

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Kadir (2010), telah melakukan penelitian tentang pengaruh tinggi sudu kincir air tipe sudu rata terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan. Penelitian dilakukan secara studi eksperimental menggunakan sebuah kincir air dengan dua roda yang dipasang seporos berdiameter 1 m. Pada keliling roda dipasang sudu tipe rata dengan lebar setiap sudu 0.5 m, dengan variasi tinggi sudu 8 cm, 16 cm dan 24 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya tertinggi terjadi pada pengujian dengan tinggi sudu 16 cm dan daya terendah terjadi pada pengujian dengan tinggi sudu 24 cm. Sedangkan efisiensi tertinggi terjadi pada pengujian dengan tinggi sudu 8 cm dan efisiensi terendah terjadi pada pengujian dengan tinggi sudu 24 cm.

Prasetyo (2011), telah meneliti tentang pengaruh variasi tinggi sudu terhadap performansi *vertical axis wind turbine* jenis savonius tipe U. Penelitian dilakukan secara studi eksperimental dengan memvariasikan tinggi sudu dengan variabel bebas kecepatan angin pada wind tunnel dari kecepatan 3 m/s sampai 8 m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi sudu mempengaruhi performansi turbin angin savonius tipe U. Dimana semakin besar tinggi sudu maka plan view area pun akan meningkat. Sehingga gaya drag yang bekerja pada sudu juga semakin tinggi, akibatnya performa baik BHP dan efisiensi semakin meningkat.

Trifiananto (2012), telah meneliti tentang turbin angin tipe bilah bersirip. Penelitian dilakukan secara studi eksperimental dengan variasi kecepatan angin 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s, 6 m/s, 7 m/s dan variasi panjang bilah 0,15; 0,2; 0,25 m telah diperoleh daya poros tertinggi yang dicapai turbin dengan panjang bilah 0,25 m yaitu sebesar  $3,05 \times 10^{-3}$  Watt pada kecepatan 7 m/s. Torsi yang tertinggi dicapai oleh turbin dengan panjang bilah 0,25 m dan kecepatan 7 m/s yaitu sebesar  $1,53 \times 10^4$  Nm. Untuk efisiensinya yang tertinggi diperoleh pada bilah dengan panjang 0,25 m dan kecepatan angin 4 m/s sebesar 0,1839 % .

Ramadhan (2014), telah melakukan penelitian tentang pengaruh variasi tinggi sudu terhadap kinerja kincir air tipe sudu lengkung *overshot*. Penelitian dilakukan secara studi eksperimental dengan variabel bebas dari penelitian meliputi debit air yaitu  $2 \text{ m}^3/\text{jam}$ ,

4 m<sup>3</sup>/jam, 6 m<sup>3</sup>/jam, 8 m<sup>3</sup>/jam serta variasi tinggi sudu kincir air 0,05 m, 0,06 m dan 0,07 m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi tinggi sudu kincir air mempunyai pengaruh terhadap gaya pengereman, torsi, daya poros dan efisiensi kincir air tipe sudu lengkung. Semakin tinggi sudu kincir air maka gaya pengereman, torsi daya poros semakin meningkat, namun efisiensinya semakin menurun.

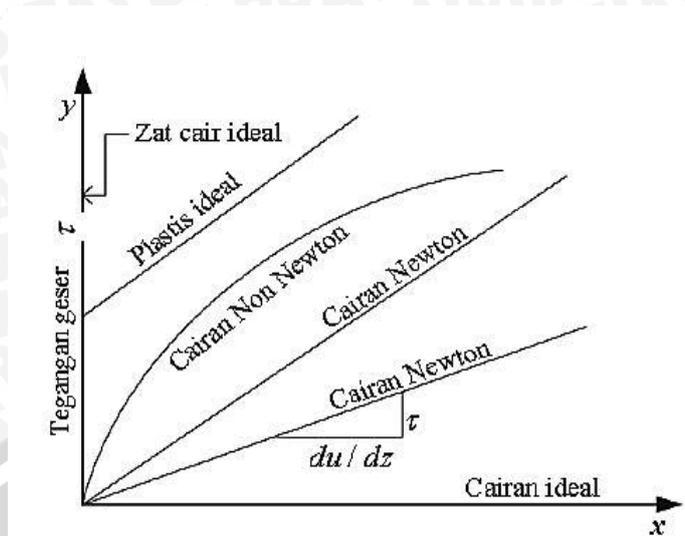
Dari beberapa penelitian sebelumnya terdapat adanya persamaan yaitu pada pengaruh tinggi sudu terhadap unjuk kerja turbin. Oleh karena itu perlu adanya penelitian tentang pengaruh tinggi sudu terhadap unjuk kerja turbin air darrieus agar memperoleh tinggi sudu yang ideal untuk efisiensi tertinggi.

