

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Mikrohidro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik adalah yang memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu serta instalasi. Pembangkit listrik kecil yang dapat menggunakan tenaga air pada saluran irigasi dan sungai atau air terjun alam, dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*, dalam m) dan jumlah debit airnya (m³/detik). Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Klasifikasi umum pembangkit listrik tenaga air dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air

Tipe	Kapasitas (kW)
Mikro Hidro	< 100
Mini Hidro	101-2.000
Small Hidro	2.001-25.000
Large Hidro	>25.000

Sumber: *Teacher Manual Diploma Hydro Power*

Dari tabel 1 diatas pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik tenaga air yang memiliki kapasitas <100 kW. PLTMH bisa menjadi salah satu alternatif penyediaan energi listrik yang ramah lingkungan (*clean energy*) yang dapat menjangkau daerah-daerah yang sulit terlistriki.

Mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sumber energi), kincir dan alternator. Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu disalurkan dengan ketinggian tertentu menuju rumah instalasi (rumah turbin). Di rumah instalasi, air

tersebut akan menumbuk turbin dimana turbin akan menerima energi air tersebut dan mengubahnya menjadi energi mekanik berupa berputarnya poros turbin. Poros yang berputar tersebut kemudian ditransmisikan ke generator dengan menggunakan kopling. Dari generator akan dihasilkan energi listrik yang akan masuk ke sistem kontrol arus listrik, sebelum dialirkan ke rumah-rumah atau keperluan lainnya (beban). Begitulah secara ringkas proses Mikrohidro merubah energi aliran dan ketinggian air menjadi energi listrik. Potensi daya mikrohidro dapat dihitung dengan persamaan 1 dibawah ini:

$$P = gQH\eta \dots\dots\dots (Teacher Manual Diploma Hydro Power) \quad (1)$$

Dimana:

P = Daya yang dibangkitkan PLTMH (Watt)

g = gravitasi (9,81 m/s²)

Q = Debit aliran Air (m³/s)

H = beda ketinggian (m)

η = efisiensi sistem PLTMH, efisiensi sistem PLTMH umumnya 0,85 .

2.2. Kincir Air

Pemanfaatan kincir air dalam pembuatannya paling banyak ditiru yang bekerja memanfaatkan tinggi air jatuh dan kapasitas air. Faktor yang harus diperhatikan pada kincir air selain energi potensial gravitasi adalah pengaruh berat air yang mengalir masuk ke dalam sudu-sudunya. Tinggi jatuh air yang bisa digunakan kincir antara 0,1 m sampai dengan 12 m dan kapasitas airnya adalah 0,05 m³/s sampai dengan 5 m³/s. Pemakaian kincir air adalah di daerah yang aliran airnya tidak tentu, berubah-ubah dan tinggi air jatuhnya kecil. Bila perubahan kecepatan putaran kincir air tidak diperhitungkan dan kecepatan putarannya kecil yaitu 2 putaran/menit sampai dengan 12 putaran/menit, maka daya pada poros transmisi masih bisa digunakan. Kincir air memiliki rendemen antara 20% sampai dengan 80%. Kincir air dengan kecepatan putaran pelan maka bahannya dapat dibuat dari kayu, tetapi apabila kecepatan putar tinggi dan air jatuh yang besar maka kincir air dibuat dari besi.

Kincir dapat didefinisikan sebagai peralatan mekanis berbentuk roda (*wheel*), dengan sudu (*bucket* atau *vane*) pada sekeliling tepi-tepinya yang diletakkan pada poros horisontal. Kincir air berarti kincir dengan media kerja air, disamping ada juga kincir angin dengan media kerja angin. Pada kincir air, air beroperasi dengan tekanan atmosfer dan mengalir melalui sudu-sudu, yang mengakibatkan kincir berputar pada putaran tertentu. Air mengalir dari permukaan atas (*head race*) ke permukaan bawah (*tail race*) melalui sudu-sudu tersebut.

Sampai saat sekarang, penggunaan kincir air masih banyak ditemui karena sifat-sifatnya yang murah, sederhana, serta mudah dan murah dalam pembuatan dan perawatannya. Walaupun mempunyai banyak kekurangan dibandingkan dengan turbin air, teknologinya yang sangat sederhana ini cocok digunakan di daerah pedesaan yang terpencil, asalkan daerah tersebut memiliki potensi sumber tenaga air yang cukup terjamin.

Data sejarah menunjukkan bahwa prinsip konversi energi air menjadi energi mekanik telah dikenal sejak lebih 2500 tahun yang lalu dengan memulai digunakannya kincir air sederhana yang terbuat dari kayu sebagai mesin pembangkit tenaga. Penggunaan kincir air diawali dari India, kemudian berkembang ke Mesir, dan berlanjut ke Eropa dan seterusnya merambat ke Amerika.

