

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Kincir Air

Kincir Air merupakan salah satu media untuk membangkitkan energi listrik melalui tenaga air. Untuk menghasilkan energi listrik yang optimum, diperlukan sebuah kincir air dengan kinerja yang efektif dan efisien. Kinerja dari sebuah kincir air dapat dipengaruhi oleh beberapa parameter, diantaranya adalah bentuk geometri sudu, kecepatan aliran air, jumlah sudu yang terpasang. Selain itu juga diperlukan kesesuaian antara kincir air dengan sistem alirannya.

Kincir air sudah sejak lama dimasyarakatkan. Teknologi sederhana, material yang digunakan sangat sederhana untuk membuat jenis kincir air, tetapi untuk operasi pada tinggi jatuh air yang besar biasanya kincir air dibuat dengan besi. Prinsip kerja kincir air adalah merubah sebagian atau keseluruhan tenaga dinamik dari aliran air menjadi tenaga mekanik. Kincir air berputar pada suatu bidang datar, dimana putaran kincir terjadi akibat adanya kecepatan dan massa air yang mengenai/menimpah sudu-sudu pada kincir sehingga kincir berputar. Kincir air merupakan sarana untuk membuat atau mengubah energi air potensial menjadi energi kinetik dimana kincir air terdiri dari poros, lingkaran roda yang dilengkapi dengan tabung dan sudu-sudunya yang dipasang disekelilingi roda.

2.2 Prinsip Kerja Kincir Air

Kincir air sudah sejak lama digunakan untuk tenaga industri. Pada mulanya dipertimbangkan adalah ukuran kincirnya yang membatasi debit dan head yang dapat dimanfaatkan. Perkembangan kincir air menjadi turbin modern membutuhkan

jangka waktu yang cukup lama. Perkembangan yang dilakukan dalam waktu revolusi industri menggunakan metode dan prinsip ilmiah. Mereka juga mengembangkan teknologi material dan metode produksi baru pada saat itu. Kincir air merupakan sarana untuk merubah energi air menjadi energi mekanik berupa torsi pada poros kincir. Dengan adanya ketersediaan material baru seperti besi tuang serta bertambahnya kebutuhan daya mekanik selama revolusi industri, bertambahnya dalam bidang hidrolik.

Oleh sebab itu penggunaan turbin air dibandingkan dengan kincir air. Hal ini disebabkan karena turbin air memiliki keuntungan-keuntungan bila dibandingkan dengan kincir air antara lain:

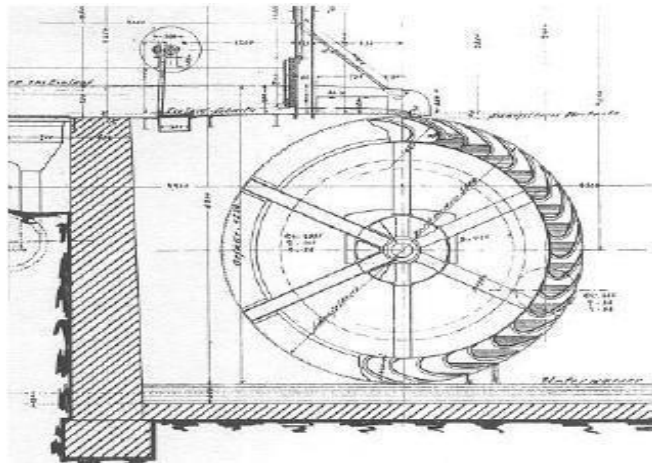
1. Mempunyai efisiensi yang lebih tinggi
2. Mampu membangkitkan daya yang lebih besar
3. Mampu memanfaatkan benda dengan ketinggian permukaan air dari yang sangat rendah sampai yang paling tinggi
4. Dapat bekerja terendam didalam air
5. Dapat beroperasi dengan kecepatan tinggi

Tetapi walaupun begitu, penggunaan kincir air sampai sekarang masih tetap ada, karena mempunyai kelebihan juga dibandingkan dengan turbin air, yaitu konstruksinya yang sederhana dan murah serta mudah dalam perawatannya.

