

## BAB II

# TINJAUAN PUSTAKA

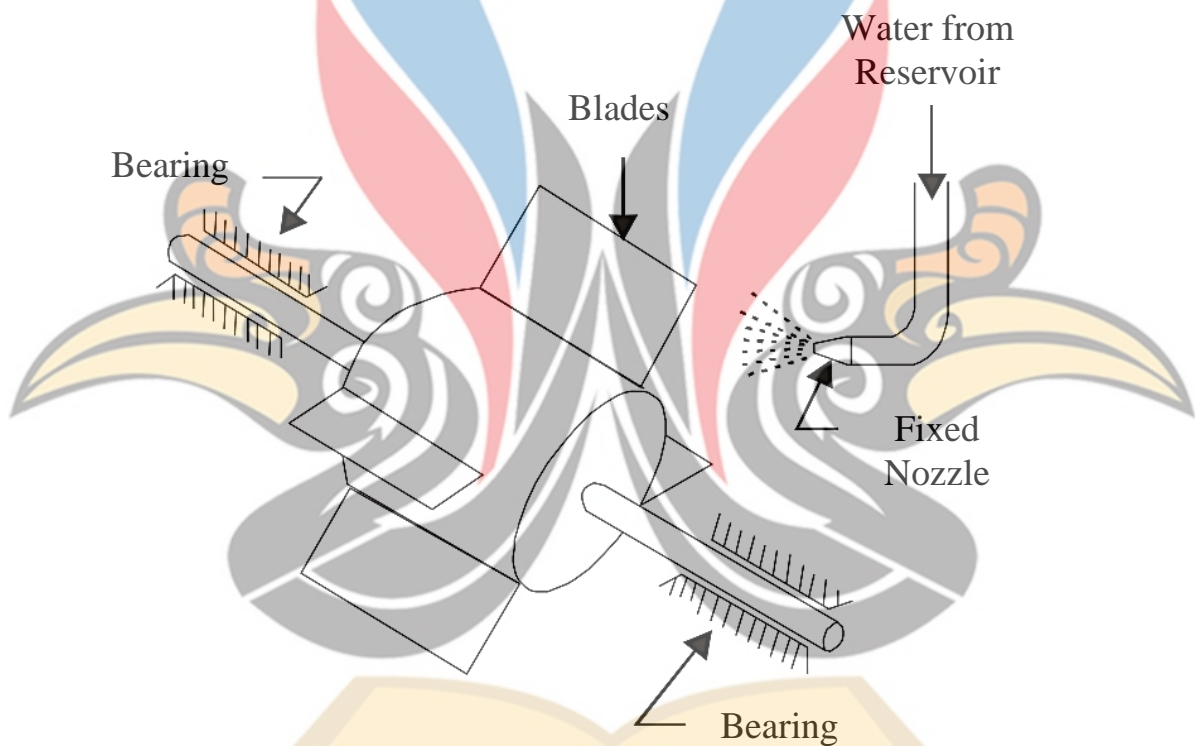
### 2.1 Turbin Air

Turbin merupakan mesin penggerak yang berguna untuk merubah energi potensial fluida menjadi energi mekanik yang dapat dirubah lagi menjadi energi listrik yang dapat digunakan dengan bantuan generator sebagai pengubah energinya. Turbin memiliki beberapa bagian salah satunya yaitu *runner* atau roda turbin, bagian ini terletak didalam sebuah wadah yang dinamakan rumah turbin untuk memutar poros daya guna menggerakkan generator listrik. Roda turbin memiliki sudut yang dapat mengalirkan fluida melalui ruang diantara sudu-sudu tersebut. Sebuah roda turbin dapat memiliki beberapa jumlah sudu gerak yang dipasang secara berurutan dengan arah aliran yang sama, setiap baris sudu terdiri dari sudu yang disusun melingkar dengan jarak yang sama antara sudu yang satu dengan yang lainnya dan dengan bentuk yang sama pula. Turbin dengan 1 baris sudu disebut turbin tingkat tunggal, sedangkan untuk turbin dengan beberapa garis bujur disebut juga dengan turbin tingkat ganda. Prosesnya yaitu fluida mengalir dari baris sudu yang pertama kemudian baris kedua, ketiga, dan seterusnya (Haimerl, 1960). Menurut Haimerl, 1960, kelebihan turbin antara lain:

1. Ruang yang diperlukan lebih kecil atau lebih kompak.
2. Mampu dioperasikan dengan kecepatan lebih tinggi.
3. Daya yang dibangkitkan lebih besar dengan ukuran yang relatif kecil.
4. Daerah putaran (rpm) yang lebih luas, sehingga memungkinkan hubungan langsung dengan generator.
5. Mampu dimanfaatkannya beda ketinggian permukaan air dari yang sangat rendah sampai yang lebih tinggi.
6. Mampu bekerja terendam di dalam air.
7. Mempunyai efisiensi yang relatif lebih baik.
8. Mampu dikonstruksikan dengan poros mendatar maupun tegak.