Rancangan yang sistematis dari kincir air dimulai abad ke 18 dimana banyak dilakukan riset untuk meningkatkan kinerja kincir air yang dirancang secara teoritis, dikembangkan oleh Poncelet dan banyak digunakan di Inggris pada awal abad 19 (Prayatno, 2007). Secara umum, kincir air dapat diklasifikasikan berdasarkan aliran datangnya air, yaitu:

- a. Kincir air aliran atas (*overshot*), merupakan kincir air yang memanfaatkan air jatuh untuk berputar atau aliran air yang berasal dari bagian atas kincir.
- b. Kincir air aliran tengah (*breashot*), merupakan kincir air yang memanfaatkan aliran air dari tengah (berdasarkan posisi kincir) untuk berputar.

- c. Kincir air aliran bawah (*undershot*), merupakan kincir air yang memanfaatkan aliran air dari bawah kincir untuk berputar.

2.2.1 Kekurangan pada kincir air :

- a. Putaran kincir yang dihasilkan sangat rendah (rpm kecil), meskipun torsiya cenderung besar. Putaran kincir juga cenderung berkurang seiring bertambahnya diameter kincir.
- b. Menyita tempat yang luas (untuk diameter besar) baik dalam pemakaiannya, penyimpanan maupun pengangkutan.
- c. Tenaga yang dihasilkan relatif kecil.

2.2.2 Kelebihan pada kincir air :

- a. Kincir air merupakan jenis pembangkit listrik yang ramah lingkungan.
- b. Mudah dalam pembuatan dan perakitannya jika dibandingkan dengan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi air.
- c. Tidak memerlukan perawatan khusus dalam pemeliharannya.

2.2.3 Klasifikasi Kincir Air Berdasarkan Sistem Aliran Air Pendorong

Kincir air merupakan sarana untuk merubah energi air menjadi energi mekanik berupa torsi pada poros kincir. Ada beberapa tipe kincir air berdasarkan arah alirannya yaitu :

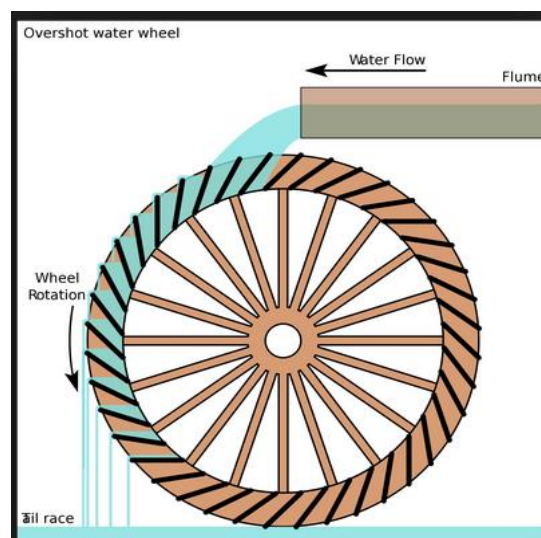
1. Kincir Air Overshot

Pada kincir air jenis ini, air dimasukkan ke sudu gerak (*bucket*) melalui bagaian tas roda kincir. Kincir air jenis ini murni memanfaatkan gaya berat air untuk beroperasi. Sebenarnya, dapat juga dikatakan ada sebagian kecil dorongan dari air yang dialirkan ke bucket.

Air dari permukaan atas (*head race*), masuk ke sudu gerak melalui pintu air (*sluiceway*) yang dapat diatur bukaannya. Besar kecilnya bukaan pintu air ini untuk mengatur putaran kincir air sesuai dengan yang diinginkan, karena

pembebanan kincir yang bervariasi pada waktu yang berbeda. Gaya berat air mendorong sudu gerak ke bawah, dan membuat kincir berputar. Pada posisi sudu gerak mendekati bagian bawah, isi airnya berangsur menjadi kosong, karena bentuk geometri sudu gerak yang dirancang untuk ini. Rancangan kincir air yang dihasilkan kinerja yang baik, antara lain adalah mengatur sudu gerak sehingga energi air dapat dimanfaatkan secara optimal. Kadang posisi kincir diatur agak kebawah, agar pancaran air juga dapat dimanfaatkan. Pada kondisi ini, roda kincir digerakkan oleh sebagian karena gaya berat air, dan sebagian lain oleh dorongan air.

Desain overshoot dapat menggunakan semua aliran air untuk daya (kecuali ada kebocoran) dan tidak memerlukan aliran cepat melewati bagian atas roda, tetapi istilah ini kadang-kadang diterapkan pada roda backshot atau pitchback mana air turun dibelakang roda air. Sebuah roda overshoot khas memiliki air disalurkan ke roda bagian atas dan sedikit diluar as roda. Air dalam ember mengumpul pada sisi roda, sehingga berat dari sisi lain “kosong” dan air mengalir keluar ke dalam air ekor ketika roda berputar cukup untuk mengembalikan ember (Prayatno, 2007). Gambar kincir air tipe *overshoot* dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1. Kincir air *overshoot*
Sumber: <https://darwin1797.wordpress.com/>
 (tanggal akses : 17-September-2015)

Adapun keuntungan dari kincir air overshoot adalah sebagai berikut:

- a. Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85%.
- b. Tidak membutuhkan aliran yang deras.
- c. Konstruksi yang sederhana.
- d. Mudah dalam perawatan.
- e. Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.

