

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Kincir air merupakan pembangkit listrik tenaga air yang tepat untuk dikembangkan di desa ini yang mayoritas penduduknya belum menikmati listrik. Konstruksinya sederhana, murah dan mudah dalam perawatannya. Selain dapat digunakan sebagai pembangkit listrik yang kecil, torsi yang dihasilkan dapat digunakan secara langsung untuk penggilingan, pengairan, penggergajian dan lain sebagainya. Namun lebar sungai yang relatif sempit menjadikan dimensi/ukuran lebar kincir terbatas atau diperlukan kincir air dengan dimensi optimal untuk mendapatkan daya besar dengan efisiensi yang tinggi.

**M Zahri Kadir dan Bambang (2010)** melakukan penelitian eksperimental mengenai sebuah kincir air *undershot* tipe sudu datar yang ditempatkan mengambang di atas sungai dengan memvariasikan tinggi sudu untuk lebar sudu tetap. Dimana sungai yang digunakan adalah sungai di Desa Keman, Kecamatan Pampangan, Kabupaten Ogan Komering Ilir. Sungai tersebut mempunyai kecepatan arus pada keadaan pasang mencapai 2 m/s atau setara dengan daya air 4 kW/m<sup>2</sup>. Kedalaman air sungai lebih kurang 2,5 m dan lebar sungai rata-rata 3 m. Pada kehidupan sehari-hari sungai ini sebagai sumber air bersih dan sarana transportasi bagi penduduk.

Pada penelitian tersebut konstruksi kincir yang digunakan semuanya terbuat dari kayu terdiri dari dua roda berdiameter 1 m, satu poros, dengan ukuran lebar sudu 50 cm dan variasi tinggi sudu 3 macam yaitu 8 cm, 16 cm, 24 cm dan dengan variasi jumlah sudu 4 buah dan 8 buah tiap roda kincir.

Pada penelitian ini didapatkan pengaruh tinggi sudu terhadap kinerja kincir air untuk lebar sudu tetap. Daya maksimum kincir terletak pada harga tinggi sudu tertentu, sedangkan efisiensi kincir akan semakin tinggi jika tinggi sudu semakin kecil. Pada pengujian ini, daya maksimum tercapai pada tinggi sudu 16 cm baik untuk jumlah sudu 4 buah ataupun untuk jumlah sudu 8 buah sedangkan efisiensi maksimum dicapai pada tinggi sudu 8 cm, baik untuk jumlah sudu 4 buah ataupun 8 buah.

## 2.2 Turbin Air

### 2.2.1 Definisi Turbin Air

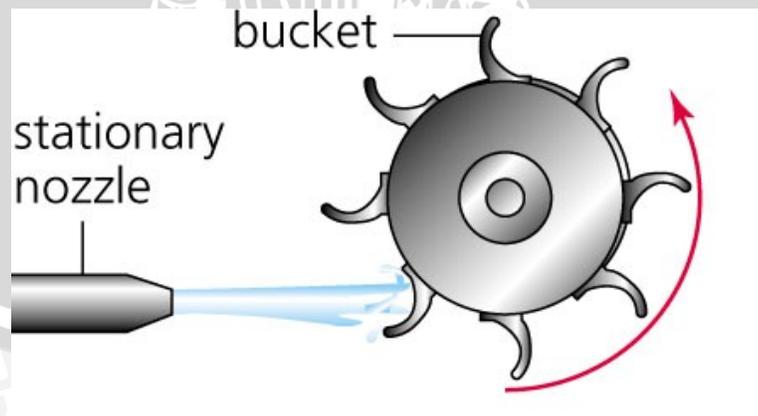
Turbin air adalah mesin konversi energi yang berfungsi untuk merubah/mengkonversi energi potensial (*head*) yang dimiliki oleh air ke bentuk energi mekanik pada poros turbin. Energi potensial yang tersimpan pada air yang diam pada ketinggian tertentu, energi tersebut dapat dirubah menjadi energi kinetik pada sudu turbin, kemudian energi kinetik tersebut akan dikonversi menjadi energi mekanik pada poros turbin.