### 2.1.1 Turbin Impuls

Turbin yang pengaplikasiannya dengan mengkonversi seluruh energi pada air menjadi energi kinetik melalui *nozzle* dapat disebut dengan turbin impuls. Energi kinetik yang didapat berupa kecepatan dapat digunakan sebagai daya untuk penggerak turbin yang diarahkan menggunakan *nozzle* dengan beberapa bentuk tertentu. Turbin dapat bergerak akibat adanya gaya dorong dari air yang keluar dari *nozzle* yang kemudian mendorong turbin untuk dapat berputar. Putaran dari turbin impuls ini bekerja pada tekanan atmosfer, sehingga tidak terjadi perbedaan tekanan pada saat air masuk dan air keluar dari turbin (Aung dkk, 2014).



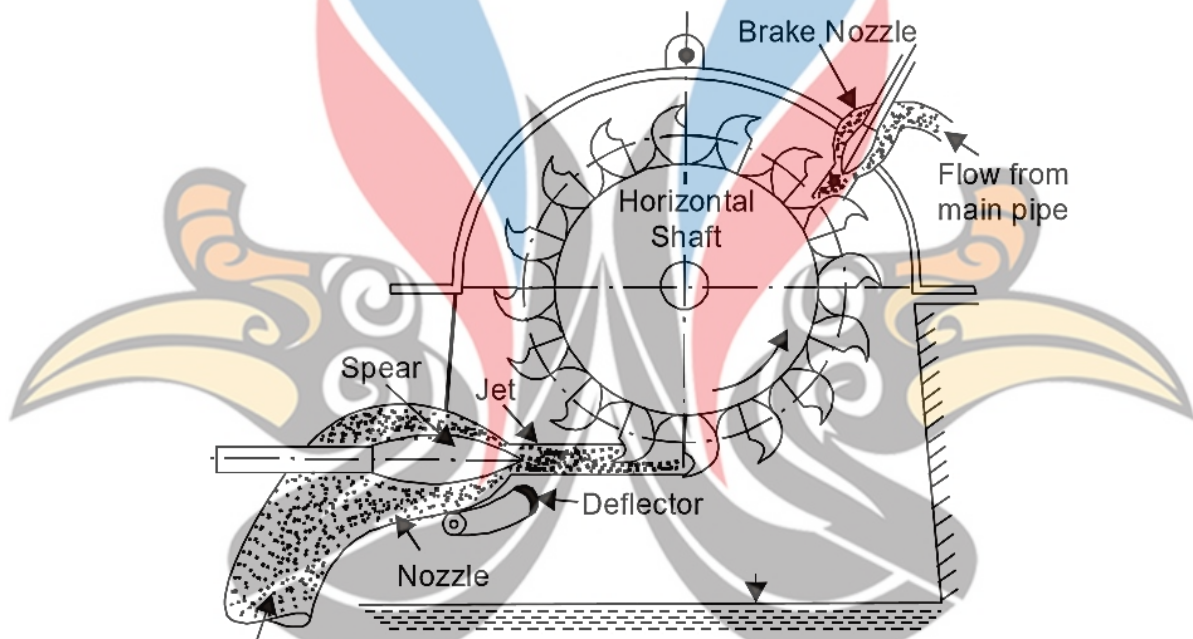
Gambar 2.1 Turbin Impuls (Raja dkk, 2006)

Ada beberapa contoh turbin impuls, diantaranya yaitu:

1. Turbin *Pelton*

Turbin impuls memiliki beberapa jenis, salah satunya yaitu turbin *pelton*, turbin *pelton* atau biasa disebut turbin pancaran merupakan salah satu dari jenis turbin impuls yang bekerja pada tekanan atmosfer dikarenakan air masuk dan keluar dari turbin sama dengan tekanan atmosfer. Turbin jenis ini digunakan sudu-sudu yang sederhana berbentuk seperti sendok makan yang menerima pancaran air dari

*nozzle* sebagai penggerak utama turbin. Turbin *pelton* yang dapat diaplikasikan memiliki *head* yang tinggi yaitu sampai dengan 2000 m dengan kecepatan spesifik hingga mencapai 15. Turbin *pelton* ini ditemukan oleh Lester Allan Pelton pada tahun 1870-an. Jenis ini juga biasa disebut dengan turbin pancaran bebas. Pernah dilakukan penyempurnaan oleh Pelton yaitu dengan diterapkan mangkok ganda simetris dengan bentuk dasar yang masih tetap dengan punggung pembelah untuk membagi jet menjadi 2 paruh yang sama, yang dibelokkan menyamping. Turbin jenis ini pada dasarnya terdiri dari *runner*, *nozzle* dan rumah turbin. Efisiensi hidrolis roda turbin ini dapat mencapai 85-95% (Raja dkk, 2006).