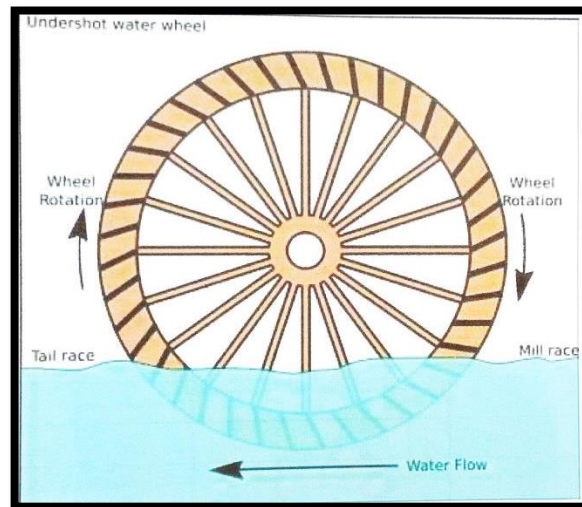
Adapun kerugian dari kincir air overshoot adalah sebagai berikut:

- a. Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan air, sehingga memerlukan investasi yang lebih banyak.
- b. Tidak dapat diterapkan untuk mesin putaran tinggi.
- c. Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.
- d. Daya yang dihasilkan relatif kecil.

2. Kincir Air Undershot

Pada kincir air jenis *undershot*, air masuk ke dalam bentuk pancaran air menumbuk sudu gerak yang membentuk *vanes*, di posisi roda kincir sewaktu berada di bawah atau dasar.

Roda kincir berputar hanya karena tumbukan air yang berbentuk pancran air pada sudu gerak. *Head* potensial dari air mula-mula diubah mejadi *head* kecepatan, sebelum air menumbuk sudu gerak. Tipe ini cocok di pasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata karena aliran yang dibutuhkan adalah aliran datar. Disini aliran air searah dengan arah putaran sudu-sudu (Prayatmo, 2007). Gambar kincir air tipe *undershoot* dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini:



Gambar 2. Kincir air *undershot*
 Sumber : <https://darwin1797.wordpress.com/>
 (tanggal akses : 17-September-2015)

Adapaun keuntungan dari kincir air undershot adalah sebagai berikut:

- a. Konstruksi lebih sederhana.
- b. Lebih ekonomis.
- c. Mudah untuk dipindahkan.

Adapaun kerugian dari kincir air undershot adalah sebagai berikut:

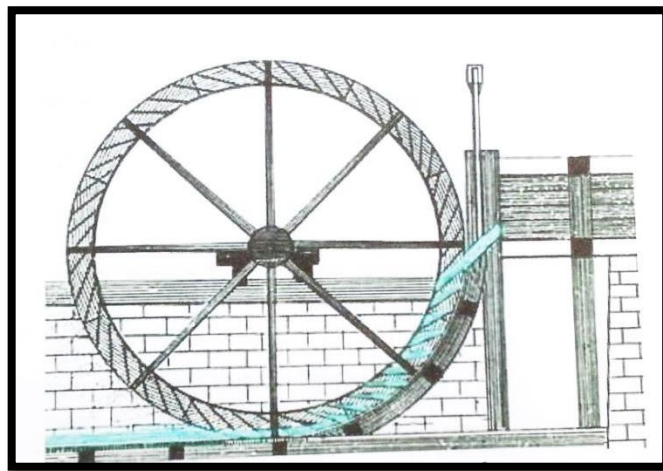
- a. Efisiensi kecil.
- b. Daya yang dihasilkan relatif kecil.

3. Kincir Air Breastshot

Kincir air tipe *breastshot*, air masuk ke sudu gerak diketinggian tengah-tengah roda kincir (*breast*). Roda kincir digerakkan oleh kombinasi gaya berat air dan dorongan air.

Air dialirkan dari permukaan atas (*headrace*) masuk ke sudu gerak dari roda kincir melalui sejumlah saluran, yang dibuka dan ditutup melalui mekanisme *rack* dan *pinion*, dan dirancang agar tidak timbul kejutan pada aliran. *Bucket* bergerak ke arah bawah karena gaya berat air, dan memutar roda kincir.

