.5 Perhitungan pada Turbin

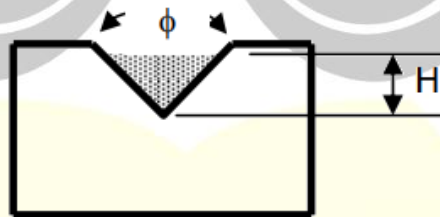
Perhitungan pada turbin perlu untuk ditentukan variabel-variabel yang akan digunakan dalam penelitian

2.5.1 Kontinuitas Fluida

Persamaan pada kontinuitas fluida yaitu menghubungkan kecepatan dari satu tempat fluida menuju tempat lain. Adapun aliran fluida dalam suatu volume pada permukaan yang dilingkupi permukaan di titik tertentu yang hendak ke luar. Fluida masuk ke dalam suatu pipa, massa yang masuk ke salah satu ujung pipa wajib sama dengan massa fluida yang hendak keluar di ujung yang lain meski memiliki beda diameter, ataupun dapat juga dikatakan jika terdapat massa yang masuk dan juga massa keluar memiliki nilai yang konstan. Persamaan pada kontinuitas fluida yaitu persamaan yang biasa dipakai untuk menghitung sebuah nilai dari debit air, maka persamaan kontinuitas dapat dituliskan pada Persamaan 2.1 sebagai berikut (Maryono, 2003).

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

Dalam melakukan penelitian Turbin Ulir *Archimedes* ini debit yang digunakan diukur dengan menggunakan Weirs *V-notch* sebagaimana yang telah ditunjukkan pada Gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.3 *Weir V-Notch*, dengan sudut 90° (Jayatun, 2014).

Pada perhitungan debit aliran yang dihitung dengan menggunakan *Weir V-notch* ditunjukkan dengan Persamaan 2.2 yang telah dituliskan sebagai berikut (Jayatun, 2014).

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

2.5.2 Perhitungan Energi Air

Sifat dari aliran air yang mengalir dimanfaatkan menjadi energi untuk memutar rotor pada turbin. Adapun aliran memiliki energi yang dijelaskan sebagai berikut.

a. Energi Kinetik :

Energi ini adalah energi yang memiliki hubungan dengan sebuah benda yang bergerak. Energi yang dihasilkan dari massa suatu objek yang bergerak dengan kecepatan tertentu. Adapun energi kinetik yang dituliskan pada Persamaan 2.3 berikut (Abadi, 2018).

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

b. Energi Potensial :

Energi Potensial yaitu suatu energi yang pada dasarnya dipengaruhi pada posisi dari suatu benda karena adanya posisi (ketinggian) benda tersebut dengan arah dari gaya yang ditimbulkan energi tersebut. Energi Potensial dituliskan pada Persamaan 2.4 berikut (Abadi, 2018).

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

c. Energi Mekanik :

Energi Mekanik adalah suatu energi yang terjadi dari efek adanya sebuah energi potensial dan kinetik yang terjadi pada suatu aliran dari fluida. Adapun persamaan energi mekanik ditunjukkan dalam Persamaan 2.5 sebagai berikut (Abadi, 2018).

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

2.5.3 Perhitungan Daya Turbin

Pada perhitungan daya air daya yang dihasilkan aliran air dapat dinyatakan dengan Persamaan 2.6 sebagai berikut (Putra, 2019).

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

Sedangkan untuk mencari nilai dari daya mekanis yang telah dihasilkan turbin ialah untuk mengetahui nilai dari daya yang dihasilkan dari hasil putaran turbin. Daya mekanis turbin dapat dinyatakan dengan menggunakan Persamaan 2.7 dan Persamaan 2.8 berikut (Putra, 2019).

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

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

2.5.4 Perhitungan Torsi

Torsi ialah sebuah besar nilai pada suatu gaya yang diperlukan guna memutar suatu benda terhadap poros tertentu. Torsi dinyatakan dengan menggunakan Persamaan 2.9 sebagai berikut (Putra, 2019).