## 2.2 Potensi Tenaga Air

Indonesia memiliki banyak sekali potensi tenaga air yang bisa dimanfaatkan. Potensi tenaga air yang dapat dimanfaatkan antara lain dari kolam reservoir, aliran sungai dan arus bolak-balik air laut (tidal). Dalam suatu aliran air tersimpan energi yang dapat digunakan dan dimanfaatkan dengan cara mengubahnya ataupun menggunakannya secara langsung. Salah satunya adalah dengan pemanfaatannya dalam bidang energi sebagai pembangkit energi listrik. Energi potensial adalah energi yang dimiliki air karena adanya beda ketinggian atau elevasi, dan energi kinetik adalah energi yang dimiliki oleh air karena adanya kecepatan aliran air. Energi listrik dapat dibangkitkan atau dihasilkan dari merubah energi yang dimiliki air (energi potensial dan energi kinetik) untuk memutar turbin air dan menghasilkan energi mekanik pada poros. Energi mekanik tersebut disambungkan pada generator sehingga menghasilkan energi listrik.

## 2.3 Fluida

Fluida adalah suatu zat yang akan mengalami deformasi secara kontinu (terus-menerus) karena menerima gaya geser. Fluida diklasifikasikan sebagai fluida *Newtonian* dan *non-Newtonian*. Dalam fluida *Newtonian* terdapat hubungan linear antara besarnya tegangan geser yang diterapkan dan laju perubahan bentuk yang diakibatkan. Namun, apabila hubungannya tak linear maka disebut *non-Newtonian*. Gas dan cairan encer cenderung bersifat fluida *Newtonian* sedangkan hidrokarbon berantai panjang yang kental mungkin bersifat *non-Newtonian*.



Gambar 2.1 Grafik Fluida Newtonian dan non-Newtonian  
Sumber : Munson (2003)

## 2.4 Turbin Air

Turbin air adalah mesin konversi energi yang mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Proses perubahan energi potensial air menjadi energi mekanik bisa terjadi karena adanya aliran air yang mempunyai energi potensial yang disemprotkan ke sudu-sudu oleh *nozzle*. Sehingga putaran dari sudu-sudu tersebut mengakibatkan poros turbin ikut bergerak dan kemudian putaran poros turbin akan diteruskan ke generator listrik untuk diubah menjadi energi listrik.

## 2.5 Klasifikasi Turbin Air

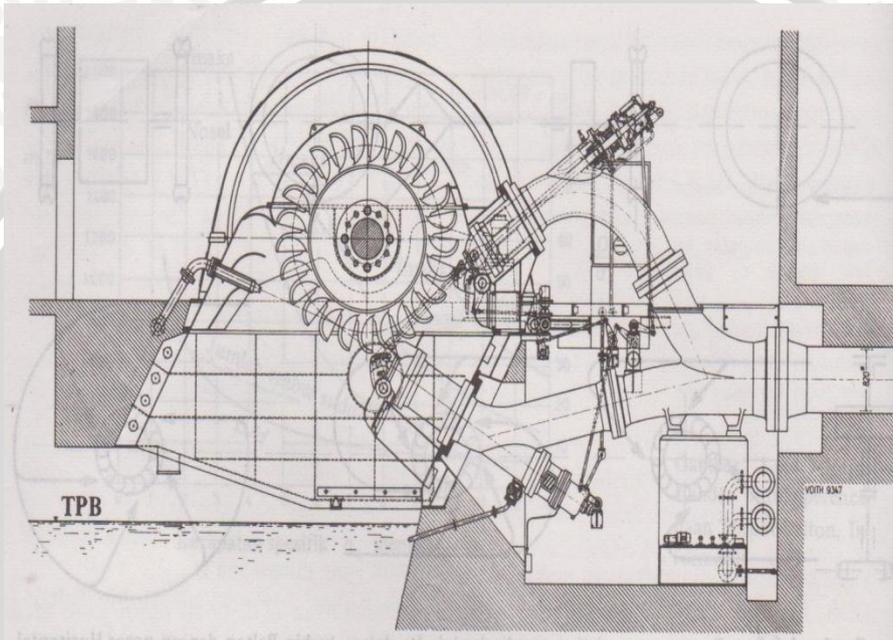
Turbin air dapat diklasifikasikan berdasarkan prinsip kerja turbin air tersebut merubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Berdasarkan klasifikasi tersebut, maka turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