Beberapa hal khusus dari rancangan kincir air jenis *breastshot* adalah sebagian dari bawah roda kincir terendam atau berada di bawah permukaan air bawah (*tail race*) karena gerakan kearah yang sama dari roda kincir dan aliran permukaan air bawah, maka sewaktu air mengalir lebih lanjut, juga akan membantu memutar roda kincir. Karena itu dapat dikatakan roda kincir digerakkan oleh kombinasi gaya berat air dan sebagian karena dorongan air (Paryatmo, 2007). Gambar kincir air tipe *breastshot* dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini :



Gambar 3. Kincir air *breastshot*
Sumber : <https://darwin1797.wordpress.com/>
 (tanggal akses : 17-September-2015)

Adapun keuntungan dari kincir air Breastshot adalah sebagai berikut:

- a. Tipe ini lebih efisien dari tipe under shot.
- b. Dibandingkan tipe overshot tingginya lebih pendek.
- c. Dapat diaplikasikan pada sumber air aliran datar.

Adapun kerugian dari kincir air Breastshot adalah sebagai berikut:

- a. Sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe undershot (lebih rumit).
- b. Diperlukan dam pada arus aliran datar.
- c. Efisiensi lebih kecil dari pada tipe overshot.

Yang paling sesuai diterapkan pada kasus ini adalah Kincir air over-shot, seperti yang terlihat pada Gambar pertama.

2.2.4 Persamaan Desain Kincir Air

Untuk menghitung perancangan desain kincir air sudu tipe lengkung dapat digunakan persamaan 2-16 sebagai berikut (Yusri, 2004) :

1. Debit Aliran

Untuk menghitung debit aliran dapat ditentukan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Q = \frac{P}{g \times \rho \times H} \quad (2)$$

Dimana:

Q = Debit aliran (m³/s)

P = Daya (watt)

g = gaya gravitasi (m/s²)

H = *Head* pompa (m)

ρ = Densitas air (1000 kg/m³)

2. Kecepatan Aliran Dalam Pipa

Untuk menghitung energi kinetik air dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$v = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

Dimana:

v = Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

Q = Debit aliran (m³/s)

A = Luas penampang pipa (m²)

3. Head Efektif

Untuk menghitung luas penampang pipa dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$H_{eff} = H - H_{lose} \quad (4)$$

Dimana:

H = Head pompa (m)

H_{lose} = *Head lose* (m)

4. Kecepatan Aliran Keluar *Nozzle*

Untuk menghitung kecepatan aliran air keluar *nozzle* dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Streeter,1994) :

$$v = Kv\sqrt{2gh} \quad (5)$$

Dimana:

v = kecepatan aliran air (m/s)

g = gravitasi (m/s²)

h = beda ketinggian (m)

Kv= koefisien kecepatan air (0,98)

5. Diameter *Nozzle*

Untuk menghitung Diameter *nozzle* dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$dn = \sqrt{\frac{Q}{\frac{1}{4}\pi v}} \quad (6)$$

Dimana:

dn = Diameter *nozzle* (inch)

Q = Debit aliran (m³/s)

v = kecepatan aliran air keluar *nozzle* (m/s)

6. Daya Pompa

Untuk menghitung daya pompa dapat digunakan persamaan *the banki water turbine* berikut (C.A. Mockmore, 1949) :

$$P = \rho \times Heff \times Q \times g \quad (7)$$

Dimana:

ρ = Densitas air (1000 kg/m³)

Heff = Head efektif (m)

Q = Debit aliran (m³/s)

g = gaya gravitasi (m/s²)

7. Jarak antar sudu kincir

Untuk menghitung jarak antar sudu kincir maka dapat digunakan persamaan berikut (C.A. Mockmore, 1949):

$$S = k \times D$$

Dimana :

S = Jarak antar sudu kincir (cm)

D = Diameter luar kincir (cm)

Sehingga,

$$t = S / \sin \beta \quad (8)$$

8. Jumlah sudu

Untuk menghitung jumlah putaran kincir maka dapat digunakan persamaan berikut (C.A. Mockmore, 1949):

$$n = \frac{\pi \cdot D}{l} \quad (9)$$

Dimana:

n = jumlah sudu

D = diameter kincir (m)

l = jarak antar sudu (m)

9. Transmisi Mekanik Kincir

Untuk menghitung kecepatan keliling kincir dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Nababan, 2012) :

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (10)$$

Dimana:

ω_1 = Putaran kincir (rpm)

ω_2 = Putaran generator (rpm)

D₁ = Diameter puli kincir (cm)

D₂ = Diameter puli generator (cm)

10. Daya Maksimum Kincir

Untuk menghitung daya maksimum kincir dapat digunakan persamaan sebagai berikut (*Ceri Steward Poea, 2013*) :

$$P_o = \frac{\gamma}{g} Q \cdot c_1 \times (u_1 \cdot c_1)^2 \times (1 + \Psi) \quad (11)$$

Dimana:

P_o = Daya maksimum kincir (watt)