2.3 Klasifikasi Kincir Air

2.3.1 Kincir air *Overshot*

Kincir air *Overshot* bekerja bila air yang mengalir jatuh ke dalam bagian sudu-sudu sisi bagian atas dan karna gaya berat air roda kincir berputar. Kincir air *Overshot* adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain. (Hendarto P, 2012)



Gambar 2.1. Kincir air tipe *Overshot*

Sumber : (Hendarto P, 2012)

Keuntungan :

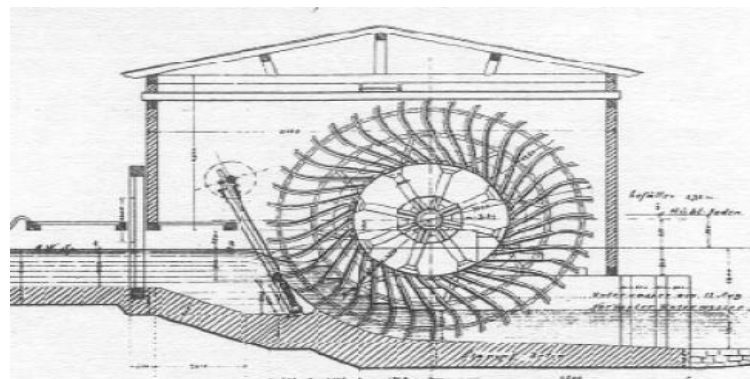
- a. Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85 %
- b. Tidak membutuhkan aliran yang deras.
- c. Konstruksi yang sederhana
- d. Mudah dalam perawatan
- e. Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir

Kerugian :

- a. Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan sir memerlukan investasi lebih banyak
- b. Tidak dapat untuk mesin putaran tinggi
- c. Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan

2.3.2 Kincir Air *Undershot*

Kincir air Undershot bekerja bila air yang mengalir menghantam dinding sudu yang teletak pada bagian bawah dari kincir air. Kincir air tipe Undershot tidak mempunyai tambahan keuntungan dari head. Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. Tipe ini disebut juga dengan ‘‘vitruvian’’. Disini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir. (Hendarto P, 2012)



Gambar 2.2. Kincir air tipe *Undershot*

Sumber : (Hendarto P, 2012)

Keuntungan:

- a. Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.
- b. Konstruksi lebih sederhana
- c. Lebih ekonomis
- d. Mudah untuk dipindahkan

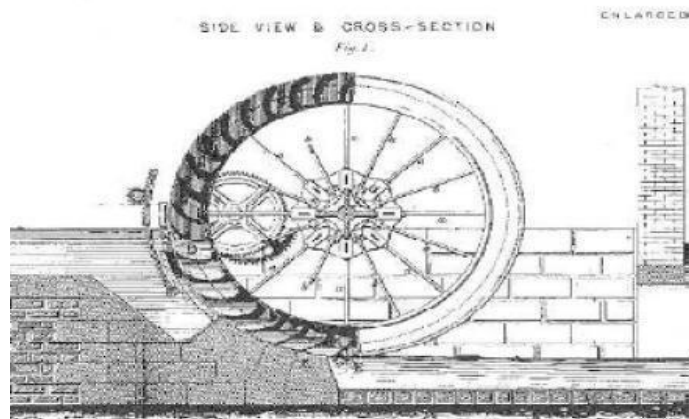
Kerugian:

- a. Efisiensi kecil (25%-70%)

- b. Daya yang dihasilkan relative kecil

2.3.3 Kincir air *Breastshot*

Merupakan perpaduan antara tipe Overshot dan undershot dilihat dari energi yang diterimanya. Jarak tinggi jatuhnya tidak melebihi diameter kincir, arak aliran air disekitar sumbu poros dari kincir air. Kincir air jenis ini memperbaiki kinerja dari kincir air tipe undershot. (Hendarto P, 20120



Gambar 2.3. Kincir air tipe *Breastshot*

Sumber : (Hendarto P, 2012)

Keuntungan:

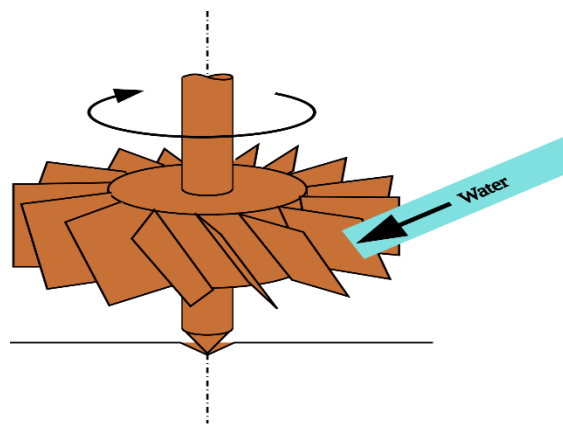
- a. Tipe ini lebih efisiensi dari tipe udershot
- b. Dibandingkan tipe overshot tinggi jatuhnya lebih pendek
- c. Dapat diaplikasikan pada sumber air aliran rata