### 2.5.1 Turbin Impuls

Turbin impuls adalah turbin air yang cara kerjanya merubah seluruh energi air (energi potensial + tekanan + kecepatan) yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi kinetik. Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada *nozzle*. Air keluar *nozzle* yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impuls) yang mengakibatkan roda turbin akan berputar. Contoh turbin impuls adalah turbin pelton.

### 2.5.1.1 Turbin Pelton

Turbin pelton termasuk jenis turbin impuls yang prinsip kerjanya merubah energi potensial air menjadi energi kinetik dalam bentuk pancaran air. Perubahan energi ini dilakukan didalam *nozzle* dimana air yang semula mempunyai energi potensial yang tinggi diubah menjadi energi kinetik. Pancaran air yang keluar dari mulut *nozzle* membentur sudu-sudu pada turbin. Setelah membentur sudu, arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impuls), akibatnya roda turbin berputar.



Gambar 2.2 Turbin Pelton  
Sumber: Fritz, Dietzel (1996:30)

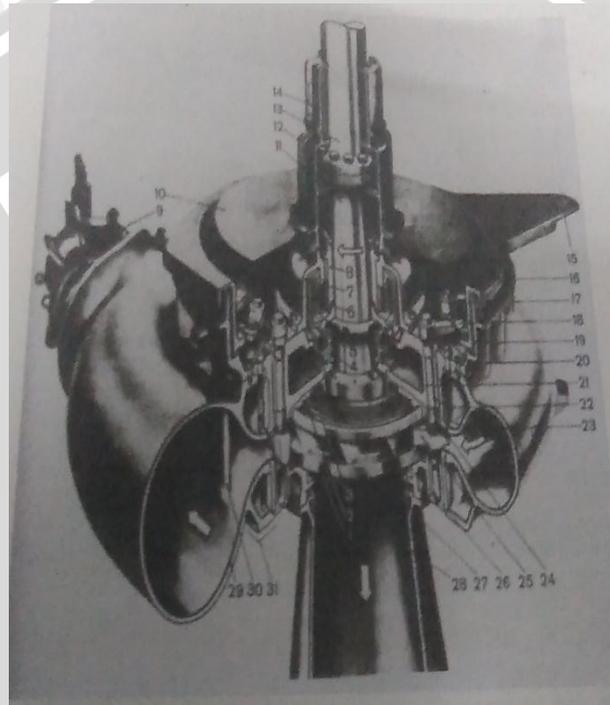
### 2.5.2 Turbin Reaksi

Turbin reaksi disebut juga turbin tekanan lebih karena tekanan air sebelum masuk roda turbin lebih besar daripada tekanan air saat keluar roda turbin. Hal itu dikarenakan sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga runner (bagian turbin yang berputar) dapat berputar. Contoh turbin reaksi yaitu turbin francis.

#### 2.5.2.1 Turbin Francis

Turbin francis merupakan jenis turbin reaksi. Turbin dipasang diantara sumber air tekanan tinggi dibagian masuk dan air tekanan rendah dibagian keluar. Sudunya terdiri atas sudu pengarah dan sudu gerak. Air pertama masuk pada terusan berbentuk rumah keong.