### 2.2.2 Klasifikasi Turbin Air

Turbin air dapat diklasifikasikan dalam beberapa cara namun yang paling umum adalah berdasarkan perubahan momentum fluida kerjanya, berdasarkan klasifikasi ini turbin air dapat dibedakan menjadi 2 golongan yaitu :

#### 1. Turbin Impuls

Turbin impuls adalah turbin yang mana proses aliran fluida kerjanya (penurunan tekanan) hanya terjadi pada sudu-sudu tetapnya. Pada sudu-sudu geraknya tidak terjadi penurunan tekanan. Pada turbin impuls, seluruh energi yang tersedia di dalam alirannya diubah oleh *nozzle* menjadi energi kinetik pada tekanan atmosfer sebelum fluida menyentuh sudu-sudu bergerak seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. Turbin impuls cocok untuk *head* yang tinggi dengan kapasitas air yang relatif rendah. Jenis turbin ini mengubah *head* yang tinggi menjadi semburan kecepatan tinggi pada *nozzle*.

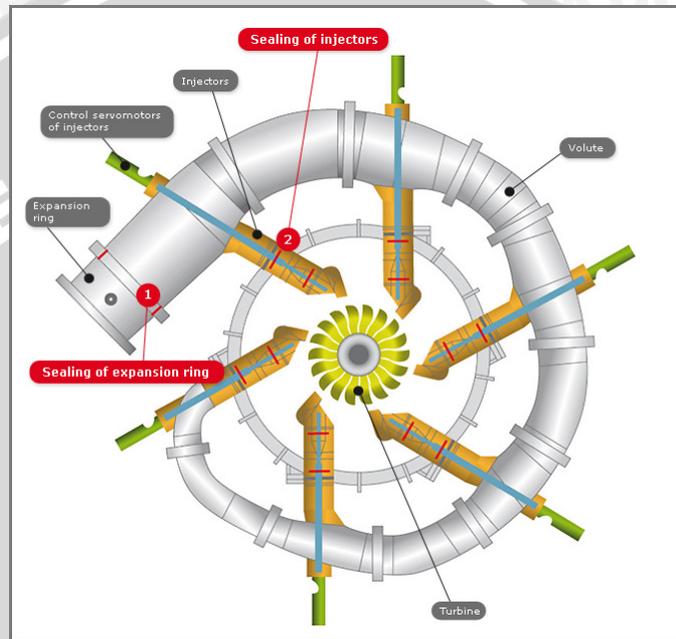


Gambar 2.1 : Turbin Impuls  
Sumber : Anonymous 7 : 2012

Macam-macam turbin impuls antara lain sebagai berikut :

1. Turbin Pelton

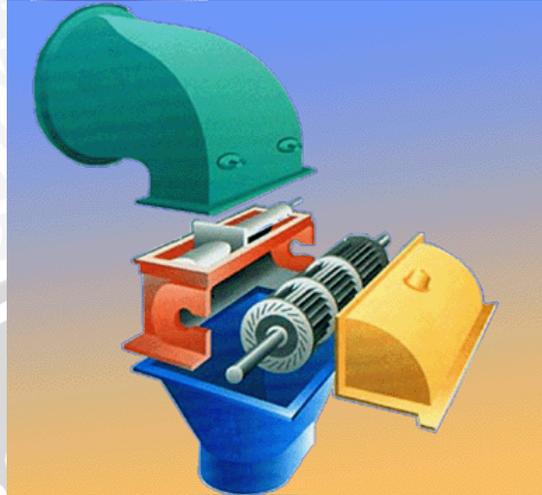
Turbin ini memiliki 2 bagian utama, yaitu *runner* dan *nozzle* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2. Runner terdiri dari poros 1 tangki piringan dan beberapa mangkok. Turbin Pelton terutama digunakan untuk pemanfaatan potensi hidro tinggi (> 300 m) dengan aliran kecil.



Gambar 2.2 : Turbin Pelton  
Sumber : *Anonymous 8 : 2012*

2. Turbin Michel Banki

Turbin ini disebut juga turbin arus melintang (*crossflow*). Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3, konstruksi turbin ini sangat sederhana terdiri dari sebuah *runner* yang menyerupai sangkar tupai dan *nozzle*. Prinsip kerjanya adalah air yang keluar dari *nozzle* ditumbukkan ke arah *runner* sehingga terjadi perubahan energi kinetik air menjadi energi mekanik pada poros *runner*. Turbin ini banyak digunakan pada *head* rendah hingga menengah, untuk kapasitas hingga 5 m<sup>3</sup>/s. Keuntungannya adalah konstruksinya sederhana, putaran operasi cukup tinggi dan efisiensi stabilnya pada perubahan beban hingga 40% dan beban maksimum.