Kerugian:

- a. Sudu-sudu dari tipe ini tidak rata (lebih rumit)
- b. Diperlukan pada arus aliran rata
- c. Efisiensi lebih kecil daripada tipe overshot (20% - 75%)

2.3.4 Kincir Air *Tub*

Kincir air *tub* merupakan kincir air yang kincirnya diletakkan secara horizontal dan sudu-sudunya miring terhadap garis vertikal dan tipe ini dibuat lebih kecil dari tipe *overshot* maupun tipe *undershot*.



Gambar 2.4 Kincir Air *Tub*

Sumber : (Hendarto P, 2012)

Karena arah gaya dari pancuran air miring, maka energi yang diterima oleh kincir berupa energi potensial dan energi kinetik.

Keuntungan dari kincir air *tub* yaitu :

1. Memiliki konstruksi yang lebih ringkas
2. Kecepatan putarnya lebih cepat

Kerugian dari kincir air *tub* yaitu :

1. Tidak menghasilkan daya yang besar
2. Karena komponennya kecil, maka membutuhkan tingkat ketelitian yang tinggi.

2.4 Kincir Air sebagai Pembangkit Listrik

Kincir air digerakkan oleh tenaga aliran air yang beraliran deras yang dapat menyebabkan terdorongnya sudu-sudu kincir sehingga kincir berputar pada porosnya, yang kemudian pada poros kincir dipasang puli. Dimana putaran dari puli akan di teruskan ke generator menggunakan sabuk. Putaran tersebut akan memutar kumparan dari generator yang akan mendorong garis-garis medan magnetnya. Gerakan inilah yang menimbulkan gaya gerak listrik (GGL).

Ribuan tahun yang lalu manusia telah memanfaatkan tenaga air untuk beberapa keperluan, misalnya untuk menaikkan air keperluan irigasi, menggiling padi dan sebagainya. Di daerah, misalnya dari bambu atau kayu dengan diameter yang besar masih dapat di lihat di sungai Hoang Ho (China), sungai Nil (Mesir) sungai Eufрат (Irak). (Patty, 1995)

Efisiensi roda air yang dijalankan oleh aliran air tanpa menggunakan seluruh potensi air yang terdapat dalam sungai, tertentu kecil sekali. Perbaikan cara ini dilakukan pada abad ke-15. Untuk menjalankan roda, dibuat saluran tersendiri dengan tiga macam roda air, sehingga menumbuk roda pada bagian atas, pada bagian tengah atau bagian bawahnya. Pembangkit Listrik tipe Kincir air sangat mudah untuk digunakan pada kondisi debit air (Q), karena ada tiga tipe kincir air maka pemilihan kincir sangat efektif dalam melihat keunggulan dan kerugian dari masing-masing kincir.

2.5 Konsep Dasar Perhitungan

Konsep perhitungan yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Luas penampang sudu A (m^2)

Debit dapat didefinisikan sebagai volume air yang mengalir setiap detik (m^3/s), dimana debit aliran air dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$A_{\text{sudu}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

A = Luas penampang sudu (m^2)

D = Diameter dalam (m)

h = Tinggi (m)

2. Debit air (Q)

Debit dapat didefinisikan sebagai volume air yang mengalir setiap detik (m^3/s) dimana debit aliran air dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$Q = A_{\text{sudu}} \cdot V \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

Q = Debit air (m^3/s)

V = Kecepatan aliran (m/s)

A = Luas penampang (m^2)

3. Head Mekanis (H)

Head efektif aliran sungai dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$H = H_D + H_S \dots \dots \dots (2.3)$$

$$= \frac{v^2}{2 \cdot g} + H_S \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

H = Tinggi jatuh air (m)

H_D = Percepatan gravitasi (m)

H_S = Percepatan aliran (m)

v = Kecepatan aliran (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

4. Daya air P_a ($Watt$)

Karena aliran air berasal dari energi air jatuh (energi potensial) dan energi air mengalir (energi kinetik) maka besarnya aliran air yang merupakan potensi sumber air dari energi air pada suatu wilayah, ditentukan melalui persamaan berikut:

$$P_a = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

P_a = Daya air (W)

ρ = Massa Jenis Air (kg/m^3)