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

2.5.5 Perhitungan Efisiensi Turbin

Nilai dari efisiensi sebuah turbin didapatkan dengan membandingkan daya aliran air dengan nilai dari daya mekanis yang dihasilkan turbin, oleh karena itu efisiensi turbin (η_m) dinyatakan dengan menggunakan Persamaan 2.10 sebagai berikut (Putra, 2019).

$$\eta_m = \frac{P_m}{P_w} \times 100 \% \quad (2.10)$$

2.5.6 Perhitungan Perancangan Turbin Ulir *Archimedes*

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

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

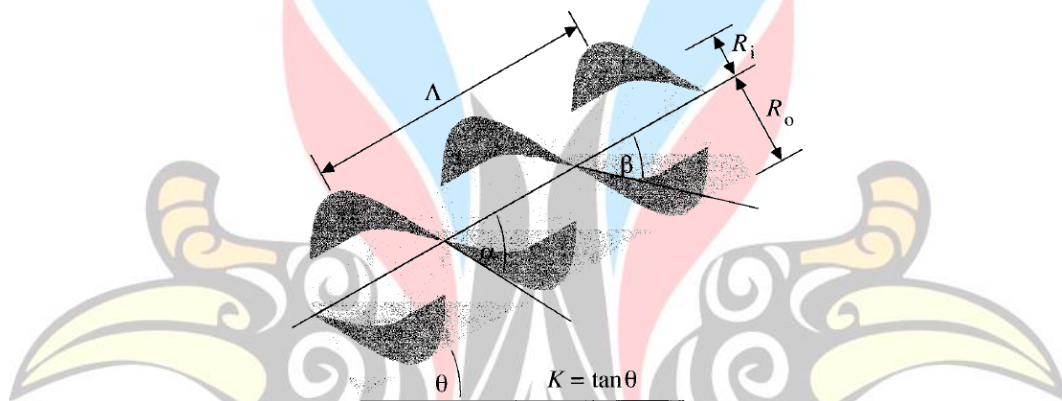
Sedangkan dalam menentukan jarak sudu pada Turbin Ulir *Archimedes* dapat menggunakan Persamaan 2.12 dan Persamaan 2.13 sebagai berikut (Harja, 2014).

www.itk.ac.id

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

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

Skema gambar Turbin Ulir *Archimedes* dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4 sebagai berikut



2. 4 Skema Turbin Ulir *Archimedes* (Harja, 2014).

Pada perancangan Turbin Ulir *Archimedes* memiliki ketentuan-ketentuan parameter ulir untuk mendapatkan nilai optimum. Parameter ulir *Archimedes* dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Parameter Ulir *Archimedes* Optimal(Harja, 2014).

Number of blade (N)	Optimal Radius Ratio (ρ^*)	Optimal Pitch Ratio (λ^*)	Optimal Volume-Per-Turn Ratio (λ^*v)	Optimal Volume Ratio (v)
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

<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>
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 sebuah penelitian perlu adanya pengkajian pada penelitian terdahulu untuk menjadikan referensi. Data dari penelitian terdahulu pada Tabel 2.2 dapat digunakan untuk dioptimalkan.

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1	Chris Rorres, <i>Drexel University</i> (2000)	<p>Metode : Penelitian ini memaparkan desain yang optimal dalam membuat turbin Ulir Archimedes menggunakan Parameter internal, untuk dipilih dalam mengoptimalkan kinerja Ulir.</p> <p>Hasil : hasil penelitian 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>.</p>

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
2	Adly Havendri, Dkk (2009)	<p>Metode: Memaparkan perancangan dan realisasi model <i>prototype</i> Turbin Ulir <i>Archimedes</i> untuk pembangkit listrik <i>head</i> rendah.</p> <p>Hasil: Dari penelitian ini di dapatkan hasil pembuatan <i>prototype</i> Turbin Ulir <i>Archimedes</i> 3 sudu diketahui bahwa turbin tipe ini cocok digunakan untuk sungai di Indonesia yang memiliki <i>head</i> rendah.</p>
3	Herman Budi Harja, Dkk (2012)	<p>Metode: Memaparkan penelitian untuk dapat diketahui kinerja turbin ulir menggunakan perhitungan torsi di akibatkan gaya berat dan gaya hidrostatis serta kajian eksperimen melalui pengukuran besar torsi dan putaran poros <i>rotor</i>.</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 peluang digunakannya Turbin Ulir <i>Archimedes</i> pada berbagai lingkup sebagai sumber daya terbarukan yang ramah lingkungan dan juga tidak membutuhkan tempat yang luas.</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>