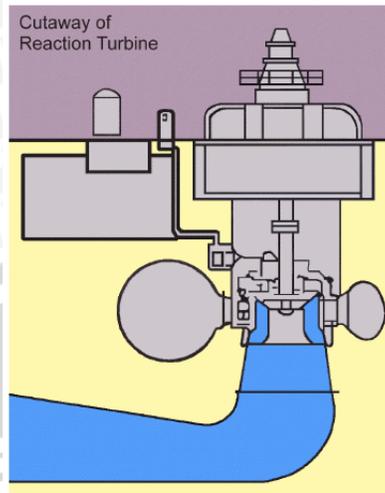


Gambar 2.3 : Sistem Turbin Michel Banki  
Sumber : *Anonymous 9 : 2012*

## 2. Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin air yang mana proses ekspansi fluida kerjanya (penurunan tekanan) terjadi pada sudu tetap dan sudu geraknya. Turbin reaksi merupakan turbin/mesin yang sangat cocok untuk laju aliran yang tinggi dan head yang rendah seperti yang sering ditemui pada pusat listrik tenaga air dengan sungai yang dibendung. Oleh karena itu turbin reaksi sangat banyak dimanfaatkan di PLTA yang ada di Indonesia. Ciri khas dari turbin reaksi adalah mempunyai sudu-sudu yang bisa diatur sehingga bisa mengkonversikan energi air dengan baik.

Untuk turbin reaksi, *runner* dikelilingi selubung (rumah keong) yang seluruhnya diisi oleh fluida kerja. Jatuh tekanan dan kecepatan relatif fluida berubah saat melalui runner seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5. Sudu pengarah berlaku sebagai *nozzle* untuk memberi percepatan aliran dan membelokkan aliran ke arah yang tepat saat fluida masuk ke dalam *runner*. Sebagian energi fluida diubah menjadi energi kinetik dengan mengalirnya fluida melalui sudu arah (*guide vane*) yang dapat disetel sebelum memasuki rotor dan perubahan selebihnya terjadi di rotor, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4.

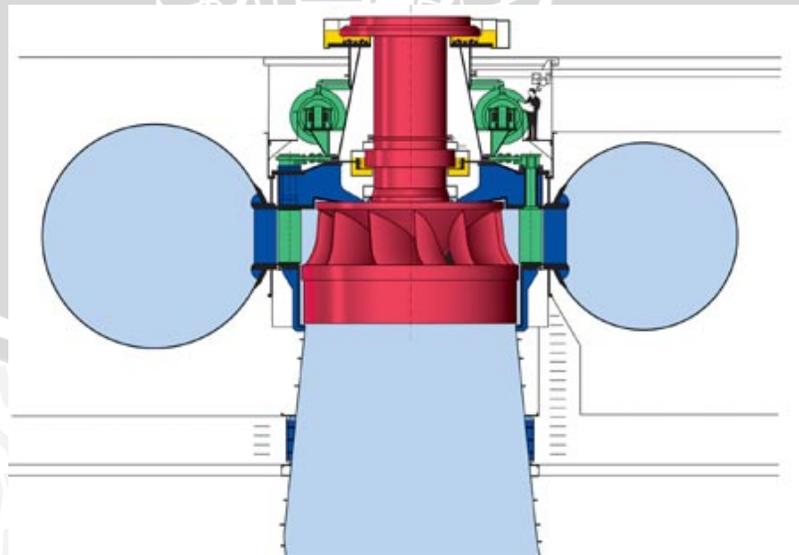


Gambar 2.4 : Turbin Reaksi  
Sumber : *Anonymous 10* : 2012

Berikut adalah beberapa contoh dari turbin reaksi :

1. Turbin Francis

Turbin Francis yaitu turbin yang dikelilingi dengan sudu-sudu pengarah dan semua terbenam dalam air. Turbin Francis digunakan untuk pemanfaatan potensi menengah (dari beberapa puluh meter sampai 100 m). Jenis konstruksi turbin ditemukan oleh orang Amerika yang bernama Francis sudah bisa dibuat dengan kecepatan yang tinggi. Pada gambar 2.5 merupakan contoh dari turbin Francis.