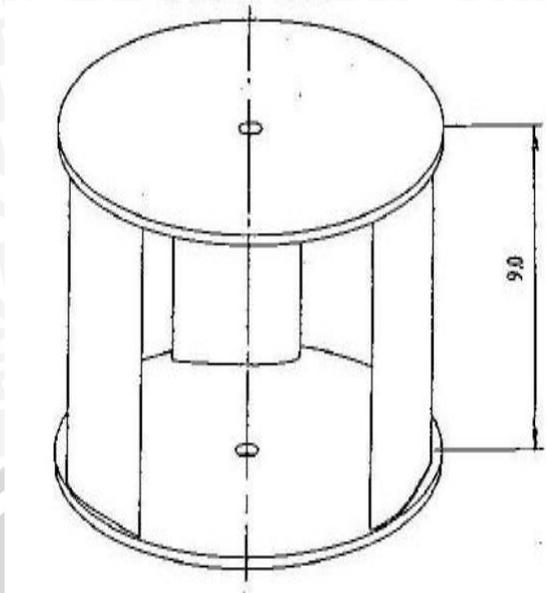
Perubahan energi seluruhnya terjadi pada sudu pengarah dan sudu gerak. Aliran air masuk ke sudu pengarah dengan kecepatan semakin naik dan tekanan semakin turun sampai roda jalan, pada roda jalan kecepatan akan naik lagi dan tekanan turun sampai dibawah 1 atm. Untuk menghindari kavitasi, tekanan harus dinaikan sampai 1 atm dengan cara pemasangan pipa hisap. Pengaturan daya yang dihasilkan yaitu dengan mengatur posisi pembukaan sudu pengarah, sehingga kapasitas air yang masuk ke roda turbin dapat diperbesar atau diperkecil.



Gambar 2.3 Turbin Francis  
Sumber : Fritz, Dietzel (1996:45)

## 2.6 Turbin Darrieus

Turbin Darrieus merupakan salah satu jenis turbin yang dikembangkan oleh seorang aeronautical engineer asal Perancis yang bernama Georges Jean Marie Darrieus pada tahun 1931. Pada awalnya turbin jenis ini dikembangkan sebagai turbin angin yaitu jenis VAWT (*Vertical Axis Wind Turbine*) yang memiliki keunggulan dibanding jenis turbin HAWT (*Horizontal Axis Wind Turbine*) diantaranya tidak terlalu memperhitungkan arah aliran karena bentuknya yang simetri, tekanan gravitasi tidak mampu balik pada bentuk sudunya, mampu beroperasi pada head dan kecepatan yang rendah, untuk aplikasi skala kecil biayanya rendah, kebisingan rendah dan desain sudu sederhana. Sedangkan kelemahannya adalah ketidak mampuan melakukan self-starting dan efisiensi yang rendah.



*Gambar 2.4* Turbin Darrieus  
Sumber : Darajatun Nurjati Kuncoro (2012)

### 2.6.1 Prinsip Kerja Turbin Air Darrieus

Prinsip kerja turbin Darrieus berawal dari kecepatan aliran air yang menyebabkan sudu berputar dengan kecepatan putar tertentu, maka resultan dari kecepatan tersebut akan menghasilkan gaya hidrodinamis. Gaya angkat (*lift*) dihasilkan karena bentuk airfoil dari sudu turbin. Sudu-sudu ini memotong udara dengan sudut serang yang mengakibatkan perbedaan tekanan. Hasil dari perbedaan tekanan inilah yang mengakibatkan gaya angkat, yang mana mendorong sudu bergerak kedepan. Untuk mendorong turbin, torsi yang disebabkan oleh gaya angkat harus lebih besar dibanding torsi yang dihasilkan oleh gaya hambat (*drag*) sehingga menghasilkan torsi netto.