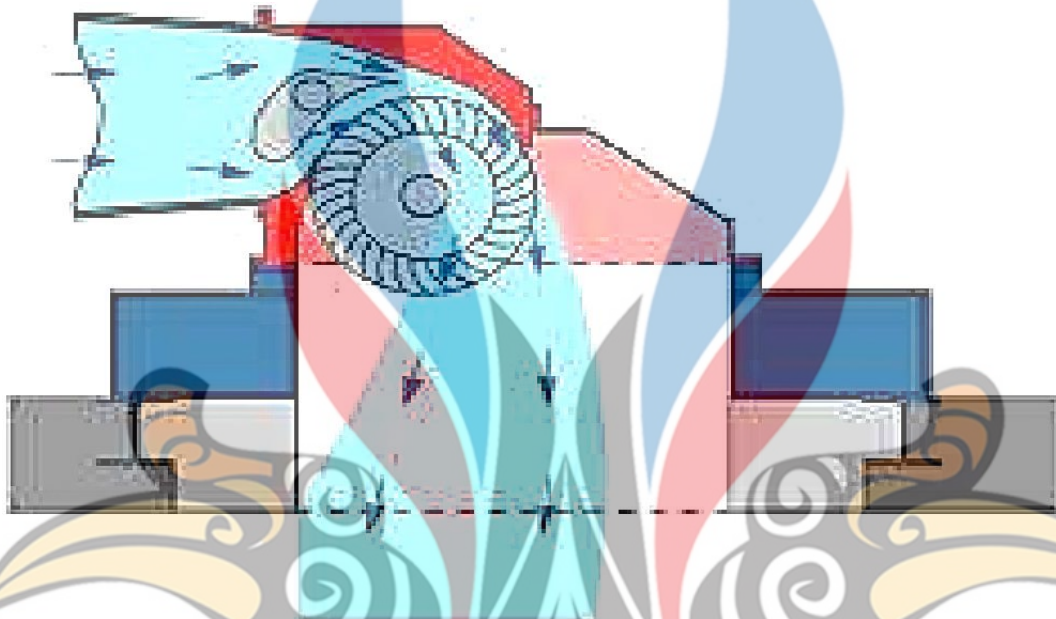
Gambar 2.2 Turbin Pelton (Raja dkk, 2006)

## 2. Turbin *Crossflow*

Turbin air dari jenis turbin aksi atau impuls lainnya yaitu turbin *Crossflow*. Turbin ini memiliki prinsip kerja yang awalnya ditemukan oleh seorang insinyur dari Australia yang bernama A.G.M. Michel 1903. Turbin ini kemudian digunakan sebagai kincir air maupun jenis turbin mikrohidro lainnya. Penggunaan dengan daya yang sama, turbin ini dapat menghemat biaya pabrikasi penggerak hingga 50% daripada penggunaan kincir air dengan bahan yang sama. Penghematan tersebut dapat dicapai dikarenakan ukuran turbin ini memiliki dimensi yang lebih kecil dan lebih kompleks dibandingkan kincir air lainnya. Turbin ini dapat dibuat dengan



diameter sebesar 20 cm sehingga bahan yang dibutuhkan sangatlah efisien dan murah. Demikian juga dengan daya guna dan efisiensi rata-rata turbin ini lebih tinggi dibandingkan dengan kincir air yang lain. Pengujian yang telah didapatkan dan dilakukan oleh pabrik turbin Ossberger Jerman Barat, menyimpulkan bahwa daya guna kincir air jenis yang paling unggul sekalipun hanya mencapai 70% efisiensinya sedangkan untuk turbin kelas 10 mencapai 82% (Heimerl, 1960).



Gambar 2.3 Turbin Tipe *Crossflow* (Heimerl, 1960)

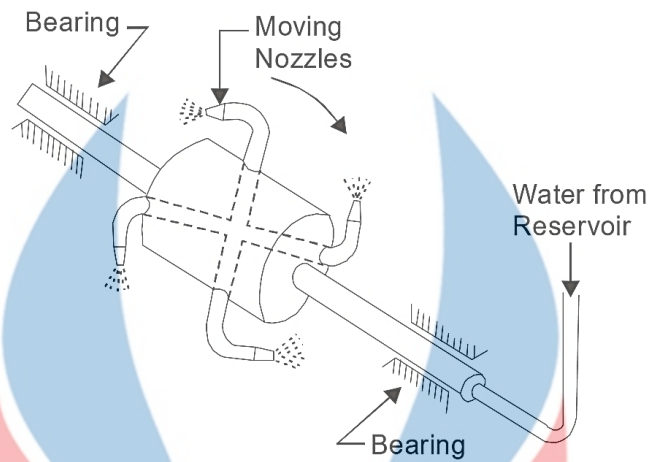
Turbin *Crossflow* ini menggunakan *nozzle* dengan permukaan yang berbentuk persegi panjang yang lebarnya disesuaikan dengan lebar *runner* agar air yang keluar dari *nozzle* dan masuk ke turbin serta mengenai sudu turbin dapat mengkonversi energi kinetik menjadi energi mekanis. Keluaran air dari sudu pada sisi bawah *runner* masih memberikan sisa energi saat air tersebut keluar dari turbin (Irawan, 2018).