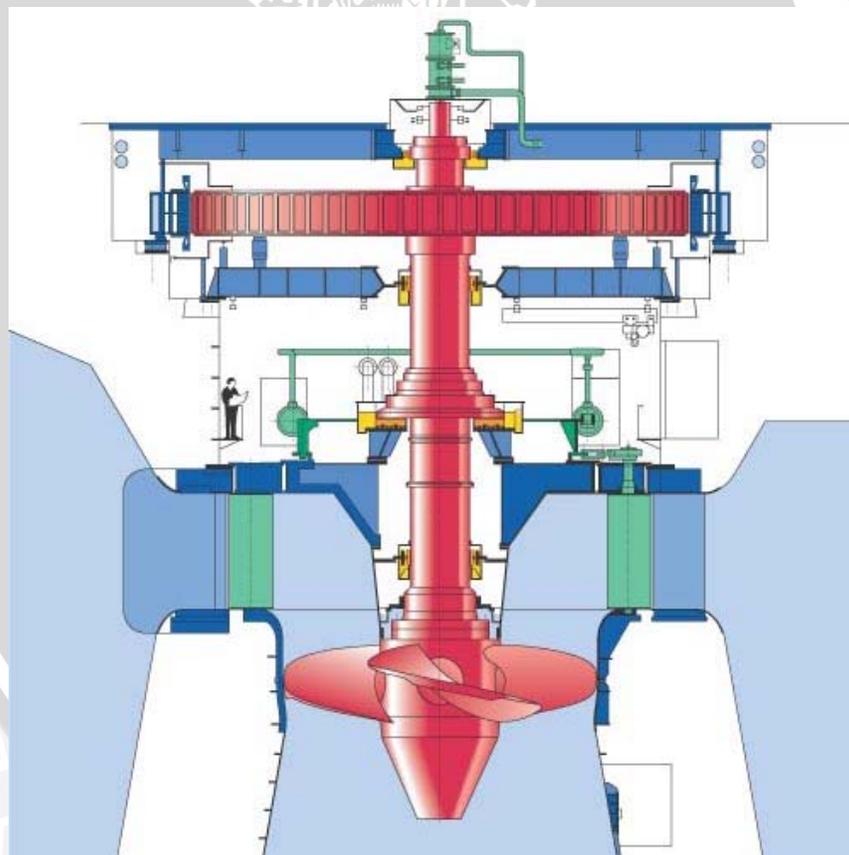


Gambar 2.5 : Turbin Francis  
Sumber : *Anonymous 11* : 2012

## 2. Turbin Kaplan

Turbin Kaplan adalah jenis turbin propeler dengan posisi sudu-sudu arah yang dapat diatur posisinya. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6, pengatur sudu roda jalan (rotor) dengan menggunakan tenaga hidrolik yang terletak pada poros turbin. Untuk aliran-aliran turbin Kaplan, fluida mengalir melewati sudu arah masuk dan menjadi kecepatan tangensial dalam gerakan olakan (*swirl*) sebelum mencapai rotor. Aliran yang melewati rotor hampir seluruhnya merupakan komponen aksial. Baik sudu arah masuk maupun sudu turbin dapat diatur dengan mengubah sudu atur (*setting angle vane*) untuk menghasilkan kecepatan yang paling tinggi (keluaran optimum) untuk sudu kondisi operasi spesifik.

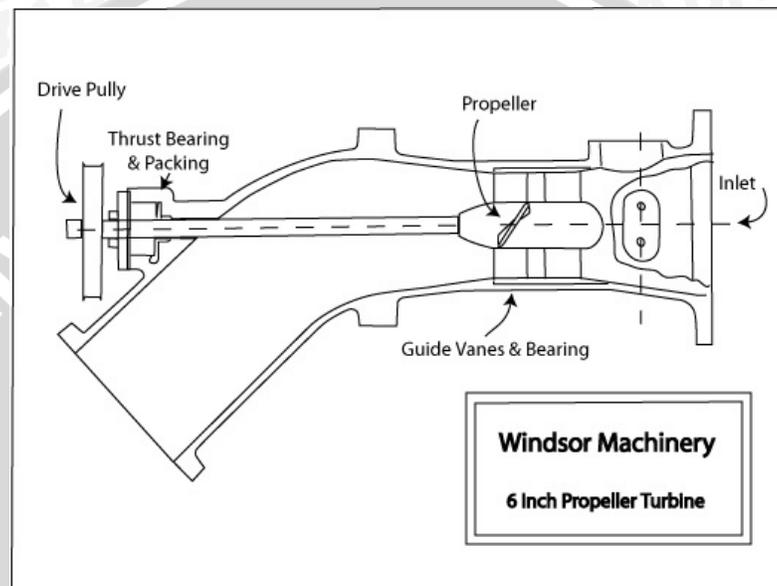
Sebagai contoh *head* operasi yang tersedia mungkin akan berubah dari setiap musim dan laju alir yang melewati rotor akan bervariasi.