$\frac{\gamma}{g}$ = Densitas air (kg/m^3)

u_1 = Kecepatan tangensial sudu kincir (m/s)

c_1 = Kecepatan absolut fluida masuk (m/s)

Ψ = Konstanta 0,98

11. Effisiensi Maksimum Kincir

Untuk menghitung effisiensi maksimum kincir dapat digunakan persamaan sebagai berikut, (*Danny Siahaan, 2009:22*):

$$\eta = \frac{1}{2} \cdot C^2 \cdot ((1 + \Psi) \cdot \cos \alpha_1) \quad (12)$$

Dimana:

η = Effisiensi maksimum kincir (%)

C = Konstanta 0,98

Ψ = Konstanta 0,98

α_1 = Sudut *nozzle* ($^\circ$)

12. Gaya Mekanik pada Kincir

Untuk menghitung jumlah gaya mekanik kincir dapat digunakan persamaan sebagai berikut (*Juneidy Morong, 2016*):

$$F = \frac{\rho P l v^2}{2 g} \quad (13)$$

Dimana:

F = Gaya Mekanik (N)

ρ = Densitas air (1000 kg/m^3)

p = Panjang (m)

l = lebar (m)

v = kecepatan air keluar *nozzle* (m/s)

13. Torsi Kincir.

Untuk menghitung torsi kincir dapat digunakan persamaan sebagai berikut
(*Finnemore dan Franzini, 2006*):

$$T = F \times r \quad (14)$$

Dimana:

T = Torsi kincir (N.m)

F = Gaya mekanik kincir (N)

r = Jari-jari kincir (m)

14. Effisiensi Mekanik Kincir

Untuk menghitung effisiensi mekanik kincir dapat digunakan persamaan sebagai berikut, (*Juneidy Morong, 2016*):

$$\eta = \frac{P_{mk}}{P_{pompa}} \quad (15)$$

Dimana :

η = Effisiensi mekanik kincir (%)

P_{mk} = Daya mekanik kincir (watt)

P_{pompa} = Daya pompa (watt)

15. Effisiensi Sistem Pembangkit

Untuk menghitung effisiensi sistem pembangkit yang dihasilkan dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\eta_{sp} = (P_{alt}/P_{pompa}) \times 100 \% \quad (16)$$

Dimana:

η_{sp} = Effisiensi sistem pembangkit (%)

P_{alt} = Daya alternator (watt)

P_{pompa} = Daya pompa (watt)

2.3. Pipa Pesat (*Nozzle*)

Nozzle adalah alat atau perangkat yang dirancang untuk mengontrol arah atau karakteristik dari aliran fluida (terutama untuk meningkatkan kecepatan) saat keluar (atau memasuki) sebuah ruang tertutup atau pipa. Sebuah *nozzle* sering berbentuk pipa atau tabung dari berbagai variasi luas penampang, dan dapat digunakan untuk mengarahkan atau memodifikasi aliran fluida (cairan atau gas). *nozzle* sering digunakan untuk mengontrol laju aliran, kecepatan, arah, massa, bentuk, dan / atau tekanan dari aliran yang muncul. Kecepatan *nozzle* dari fluida meningkat sesuai energi tekanannya. Prinsip utama penggunaan nozel untuk fluida air atau tak mampat menggunakan prinsip hukum kontinuitas yaitu kekekalan massa atau menggunakan prinsip Bernouli dengan pengaruh ketinggian (*Head*). (Maria dkk, 2014). Adapun gambar *nozzle* dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Nozel air

Sumber : (Maria dkk, 2014)

2.3.1 Klasifikasi Jenis-Jenis *Nozzle*

Klasifikasi jenis-jenis *nozzle* air (Maria dkk, 2014) sebagai berikut:

a. *Nozzle jet*

Nozzle jet memiliki diameter yang lebih besar dan tekanan yang lebih rendah pada bagian input dari pada bagian output yang memiliki diameter lebih kecil dan tekanan yang lebih besar akibat pengecilan diameter.

b. *Nozzle Magnetik*

Magnetic nozzle juga telah diusulkan untuk beberapa jenis penggerak, di mana aliran plasma diarahkan oleh medan magnet, bukan dinding yang terbuat dari materi padat.

c. *Nozzle Spray*

Nozzle spray memiliki prinsip kerja yang hampir sama dengan nozel jet namun memiliki diameter yang lebih kecil dan terjadi perluasan aliran output fluida atau memecah aliran fluida (aerosol).