### 2.1.2 Turbin Reaksi

Turbin reaksi menggunakan kecepatan dan tekanan penggerak utama pada turbin. Energi yang dihasilkan oleh air diubah menjadi kecepatan dan tekanan yang dapat menyebabkan sisi masuk dari turbin memiliki tekanan yang lebih tinggi dibandingkan sisi keluar turbin. Perbedaan tekanan ini yang mengakibatkan turbin

reaksi memiliki sisi masuk yang bekerja pada ruang yang tertutup tidak seperti pada turbin impuls.

www.itk.ac.id

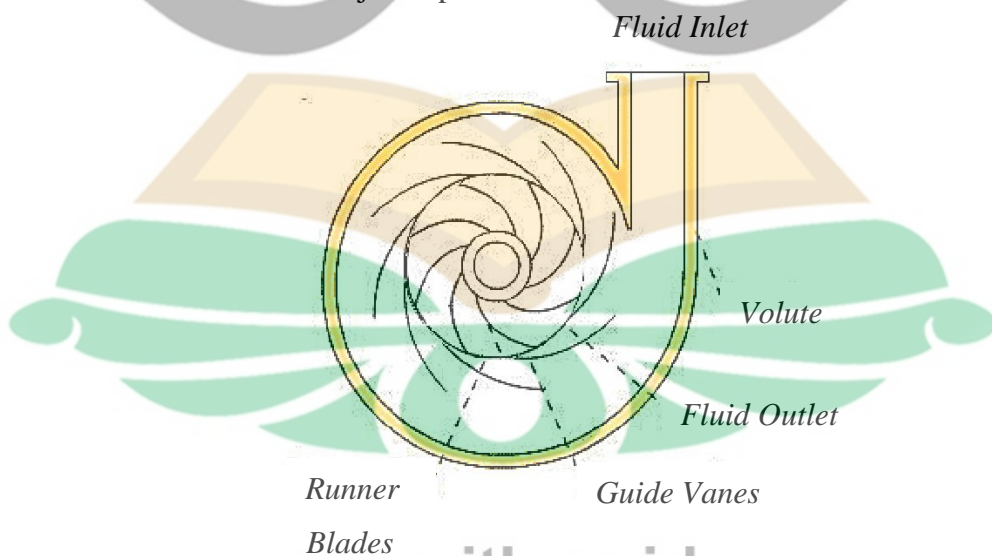


Gambar 2.4 Turbin Reaksi (Raja dkk, 2006)

Jenis-jenis turbin reaksi diantaranya:

1. Turbin *Francis*

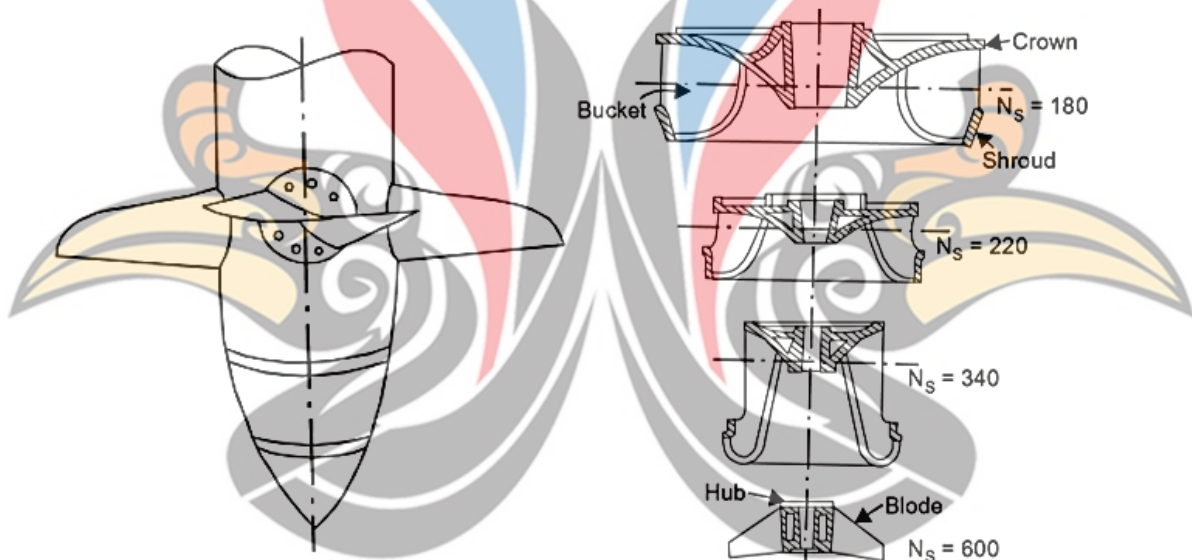
Turbin *Francis* merupakan salah satu jenis turbin *over pressure* atau tekanan berlebih. Sudu dari turbin *Francis* terdiri dari sudu pengarah dan sudu jalan, dimana posisi keduanya berada dibawah permukaan air atau terendam oleh air. Perubahan energi terjadi seluruhnya dalam sudu pengarah dan sudu gerak dengan dialirkan air kedalam sebuah terusan atau dilewatkan ke dalam sebuah cincin yang berbentuk spiral atau rumah keong yang disebut *volute* (Raja, 2006). Sketsa turbin *Francis* ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Sketsa Turbin *Francis* (Sinaga, 2015)