Gambar 2.6 : Turbin Kaplan  
Sumber : *Anonymous 11 : 2012*

### 3. Turbin Propeler

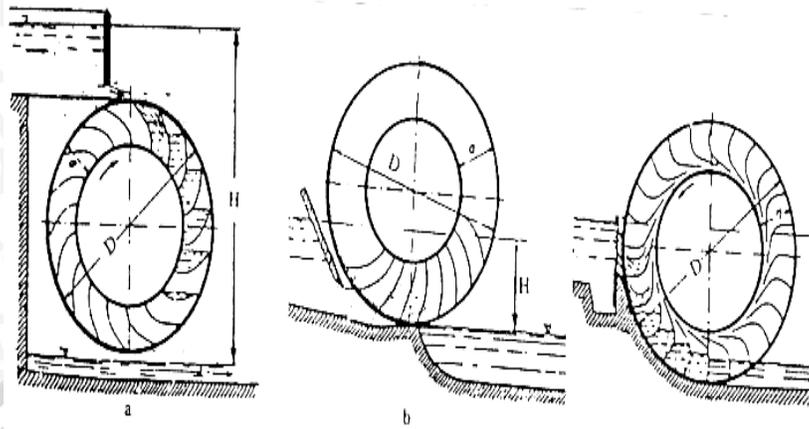
Turbin ini digunakan untuk pemanfaatan potensi hidro yang memiliki *head* rendah hingga menengah (beberapa puluh meter) dengan kapasitas aliran besar dan putaran operasinya tidak terlalu tinggi. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7 turbin ini memiliki 3 bagian utama yaitu *runner*, sudu pengarah (*guide blade*) dan rumah turbin (*casing*).



Gambar 2.7 : Turbin Propeler  
Sumber : *Anonymous 12 : 2012*

#### 2.2.3 Kincir Air

Pada turbin air, air ditumbukkan ke mangkuk-mangkuk yang dipasang pada piringan motor (roda putar), sehingga terjadi perubahan energi kinetik menjadi energi mekanik. Kincir air bekerja pada putaran rendah sehingga memerlukan percepatan putaran dengan perbandingan putaran yang tinggi untuk mencapai putaran generator. Kincir air memiliki ciri yaitu konstruksinya sederhana dan berdiameter besar. Pada penggunaannya kincir air banyak digunakan untuk *head* dan kapasitas kecil karena diameter besar pada putaran rendah. Pada gambar 2.8 merupakan salah satu contoh kincir air.



Gambar 2.8 : Kincir Atas dan Kincir Bawah  
Sumber : Dietzel. 1996 : 14

Berdasarkan sistem aliran fluidanya, ada beberapa tipe kincir air yaitu :

### 1. Kincir Air *Overshot*

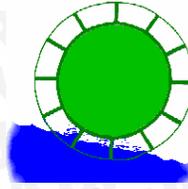
Kincir air *overshot*, yang seperti ditunjukkan pada gambar 2.9, bekerja bila air yang mengalir jatuh ke dalam bagian sudu-sudu sisi bagian atas, dan karena gaya berat air roda kincir berputar. Kincir air *overshot* adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain.



Gambar 2.9 : Kincir Air *Overshot*  
Sumber : *Anonymous 4* : 2012

### 2. Kincir Air *Undershot*

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.10, kincir air *undershot* bekerja bila air yang mengalir, menghantam dinding sudu yang terletak 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.