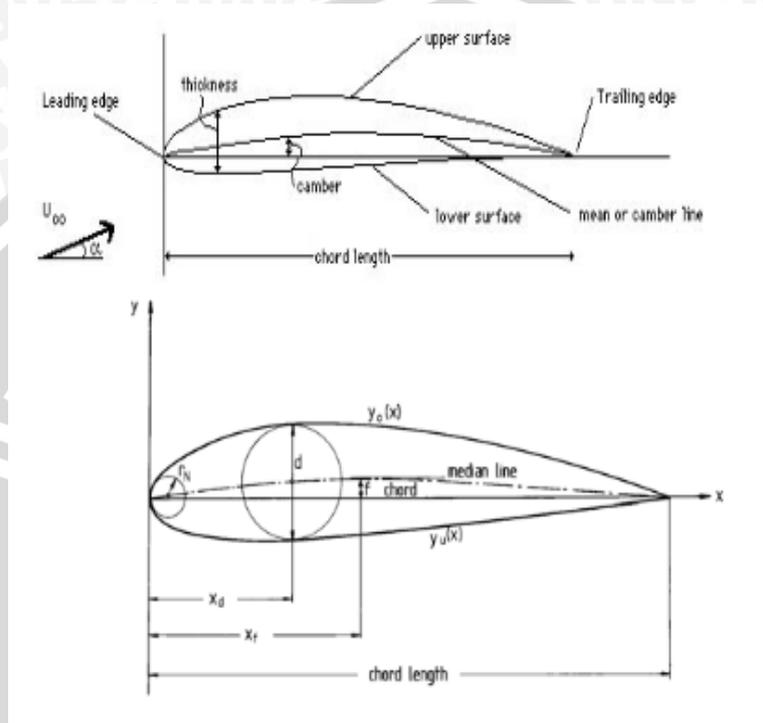
### 2.7 Hydrofoil

*Hydrofoil* merupakan suatu bentuk sayap atau sudu yang memiliki bentuk, sifat dan tujuan yang menyerupai *airfoil*. Yang membedakan antara *hydrofoil* dan *airfoil* adalah media kerjanya. *Hydrofoil* bekerja pada suatu aliran air sedangkan *airfoil* bekerja pada suatu aliran udara. Bentuk dari *hydrofoil* dilihat dari karakteristik dan seri dari bentuk NACA airfoil.

#### 2.7.1 NACA

NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics*) *airfoil* adalah salah satu bentuk hidrodinamika sederhana yang berguna untuk dapat memberikan gaya angkat tertentu terhadap suatu bodi lainnya dan dengan bantuan penyelesaian matematis sangat

memungkinkan untuk memprediksi berapa besarnya gaya angkat yang dihasilkan oleh suatu bodi *airfoil*. Geometri *airfoil* memiliki pengaruh besar terhadap karakteristik hidrodinamika dengan parameter penting berupa CL dan kemudian akan terkait dengan lift (gaya angkat yang dihasilkan). Airfoil NACA mempunyai parameter-parameter dalam bentuknya, gambar dibawah ini menunjukkan beberapa parameter yang terdapat pada airfoil NACA.



Gambar 2.5 Parameter Pada Airfoil NACA  
Sumber : Darajatun Nurjati Kuncoro (2012)

Dimana:

- $c$  adalah panjang *chord*
- $f$  adalah maksimum *chamber*, sedangkan  $f/c$  adalah rasio *chamber*
- $xf$  adalah posisi maksimum *chamber*
- $d$  adalah ketebalan maksimum *airfoil*, sedangkan  $d/c$  adalah *thickness chord ratio*
- $X_d$  adalah posisi ketebalan maksimum
- $r_n$  adalah *nose radius*

### 2.7.2 Seri-seri Digit NACA

- Seri 4 digit
  1. Digit pertama menyatakan persen maksimum *chamber* terhadap *chord*;