## 2. Turbin *Propeller*

Turbin *propeller* merupakan turbin yang menggunakan *runner* hasil dari pengembangan turbin *Francis*. Turbin ini, jumlah sudu atau baling-baling jauh lebih sedikit dibandingkan dengan turbin *Francis*, yaitu antara 1 sampai 6 buah dan memiliki lebih sedikit sambungan. Turbin tipe *propeller* juga memiliki sudu yang dapat berubah posisi yang dikenal dengan sebutan turbin kaplan. Turbin *propeller* dengan sudu tetap, memiliki efisiensi mencapai 50% pada kondisi operasi 40 % beban dengan pembebanan dari generator maupun komponen transmisi lain. Turbin jenis ini dioperasikan pada *head* antara 5 sampai 10 m, namun dengan debit yang besar penggunaan turbin ini cukup efektif pada *powerplant* dengan kapasitas besar (Raja, 2006).



Gambar 2.6 Turbin Kaplan dan Sudu pada Turbin *Propeller* (Raja dkk, 2006)

### 2.1.3 Pemilihan Jenis Turbin

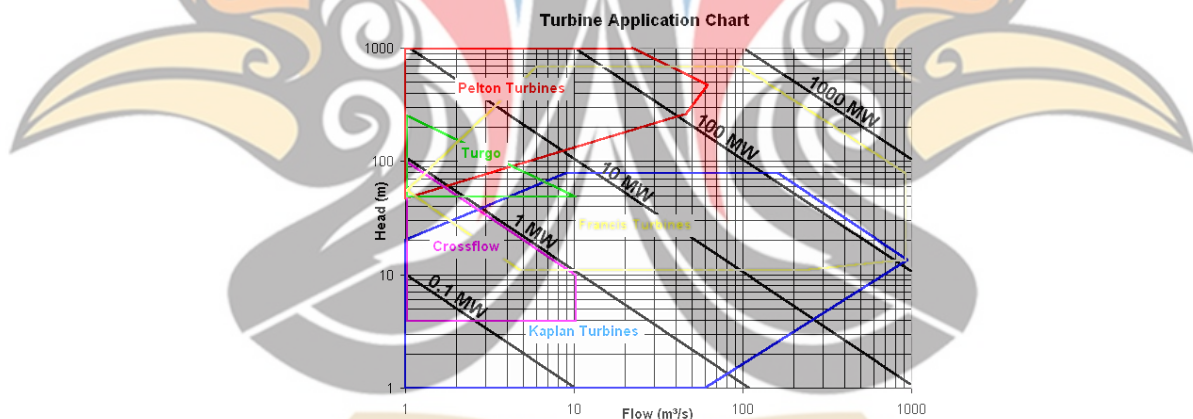
Pembuatan turbin pada dasarnya harus terlebih dahulu melakukan pemilihan jenis turbin yang digunakan untuk PLTMH dengan mempertimbangkan besarnya *head* dan besarnya debit air. Berikut merupakan tabel kriteria pemilihan jenis turbin air (Kusnadi, 2018).

Tabel 2.1 Kriteria Pemilihan Turbin Air Berdasarkan *Head*

Jenis Turbin	Variasi <i>Head</i> (m)
Kaplan atau <i>propeller</i>	$1 < H < 20$
<i>Francis</i>	$10 < H < 350$
<i>Pelton</i>	$50 < H < 1000$
<i>Crossflow</i>	$6 < H < 100$
<i>Turgo</i>	$50 < H < 250$

\*) Kusnadi, 2018

Pemilihan jenis turbin juga dapat ditentukan menggunakan grafik *Turbine Application Chart* yang telah digambarkan secara jelas kriteria berbagai macam jenis turbin air dengan *head* dan debit air tertentu. Turbin air juga dapat diklasifikasikan dengan beberapa cara, namun yang biasa digunakan adalah pemilihan turbin air berdasarkan prinsip kerjanya. Berdasarkan prinsip kerjanya, turbin air terbagi menjadi dua yaitu turbin impuls dan turbin reaksi (Kusnadi, 2018).



Gambar 2.7 Gambar Grafik Pemilihan Jenis Turbin Air (Kusnadi, 2018)

## 2.2 Komponen-komponen Turbin *Propeller*

Terdapat empat komponen utama dari turbin air jenis *propeller*. Komponen-komponen turbin *propeller* terdiri atas:

1. Sudu *Runner*

Sudu-sudu (*runner*) merupakan komponen utama dari turbin yang berfungsi untuk mengubah daya air menjadi daya putar pada poros. Daya tersebut kemudian di ubah menjadi daya listrik dengan digunakan generator.