H = Head mekanisme (m)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

$$Q = \text{Debit air } (m^3/s)$$

5. Gaya F (N)

Untuk menghitung gaya maka digunakan persamaan berikut:

$$F = m \cdot g \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

F = Gaya yang terjadi (N)

m = Massa benda (kg)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

6. Torsi τ (Nm)

Torsi dapat diperoleh dengan menggunakan sistem pengereman dengan menggantung beban pada pully yang berputar. Untuk menghitung menghitung torsi maka digunakan persamaan berikut:

$$T = F \cdot r \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

τ = Torsi (Nm)

F = Gaya (N)

r = Jari-jari pully (m)

7. Kecepatan sudut (ω)

Untuk menghitung kecepatan angular atau kecepatan sudut maka digunakan persamaan:

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

Keterangan:

ω = Kecepatan sudut

n = Putaran turbin (rpm)

$\pi = 3,14$

8. Daya turbin P_t (Watt)

$$P_t = \tau \times \omega \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan:

p_t = Daya turbin (Watt)

τ = Torsi (Nm)

9. Efisiensi turbin η (%)

Rumus efisiensi turbin yaitu:

$$\eta = \frac{p_t}{p_{air}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan:

η = Efisiensi turbin (%)

P_t = Daya turbin (Watt)

P_a = Daya air (Watt)

2.6 Jurnal Rujukan

Budiarso Helmizar dkk, (2020) Kincir air *backshot* merupakan salah satu solusi untuk meningkatkan rasio elektrifikasi di daerah terpencil. Namun studi kelayakan kincir air *backshot* pada kondisi sungai belum dilakukan. Penelitian ini menguji kinerja kincir air *backshot* pada kondisi sungai yang mempunyai *head* 0,26 dan tingkat debit 0,09708 m^3/s . Pengujian mekanikal dan elektrikal dilakukan

untuk mengetahui efisiensi maksimum yang dapat dihasilkan oleh turbin ini. Uji mekanis menunjukkan hasil sebagai berikut: tingkat daya maksimum 112,6 W (efisiensi 45,5%), torsi 77,9 Nm, dan putaran 13,8 rpm. Pengujian kelistrikan menghasilkan daya listrik sebesar 11,38 W (efisiensi 4,6%) dengan tegangan 34,48 V dan arus 0,33 A. Berdasarkan hasil pengujian, kincir air *backshot* dapat digunakan sebagai pembangkit listrik mandiri di daerah terpencil karena efisiensinya. Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa turbin ini tidak terpengaruh secara signifikan oleh sampah (sampah rumah tangga) yang ada di dalam air

Slamet Priyoatmojo, F Gatot Sumarno, Ahmad Hamim Su'udy. (2021). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja kincir air *undershot* dengan modifikasi saluran hidrolik. Pengujian dilakukan pada kincir air *undershot* dengan diameter 0,48 m, lebar 0,10 m dan jumlah sudu 12. Bendung 0,24 m, panjang *headrace* 0,1 m dengan debit aliran 0,105 m³/s dengan variasi bukaan pintu air 0,06 hingga 0,12 m dan *flow guide* 30° untuk mengetahui torsi, tenaga dan efisiensi roda. Semakin besar bukaan pintu air maka kecenderungan puntir, tenaga dan efisiensi semakin meningkat. Pada setiap pembukaan pintu air, daya dan efisiensi meningkat hingga nilai maksimum kemudian cenderung menurun. Penggunaan *flow guide* 30° pada modifikasi saluran hidrolik yang dilakukan pada penelitian ini, belum mampu meningkatkan daya keluaran dan efisiensi roda.

Aryo Hendarto P. Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah diperoleh, karena air merupakan energi potensial (pada air yang jatuh) dan adanya energi kinetik pada air yang mengalir. Energi ini dapat diubah menjadi

sumber energi yang dapat menghasilkan listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang bentuk prototipe kincir air berdasarkan kecepatan aliran air yang diperoleh dari sungai barabai di Kabupaten Hulu Sungai Selatan Provinsi Kalimantan Selatan. Metodologi yang digunakan dalam penelitian adalah metode kuantitatif dan metode eksperimen. Dari penelitian diketahui kecepatan aliran air sungai Barabai 1 m/s, debit air 0,00204 m³/s dan daya air 1,020 Watt. Sedangkan dari prototipe kincir air diperoleh putaran kincir air sebesar 181 rpm, torsi kincir air sebesar 0,0088 Nm dan daya kincir air sebesar 167 Watt. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan jika skala kincir air diperbesar maka kekuatan kincir air akan meningkat