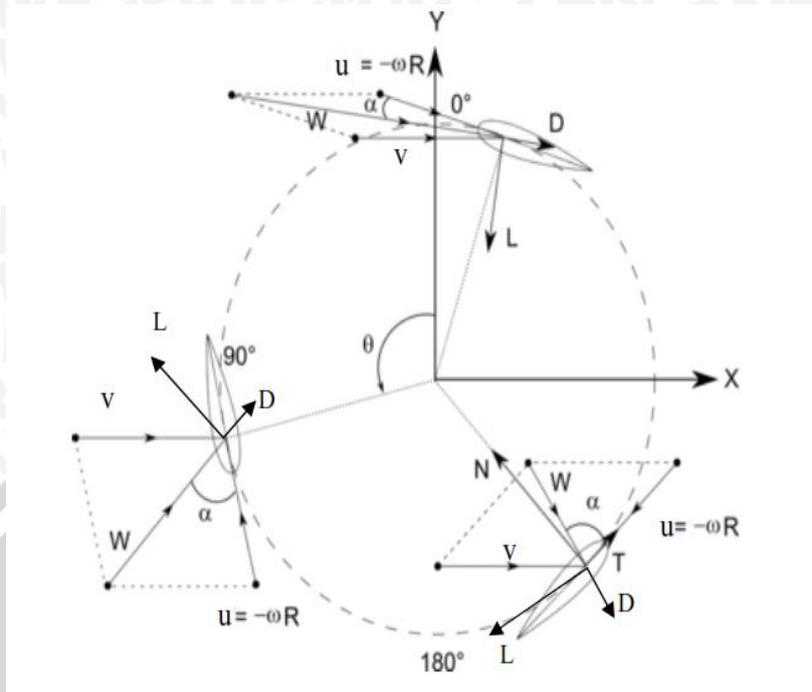
2. Digit kedua menyatakan persepuluh posisi maksimum *chamber* pada *chord* dari *leading edge*;
  3. Dua digit terakhir menyatakan persen ketebalan airfoil terhadap *chord*.
- Seri 5 digit
    1. Digit pertama dikalikan  $3/2$  kemudian dibagi sepuluh memberikan nilai koefisien *lift*;
    2. Dua digit berikutnya merupakan persen posisi maksimum *chamber* terhadap *chord*;
    3. Dua digit terakhir merupakan persen ketebalan/*thickness* terhadap *chord*.
- Selain seri 4 digit dan 5 digit, NACA masih memiliki klasifikasi seri 16 digit, 6 digit dan 7 digit. Masing-masing seri memiliki kelebihan dan kekurangan dari masing-masing tipe *airfoil*.

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan Masing-masing Tipe *Airfoil*

Seri	Kelebihan	Kekurangan
4-Digit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memiliki karakteristik stall yang baik</li> <li>• Pusat dari pergerakan tekanan kecil</li> <li>• Tidak terlalu terpengaruh oleh kekasaran</li> <li>• Memiliki koefisien maksimum yang tinggi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kebanyakan mempunyai koefisien lift yang rendah</li> <li>• Mempunyai gaya drag yang relatif tinggi</li> <li>• Momen pitching besar</li> </ul>
5-Digit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maksimum koefisien lift yang tinggi</li> <li>• Momen pitching rendah</li> <li>• Tidak terlalu terpengaruh oleh kekasaran</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kelakuan stall yang buruk</li> <li>• Mempunyai gaya drag yang relatif tinggi</li> </ul>
16-Digit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menghindari terjadinya puncak tekanan rendah</li> <li>• Gaya drag rendah pada kecepatan tinggi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mempunyai gaya lift yang relatif kecil</li> </ul>
6-Digit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maksimum koefisien lift yang tinggi</li> <li>• Drag sangat rendah jika airfoil bekerja pada daerah operasi</li> <li>• Cocok untuk kecepatan angin tinggi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drag sangat besar jika airfoil bekerja di luardaerah operasi</li> <li>• Momen pitching besar</li> <li>• Sangat rentan oleh kekasaran</li> </ul>
7-Digit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drag sangat rendah jika airfoil bekerja pada daerah operasi</li> <li>• Momen pitching rendah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengurangan koefisien lift maksimum</li> <li>• Kelakuan stall yang buruk</li> </ul>

Sumber : Darojatun Nurjati Kuncoro (2012)

### 2.7.3 Diagram Kecepatan



Gambar 2.6 Diagram Kecepatan pada Turbin Sumbu Vertikal  
Sumber : Muhammad Irsyad (2010)

Dari gambar diagram kecepatan tersebut mempunyai beberapa parameter diantaranya:

- Kecepatan aliran fluida ( $v$ ) yang digambarkan mempunyai arah dari kiri;
- Kecepatan tangensial turbin ( $u$ ) yang dapat dihitung dengan rumus  $(\omega \cdot r)$ ;
- Resultan kecepatan ( $W$ ) yang merupakan hasil dari penjumlahan vektor kecepatan ( $v$ ) dan vektor kecepatan ( $u$ );
- Sudut rotasi sudu ( $\theta$ ) yang merupakan posisi derajat putar sudu;
- Sudut serang (*angle of attack*) ( $\alpha$ );
- Gaya angkat (*lift*) ( $L$ ) dan gaya hambat (*drag*) ( $D$ ) yang merupakan hasil dari penguraian resultan vektor kecepatan ( $W$ ).