Gambar 2.8 Sudu *Runner* (Myint dan Htay. 2014)

2. Sudu Pengarah (*Guide vane*)

Berupa piringan berbentuk bulat yang diberi celah alur untuk penempatan sudu pengarah dan merupakan bagian primer yang mengubah tekanan dari fluida menjadi energi kinetik. Aliran air yang masuk dari sumber melalui sudu yang ditempatkan secara permanen atau diam (Tonglolangi, 2015).

3. *Bearing*

*Bearing* adalah bagian dari mesin, yang terbuat dari logam, yang berfungsi untuk memperkecil gesekan pada perputaran antara poros dengan rumah atau sebaliknya. *Bearing* juga berfungsi menumpu poros yang berbeban, sehingga putaran yang terjadi dapat berlangsung secara halus aman dan tahan lama dalam penggunaannya (Tonglolangi, 2015).

4. Poros

Poros merupakan suatu bagian yang terpenting dari sebuah turbin karena memiliki peranan penting dalam transmisi, yang meneruskan daya ke bagian-bagian yang lain. Daya poros diklasifikasikan menurut fungsinya yaitu poros transmisi, poros *spindle*, dan gandar. Sesuai dengan fungsi dan kegunaannya, maka dalam perancangan ini poros yang digunakan adalah jenis poros transmisi karena daya yang ditransmisikan kepada poros melalui puli dan sabuk (Tonglolangi, 2015).

### 2.3 Sudu Pengarah (*Guide vane*)

Piringan berbentuk bulat yang diberi celah alur untuk penempatan sudu pengarah dan merupakan bagian primer yang mengubah tekanan dari fluida menjadi energi kinetik disebut dengan *guide vane*. Aliran air yang masuk dari

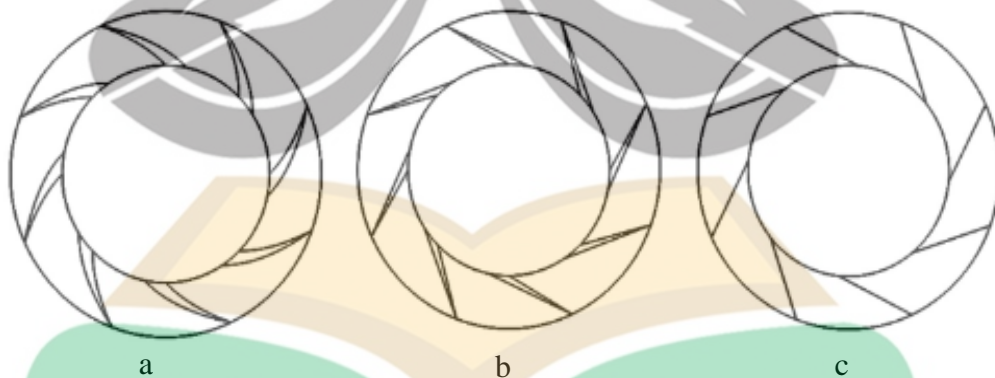


sumber melalui sudu yang ditempatkan secara permanen atau diam (Tonglolangi, 2015).

### 2.3.1 Bentuk Sudu *Guide vane*

Sudu merupakan suatu penampang yang menampung bentuk aliran air yang dibuat untuk menghasilkan gaya angkat dan gaya dorong pada saat tertentu yang dimanfaatkan oleh turbin air. Gaya dorong yang dihasilkan oleh sudu inilah yang kemudian dimanfaatkan untuk menghasilkan torsi. Besar kecilnya gaya angkat yang terjadi akan berubah-ubah tergantung desain sudu dan kondisi operasinya. Gaya dorong yang dihasilkan pada sudu-sudu turbin air dimanfaatkan untuk memutar generator listrik yang terhubung dengan poros turbin air. Generator listrik dapat bekerja dengan baik dan aman jika putaran selalu dijaga pada kisaran tertentu. Sudu dapat menghasilkan gaya dorong yang dibutuhkan untuk mempertahankan turbin air supaya tetap berputar (Yassyir, 2018).

Bentuk sudu *guide vane* sangat menentukan putaran turbin, dengan tepatnya penentuan bentuk sudu akan memengaruhi kecepatan tangensial yang memutar roda turbin untuk meningkatkan kinerja turbin. Penelitian turbin air dilakukan untuk menentukan bentuk sudu yang tepat untuk menghasilkan kinerja turbin yang maksimal (Yani, 2017).



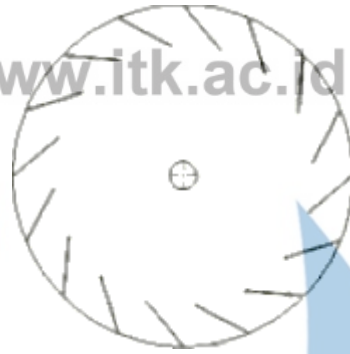
Gambar 2.9 Jenis Bentuk Sudu *Guide Vane* (a) *Curve Triangle*, (b) *Straight Triangle*, dan (c) *Straight Line* (Korprasertsak dan Leephakpreeda, 2016).