2.3.2 Pengaruh Variasi Diameter *Nozzle* Terhadap Daya yang Dihasilkan

Suatu *nozzle* mempunyai ukuran tertentu, dalam hal ini diameter *nozzle* tersebut. Diameter *nozzle* sangat berpengaruh kepada dimensi dari konstruksi suatu kincir air maupun turbin air. Variasi diameter *nozzle* juga berpengaruh pada daya dan efisiensi yang dihasilkan dari suatu kincir air. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Supardi,dkk daya terbesar yang dihasilkan dari suatu kincir air terjadi pada variasi diameter *nozzle* 6 mm. (Supardi dkk,2015). Tabel hasil pengujian penelitian yang dilakukan oleh Supardi dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Hasil Pengujian

Variabel	$d_{nozzle} = 0.006 \text{ m}$			$d_{nozzle} = 0.009 \text{ m}$		
	D = 0.15 m	D = 0.17 m	D = 0.19 m	D = 0.15 m	D = 0.17 m	D = 0.19 m
Q (m ³ /s)	0,00044			0,00053		
V _{nozzle} (m/s)	15,63			8,32		
H _p (m)	11,51			4,07		
P _{air} (watt)	56,29			21,17		
N _t (RPM)	1250	1140	1050	850	770	710
u _{runner} (m/s)	9,81	10,14	10,44	6,67	6,85	7,06
F _t (N)	5,047	4,761	4,502	1,715	1,53	1,312
ω (rad/s)	130,8	119,32	109,9	88,9	80,59	74,3
P _{turbine} (watt)	49,53	48,28	47,01	11,44	10,48	9,26
η _{turbine} (%)	87,97	85,77	83,49	54,04	49,5	43,75
V _{ukur} (volt)	8,8	7,4	6,9	6	5,2	4,7
I _{ukur} (A)	1,2	1,2	1,2	1	1	1
P _{gen} (watt)	10,6	8,88	8,28	6	5,2	4,7
η _{gen} (%)	21,32	18,38	17,61	52,43	52,43	50,73

Sumber : Jurnal kaji eksperimental pengaruh variasi diameter nozel dan diameter runner terhadap daya dan efisiensi (Supardi dkk,2015)

Sedangkan berdasarkan penelitian lainnya yang dilakukan oleh Sri Poernomo, 2015 ukuran nozzle sangat berpengaruh terhadap nilai daya listrik yang dihasilkan, karena secara teori diameter nozzle yang besar akan mengalirkan fluida lebih banyak dan menciptakan laju aliran fluida yang besar juga untuk dapat memutar turbin dan dapat menghasilkan putaran yang tinggi sehingga tercipta daya listrik yang besar juga yang keluar dari alternator. Untuk diameter nozzle 7 mm daya yang dihasilkan sebesar 1,62 watt sedangkan untuk diameter 9 mm daya yang dihasilkan sebesar 2,54 watt. Semakin besar ukuran diameter nozzle maka akan berpengaruh terhadap besarnya debit aliran kecepatan fluida, laju aliran fluida dan putaran poros turbin sehingga besar pula input daya listrik yang akan tercipta dan membuat alternator berputar semakin cepat sehingga menciptakan aliran listrik yang besar pula (Sri Poernomo, 2015).

2.3.3 Pengaruh Variasi Sudut Nozzle Terhadap Daya yang Dihasilkan

Rotasi kincir air dipengaruhi oleh panjang *nozzle*, *nozzle* yang lebih pendek dengan akan menghasilkan putaran yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa koefisien *nozzle* yang digunakan mempengaruhi putara alternator, dimana pengukuran putaran tertinggi diperoleh pada sudut *nozzle* adalah $56,25^\circ$ (Ibi Antonius,dkk 2015) yang dapat dilihat pada tabel 3 dibawah :

Tabel 3. Tabel RPM Kincir Terhadap Sudut dan Panjang *Nozzle*

Blade	Angle Position	P=12	P=10	P=8	P=5	P=3
1	0	49,425	56,333333	52,758333	55,51667	53,95
2	11,25	48,866667	54,5	55,791667	54,14167	59,791667
3	22,5	49,2	49,616667	53,633333	56,06667	62,05
4	33,75	47,758333	52,466667	55,325	51,20833	63,166667
5	45	45,516667	49,266667	51,758333	49,85	64,025
6	56,25	44,191667	48,233333	52,058333	48,14167	68,316667
7	67,5	40,866667	44,616667	48,333333	45,80833	50,958333
8	78,75	30,566667	41,983333	47,175	38,10833	34,883333
9	90	27,65	38,491667	43,508333	33,225	0
10	101,25	26,683333	33,583333	38,275	28,81667	0
11	112,5	20,183333	27,558333	34,158333	25,58333	0

Sumber : Jurnal (Ibi Antonius,dkk 2015)

Salah satu komponen penting pada sistem mikrohidro adalah *nozzle*. *Nozzle* sangat dipengaruhi oleh sudut *nozzle*, karena sudut *nozzle* dapat mempengaruhi energi kinetik yang dihasilkan. Untuk itu dilakukanlah suatu penelitian dengan variasi sudut *nozzle* 25°, 30° dan 35°. Hasil pengukuran dihitung putaran, arus, tegangan, dan daya listrik yang dihasilkan. Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa pada sudut 35° adalah titik efisien tertinggi daya listrik yang dihasilkan. Hal ini juga dipengaruhi oleh laju alir fluida yang semakin besar akan menghasilkan daya yang semakin tinggi. (Naif Fuhaid, 2012).