### 2.8 Konsep Dasar Sistem Konversi Energi Arus Air

Arus air memiliki konsep dasar sistem konversi energi yaitu merubah energi potensial arus air yang disebabkan karena adanya beda ketinggian menjadi energi kinetik yang disebabkan karena adanya kecepatan pada aliran air. Kemudian energi kinetik yang dimiliki oleh arus air diubah lagi menjadi energi mekanik poros. Energi kinetik yang nantinya akan dirubah menjadi energi poros dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (2-1)$$

dengan :

$m$  : Massa air (kg)

$v$  : kecepatan aliran air (m/s<sup>2</sup>)

Hubungan energi kinetik dengan daya yang dihasilkan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot v^2 \quad (2-2)$$

dengan :

$\rho$  : Densitas air (kg/m<sup>3</sup>)

$Q$  : Debit aliran air (m<sup>3</sup>/s)

Hal ini sesuai dengan persamaan hukum kontinuitas  $Q = A \cdot v$  ; maka :

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (Av) \cdot v^2 \quad (2-3)$$

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

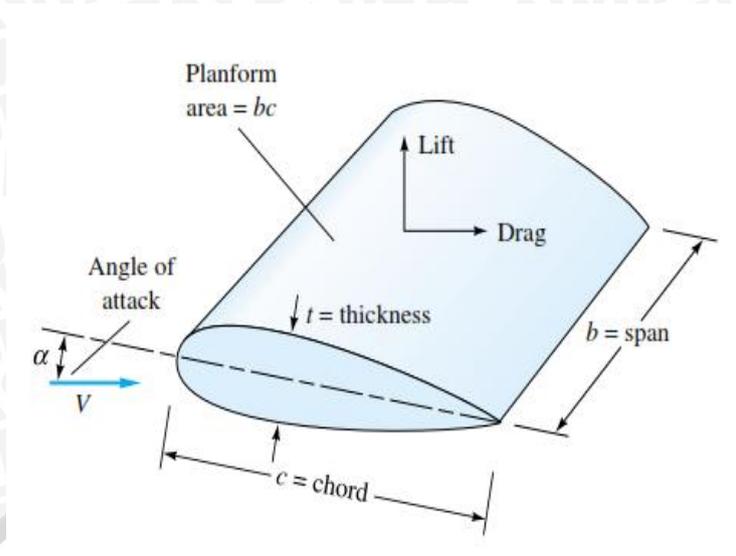
dengan :

$A$  : luas penampang aliran air (m<sup>2</sup>)

## 2.9 Gaya Hambat dan Gaya Angkat

. Gerakan suatu fluida yang mengalir melewati *airfoil* akan menghasilkan variasi tekanan dan kecepatan yang menimbulkan suatu gaya. Bila suatu aliran fluida bergerak relatif terhadap suatu benda, maka benda tersebut akan mengalami gaya-gaya yang disebabkan oleh aliran fluida. Gaya-gaya yang terjadi pada *airfoil* dapat dibagi menjadi dua komponen utama meliputi gaya yang tegak lurus terhadap aliran fluida (gaya angkat) dan gaya yang paralel terhadap aliran fluida (gaya hambat).

Gaya angkat fluida biasanya berhubungan dengan *airfoil* dengan adanya sudut terjang/serang (*angle of attack*)  $\alpha$  yang bermacam-macam terhadap arus yang datang, luas karakteristik gaya angkat merupakan luas *frontal area* dari suatu benda yang diterjang oleh suatu aliran fluida.



Gambar 2.7 Gaya hambat dan gaya angkat pada airfoil  
 Sumber: White (1999:468)

### 2.9.1 Gaya Hambat

Gaya hambat (*drag*) merupakan gaya resultan dengan arah yang sama (sejajar) dengan kecepatan hulu. Gaya hambat terjadi karena adanya gaya yang terjadi pada suatu benda yang terbenam pada aliran fluida yang diakibatkan karena tekanan dan geseran viskos. Gaya tekanan mempunyai arah normal terhadap permukaan benda yang mempunyai luas. Sedangkan gaya geseran viskos sejajar atau menyinggung/kontak pada bagian permukaan benda tersebut. Pada *airfoil*, gaya angkat juga menimbulkan gaya hambat yang disebut hambatan terinduksi (*induced drag*).