Gambar 2.9 menunjukkan beberapa jenis bentuk *guide vane*, bentuk tersebut dapat dibedakan menjadi 3 bentuk yaitu *straight line*, *straight triangle*, dan *curve triangle*. Karakteristik dari bentuk *straight line* memiliki keunggulan karena memiliki daya keluaran dan efisiensi yang lebih baik. Kedua sisi luar dan dalam

pada bagian sudu *guide vane* tersebut lurus dan tidak memiliki bentuk yang spesial, oleh karenanya fluida yang mengalir melewati *guide vane* tersebut tidak terhambat dan sedikit memiliki gaya *drag* dan murni hanya untuk mengarahkan aliran serta mengatur debit yang akan melewatinya dan diteruskan ke turbin, kemudian pada bentuk *straight triangle* memiliki bentuk yang meruncing dibagian ujung dalam yang membuat air tidak lebih mengarah langsung ke dalam turbin, walaupun gaya *drag* pada *guide vane* jenis ini kecil namun dapat membuat air saling bertabrakan dan dapat terjadi penurunan daya air untuk memutar turbin. Bentuk *curve triangle* memiliki bentuk yang spesial karena bentuknya yang melengkung serta dapat mengarahkan aliran fluida langsung menuju ke turbin, namun hal ini juga dapat dimasukkan kedalam kekurangan karena bentuknya tadi dapat mengurangi *vortex* pada air yang akan menuju kedalam turbin, jika *vortex* air berkurang, kemampuan air untuk memutar turbin pun berkurang, terutama pada sudut bukaan yang semakin besar. Akibatnya pada sisi dalam bagian bentuk ini memiliki gaya *drag* yang lebih tinggi dibanding kedua variasi bentuk lainnya. Bentuk sudu *guide vane* berpengaruh terhadap putaran pada turbin air *propeller* dimana bentuk dari *guide vane* memengaruhi aliran air yang masuk ke turbin untuk memutar turbin tersebut. Air yang masuk dan mengenai turbin memiliki energi kinetik dan energi tekanan yang kemudian diubah menjadi energi mekanik oleh turbin. Variasi bentuk sudu *guide vane* juga dapat menambahkan daya mekanik dan kecepatan anguler (Korprasertsak dan Leephakpreeda, 2016).

### 2.3.2 Sudut Sudu *Guide vane*

Efek dari pengujian sudut *guide vane* pada performa sebuah turbin sangat menarik, terutama pada evaluasi dari sudut *guide vane* tersebut dapat membuat aliran masuk yang berputar seperti *vortex*. Penggunaan *guide vane* ini dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan aliran (Singh dan Nestmann, 2009).



Gambar 2.10 Sudu Turbin Angin *Crossflow* (Prihananto, 2017)

Variasi sudut *guide vane* yang diuji adalah sudut  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ , dan  $25^\circ$ . Dari pengujian turbin kaplan diperoleh daya listrik yang dihasilkan oleh alternator tanpa beban pada sudut  $15^\circ$  sebesar 3,024 Watt, pada sudut  $20^\circ$  sebesar 4,532 Watt, dan pada sudut  $25^\circ$  sebesar 4,3068 Watt. Semakin besar sudut bukaan semakin besar pula daya yang dihasilkan, namun pada sudut tertentu dialami penurunan daya (Ginting, 2017).



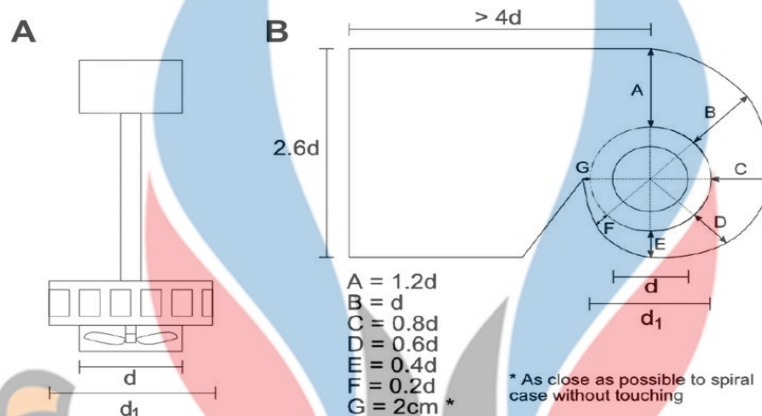
Gambar 2.11 Sudu *Guide Vane*  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ , dan  $25^\circ$  (Ginting, 2017).