2.4. Alternator

Alternator adalah peralatan elektromekanis yang mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik arus bolak-balik. Pada prinsipnya, generator listrik arus bolak-balik disebut dengan alternator.

2.4.1 Bagian Komponen Alternator dan Fungsinya

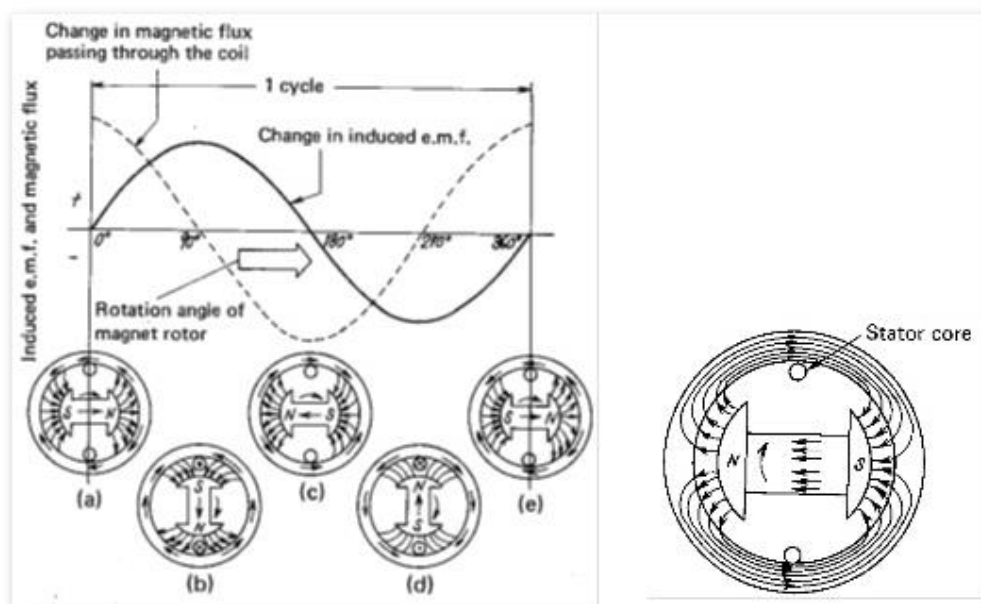
Bagian komponen alternator antara lain adalah cover alternator, pulley, bearing, regulator, brush holder, dioda dan rotor coil yang masing-masing komponen memiliki fungsinya sendiri-sendiri.

1. **Cover Alternator** : memiliki fungsi sebagai wadah dari seluruh komponen dalam alternator dengan bentuk berlubang, lubang ini pun memiliki fungsi utama sebagai pendingin agar mesin tidak terbakar, rusak, overheating.
2. **Pulley alternator** : Adalah sebuah roda yang nantinya dihubungkan dengan belt sehingga pulley berputar memutar rotor coil didalamnya.
3. **Bearing** : pada alternator terdapat beberapa bearing yang fungsinya adalah untuk dukungan ujung-ujung rotor coil sebagai tumpuan berputar. Bila komponen ini sampai rusak biasanya tanda yang umum adalah munculnya bunyi berisik di bagian alternator layaknya bunyi tikus yang mencicit.
4. **Regulator** : memiliki fungsi utama sebagai Pengatur tegangan output / tegangan yang dihasilkan oleh alternator agar selalu tetap sehingga bila rpm mesin naik setinggi langit sekalipun tegangan yang keluar ini masih tetap. Bila komponen ini sampai rusak tanda umum yang terjadi adalah rusaknya beberapa peralatan listrik pada mobil, rusaknya aki dan lain sebagainya.

5. **Dioda** : berfungsi sebagai penyearah arus bolak bali yang dihasilkan oleh alternator menjadi tegangan searah yang kemudian akan didistribusikan ke komponen yang membutuhkan listrik, termasuk salah satunya adalah Aki tadi.
6. **Rotor Coil** : Adalah sebuah gulungan atau lilitan yang memiliki fungsi mengubah energi magnetik menjadi energi listrik yang kemudian diolah dan disalurkan menuju brush - dioda - dan seterusnya.