Gambar 2.10 : Kincir Air *Undershot*  
Sumber : *Anonymous 4 : 2012*

### 3. Kincir Air *Breastshot*

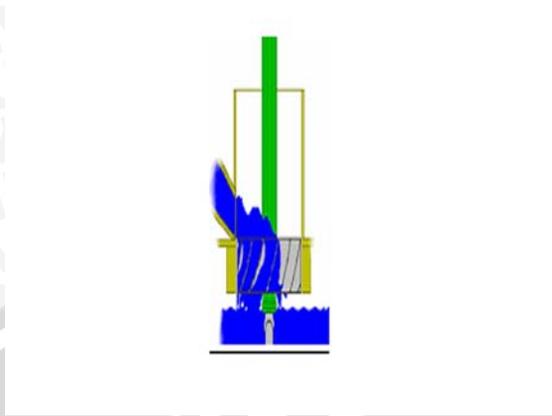
Kincir air *Breastshot*, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11 merupakan perpaduan antara tipe *overshot* dan *undershot* dilihat dari energi yang diterimanya. Jarak tinggi jatuhnya tidak melebihi diameter kincir, arah aliran air yang menggerakkan kincir air disekitar sumbu poros dari kincir air. Kincir air jenis ini memperbaiki kinerja dari kincir air tipe *undershot*.



Gambar 2.11 : Kincir Air *Breastshot*  
Sumber : *Anonymous 4 : 2012*

### 4. Kincir Air *Tub*

Kincir air *Tub*, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.12 merupakan kincir air yang kincirnya diletakkan secara horizontal dan sudut-sudutnya miring terhadap garis vertikal, dan tipe ini dapat dibuat lebih kecil dari pada tipe *overshot* maupun tipe *undershot*. Karena arah gaya dari pancuran air menyamping maka, energi yang diterima oleh kincir yaitu energi potensial dan kinetik.



Gambar 2.12 : Kincir Air Tub  
Sumber : Anonymous 4 : 2012

### 2.3 Kinerja kincir air

Untuk kincir air yang hanya memanfaatkan aliran air datar atau kecepatan arus sungai, energi air yang tersedia merupakan energi kinetik :

$$E = \frac{1}{2} \times m \times V_s^2 \quad (2-1)$$

Dimana :

$V_s$  = kecepatan aliran arus sungai (m/s)

Debit aliran air melalui kincir :

$$Q = V_s \times A \quad (2-2)$$

Dimana :

$A$  = luas penampang saluran ( $m^2$ )

- Daya air yang tersedia (*Water Horse Power/WHP*) :

Daya indikatif yang diberikan oleh fluida kepada sudu-sudu kincir. WHP merupakan energi yang dimiliki oleh air dalam bentuk *velocity head* (*head* kincir) yang nantinya akan diubah menjadi energi poros.

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times Q \times V_s^2 \quad (2-3)$$

Atau

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times V_s^3 \quad (2-4)$$

- Daya yang dihasilkan kincir air (*Brake Horse Power/BHP*) :

Daya efektif yang diterima oleh poros turbin dari fluida yang melalui sudu-sudu kincir.

$$P = T \times \omega \quad (2-5)$$

Dan torsi yang dihasilkan kincir :

$$T = F \times R \quad (2-6)$$

Dimana :

F = gaya tangensial (N)

R = radius kincir (m)

Kecepatan sudut kincir :

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60} \quad (2-7)$$

Dimana :

$\omega$  = kecepatan sudut kincir (rad/s)

n = putaran poros atau roda kincir (rpm)

Rasio kecepatan tangensial sudu dan aliran arus sungai :

$$\frac{U}{V_s} = \frac{\omega \times R}{V_s} \quad (2-8)$$

- Efisiensi kincir :

Perbandingan antara daya yang dihasilkan pada poros kincir dengan daya yang diberikan oleh fluida.

$$\eta = \text{Daya yang dihasilkan kincir} / \text{Daya air yang tersedia}$$

Atau

$$\eta = \frac{T \times \omega}{\frac{1}{2} \times \rho \times A \times V_s^3} \quad (2-9)$$

## 2.4 Hipotesis

Pada kincir air dengan sistem aliran fluida *overshot*, semakin tinggi kecepatan air yang masuk ke kincir maka momentum air akan semakin besar menyebabkan torsi meningkat sehingga daya yang dihasilkan akan meningkat dan juga mempengaruhi efisiensi sedangkan pada *undershot*, semakin tinggi kecepatan air yang masuk ke kincir maka momentum air akan semakin kecil yang menyebabkan torsi menurun sehingga daya yang dihasilkan akan menurun dan juga akan mempengaruhi efisiensi.