Gaya drag dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Gaya hambat} = C_D \cdot \frac{\rho \cdot (v)^2}{2} \cdot A \tag{2-5}$$

dimana:

$C_D$  : Coefisient drag

$\rho$  : Massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

$A$  : Luas sayap ( $\text{m}^2$ )

$V$  : Kecepatan air (m/s)

### 2.9.2 Gaya Angkat

Gaya angkat (*lift*) merupakan gaya resultan yang tegak lurus terhadap arah kecepatan hulu. Gaya angkat umumnya didefinisikan dengan persamaan :



$$\text{Gaya angkat} = C_L \cdot \frac{\rho \cdot (v)^2}{2} \cdot A \quad (2-6)$$

Dimana:

$C_L$  : Coefisient lift

$\rho$  : Massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

$A$  : Luas sayap ( $\text{m}^2$ )

$V$  : Kecepatan aliran air terhadap sayap

Untuk *airfoil*, simbol  $A$  pada persamaan diatas adalah *planform area* yang mempunyai nilai yang berbanding lurus dengan gaya angkat yang dihasilkan. Dengan bertambahnya panjang *chord* maka luas bidang angkat pada turbin air Darrieus bertambah besar pula.

## 2.10 Unjuk Kerja Turbin Air

### 2.10.1 Water Horse Power (WHP)

*Water Horse Power* (WHP) adalah energi yang dimiliki oleh air dalam bentuk *velocity head* (head turbin) yang nantinya akan dirubah menjadi energi poros. *Water Horse Power* (WHP) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (2-7)$$

$$\frac{E}{t} = \frac{\frac{1}{2} \cdot m \cdot (v)^2}{t} \quad (2-8)$$

$$\text{WHP} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot (V)^2 \quad (2-9)$$

$$\text{WHP} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot (V)^3 (\text{watt}) \quad (2-10)$$

Dimana:

*WHP* : *Water Horse Power* (watt)

$A$  : Luas penampang saluran air ( $\text{m}^2$ )

$V$  : Kecepatan aliran air (m/s)

$\rho$  : Massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

### 2.10.2 Brake Horse Power (BHP)

*Brake Horse Power* (BHP) adalah daya yang diterima poros turbin air dari aliran fluida yang membentur sudu-sudu turbin air. *Brake Horse Power* (BHP) dapat diukur menggunakan neraca pegas untuk mengukur torsi pada poros turbin air. *Brake Horse Power* (BHP) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$BHP = T \cdot \omega \quad (2-11)$$

$$BHP = F \cdot l \cdot \omega \text{ (watt)} \quad (2-12)$$

dimana :

*BHP* : *Brake Horse Power* (Watt)

*T* : Torsi (Nm)

*F* : Gaya Tangensial (N)

$\omega$  : Kecepatan sudut  $\frac{2\pi n}{60}$  (rad/s)

*l* : Lengan torsi (m)

### 2.10.3 Efisiensi Turbin Air

Efisiensi turbin air merupakan perbandingan antara *Brake Horse Power* (BHP) dengan *Water Horse Power* (WHP). Efisiensi turbin air menunjukkan kemampuan turbin air untuk merubah energi air yang berupa *velocity head* menjadi energi mekanik pada putaran poros turbin air. Efisiensi turbin air dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{\text{Brake Horse Power (BHP)}}{\text{Water Horse Power (WHP)}} \text{ (\%)} \quad (2-13)$$

$$\eta = \frac{T \cdot \omega}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot (V)^3} \text{ (\%)} \quad (2-14)$$

dimana:

*BHP* : *Brake Horse Power* (watt)

*WHP* : *Water Horse Power* (watt)

### 2.11 Hipotesa

Semakin tinggi sudu pada turbin maka semakin besar luas bidang sudu turbin sehingga nilai gaya yang dihasilkan semakin besar. Nilai tersebut berbanding lurus dengan torsi, BHP dan efisiensi turbin air darrieus.