2.4.2 Prinsip Kerja Alternator

Pada alternator ditandai dengan tidak adanya magnet tetap, dengan demikian alternator harus diberikan arus listrik awal agar tercipta medan magnet. Bagian yang berputar pada alternator disebut rotor coil atau field coil yang sekaligus sebagai pembangkit medan magnet bila coil tersebut dialiri arus. Sedangkan bagian yang diam disebut Stator coil atau armature coil. Armature coil inilah yang kemudian akan mengeluarkan arus listrik bila field coil berputar. Flux yang melalui stator coil akan berubah perlahan-lahan seperti pada gambar 5 berikut ini :



Gambar 5. Skema Kerja Alternator

Sumber : <http://blandong.com/prinsip-kerja-alternator/>

Ketika rotor diputar searah jarum jam, maka induksi gaya gerak listrik akan maksimum pada 90° dan 270° serta akan minimum pada 180° dan 360° , dengan demikian arus listrik selalu berbeda polaritas setiap 180° . Polaritas yang demikian ini disebut dengan arus bolak-balik atau Alternating Current.

2.4.3 Jenis-Jenis Alternator

Jenis-jenis alternator adalah sebagai berikut :

1. Brushed

Alternator brushed yaitu alternator yang menggunakan brush yang menjadi media untuk menghantarkan arus ke field coil alternator.

2. Brushless

Alternator brushless yaitu alternator yang tidak menggunakan brush untuk media menghantarkan arus ke field coil alternator, tetapi dengan mengubah konstruksi alternator sehingga field coil tidak ikut berputar dengan rotor sedangkan yang ikut berputar dengan rotor adalah kutub magnet (inti besinya saja).

3. Bearingtest

Selalu gantilah bearing ketika melakukan overhaul alternator. Jika penggantian front bearing disegel pada satu sisi saja, buka sisi terdekat kipas saja. Jika penggantian rear bearing disegel pada satu sisi saja, buka sisi yang jauh dari kipas.

4. Brushtest

Yakinkan bahwa panjang brush lebih dari $7/32''$ (5,25 mm). Ganti jika perlu. Lepas brush dari regulator, pasang brush baru. Cegah jangan sampai timah masuk ke dalam brush lead. Brush harus bebas meluncur dalam brush holder dengan tekanan spring normal 10-14 OZS (283-397 g).

2.5. Pompa

Pompa merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Kenaikan tekanan cairan tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan-hambatan

pengaliran. Hambatan-hambatan pengaliran itu dapat berupa perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian atau hambatan gesek.

2.5.1 Klasifikasi Pompa

Klasifikasi pompa secara umum dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu pompa kerja positif (*positive displacement pump*) dan pompa kerja dinamis (*non positive displacement pump*).

A. Pompa pemindah positif (*positive displacement pump*)

Pompa jenis ini merupakan pompa dengan ruangan kerja yang secara periodik berubah dari besar ke kecil atau sebaliknya, selama pompa bekerja. Energi yang diberikan kepada cairan ialah energi potensial, sehingga cairan berpindah volume per volume. Yang termasuk dalam kelompok pompa pemindah positif antara lain :

1. Pompa Reciprocating
 - Pompa torak
 - Pompa plunger
2. Pompa Diaphragma
3. Pompa Rotari

B. Pompa kerja dinamis (*non positive displacement pump*)

Pompa jenis ini adalah suatu pompa dengan volume ruang yang tidak berubah pada saat pompa bekerja. Energi yang diberikan pada cairan adalah energi kecepatan, sehingga cairan berpindah karena adanya perubahan energi kecepatan yang kemudian dirubah menjadi energi dinamis di dalam rumah pompa itu sendiri. Yang termasuk dalam kelompok pompa kerja dinamis antara lain:

1. Pompa kerja khusus
 - a. Pompa Jet
 - b. Pompa Hydran
 - c. Pompa Elektromagnetik
2. Pompa Sentrifugal (*Centrifugal Pumps*)
3. Pompa Aksial

2.5.2 Jet Pump

Jet pump adalah pompa yang mempunyai prinsip kerja dimana sebagian debit pompa yang keluar dikembalikan ke saluran isap. Sebagian debit dari pompa sentrifugal akan dikembalikan ke jet pump yang nantinya akan digunakan sebagai primary flow untuk mendorong fluida pada secondary flow ke atas.

Prinsip Kerja Jet pump yaitu pada jet pump, fluida dialirkan melalui nozzle dimana arus mengecil karena perubahan penampang nozzle, difuser yang membesar secara perlahan ditempatkan didekat mulut nozzle dalam ruang isap, karena kecepatan arus yang meninggalkan mulut nozzle bertambah besar maka tekanan dalam arus akan turun, demikian pula didalam ruang isap. Pada difuser kecepatan berkurang sehingga tekanan naik kira-kira mendekati tekanan atmosfer (apabila fluida dibuang menuju atmosfer). Akibat kejadian tersebut maka tekanan dalam ruang isap juga menurun dibawah tekanan atmosfer, istilahnya terbentuk sedikit vakum yang menyebabkan zat cair dari bejana bawah tersedot naik kedalam ruang isap dan terjebak oleh arus fluida yang menyembrot dari mulut nozzle. (Diunduh <http://mesin.ub.ac.id/jurnal/jurnal/download.php?id=7>).