Gambar 2.11 menunjukkan beberapa variasi sudut bukaan *guide vane*, aliran air yang masuk ke dalam turbin dapat dipengaruhi oleh sudut bukaan. Semakin besar sudut bukaan, air yang mengalir melalui sudu-sudu *guide vane* semakin banyak dan mampu memutar turbin secara maksimal untuk beberapa variasi sudut tertentu. Variasi bukaan sudut ini berimbas kepada kemampuan *vortex* yang dihasilkan oleh air setelah melewati *guide vane* dan jatuh ke turbin. Air yang menabrak sudu *guide vane* dipengaruhi gaya *drag* pada sudut bukaan *guide vane*, semakin besar sudut yang diikuti oleh bentuk dari aliran *vortex* yang dihasilkan maka semakin besar pula *vortex* yang dihasilkan setelah melewati sudu *guide vane* (Ginting, 2017).



## 2.4 Basin

Basin merupakan suatu cekungan yang digunakan sebagai pembentuk aliran memutar yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan tenaga kinetik. Tenaga tersebut dapat memutar turbin air, sehingga energi mekanik berupa putaran dari turbin air dapat dihasilkan dan dapat diubah menjadi energi listrik oleh generator. Basin yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 2.12 (Müller dan Stamm, 2018):



Gambar 2.12 Geometri Basin (Susanto dan Stamp, 2012)

## 2.5 Perhitungan Pada Turbin Air

### 2.5.1 Daya Air ( $P_{air}$ )

Daya turbin dapat ditentukan bergantung pada energi potensial yang ada. Energi potensial air dapat dimanfaatkan untuk menjadi energi gerak pada turbin air, energi potensial air dapat dihitung terlebih dahulu dengan persamaan berikut (Afryzal, 2017):

$$E_{air} = m \cdot g \cdot h \quad (2.1)$$

dengan  $m$  adalah massa air (kg), Persamaan 2.1 pun dapat diterjemahkan sebagai daya air merupakan energi yang dihasilkan tiap satuan waktu (t), maka dapat ditulis

$$P_{air} = \frac{E_{air}}{t} \quad (2.2)$$

dengan nilai  $P_{air}$  merupakan daya keluaran air (Watt), dengan disubstitusikan ke Persamaan 2.2  $\frac{m}{t}$  dengan  $\rho \cdot Q$  maka didapatkan persamaan baru

$$P_{air} = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \quad (2.3)$$



dengan  $\rho$  merupakan massa jenis air yang bernilai  $997 \text{ kg/m}^3$ ,  $Q$  merupakan nilai dari debit aliran dengan satuan  $\text{m}^3/\text{s}$ ,  $g$  merupakan nilai gravitasi bumi yang bernilai  $9,8 \text{ m/s}^2$  dan  $H$  merupakan tinggi dari jatuhnya air dalam satuan  $\text{m}$  (Afryzal, 2017).

### 2.5.2 Daya Turbin ( $P_T$ )

Daya turbin dapat dihitung secara mekanik maupun elektrik. Daya dari turbin dapat diukur menggunakan neraca pegas atau menggunakan generator sebagai penghasil dayanya. Penelitian yang dilakukan menggunakan generator sebagai penghasil daya. Daya dari generator adalah daya listrik aktual yang dihasilkan turbin bergantung dari jenis generatornya. Generator akan mengkonversi energi putaran menjadi energi listrik yang dapat digunakan. Gerak Gaya Listrik (GGL) pada generator yang berputar akan dihasilkan tegangan dan arus listrik. Perkalian antara tegangan keluaran dan arus keluaran yang dihasilkan dari daya aktual listrik turbin air dapat ditunjukkan pada persamaan (Wiranto, 2016):

$$P_g = V_{out} \cdot I_{out} \quad (2.4)$$

nilai  $P_g$  merupakan daya keluaran generator yang dapat juga menjadi daya aktual listrik dalam satuan Watt,  $V_{out}$  merupakan tegangan listrik yang dihasilkan oleh adanya GGL dalam satuan *volt* dan  $I_{out}$  adalah arus listrik yang dihasilkan dalam satuan *ampere* (Wiranto, 2016).

### 2.5.3 Efisiensi ( $\eta$ )

Efisiensi turbin yaitu perbandingan antara daya turbin dengan daya air. Efisiensi dapat digunakan sebagai acuan dalam dipilihnya jenis turbin berdasarkan kinerja turbin yang telah dilakukan pengujian, kemudian dilihat seberapa besar nilai efisiensinya. Semakin besar efisiensi yang dihasilkan, semakin bagus pula kinerja turbin, namun sebisa mungkin efisiensi tersebut juga harus dalam kondisi konstan. Nilai efisiensi turbin dapat dicari dengan persamaan (Afryzal, 2017):

$$\eta_T = \frac{P_g}{P_{air}} \quad (2.5)$$

dengan  $\eta_t$  merupakan efisiensi turbin,  $P_g$  merupakan daya turbin dalam satuan Watt dan untuk  $P_{air}$  merupakan daya air dalam satuan Watt atau miliWatt (Afryzal, 2017).

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah penelitian terdahulu sebagai acuan yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

Nama dan Tahun Publikasi	Judul Referensi	Hasil
Rafael Sanjaya Ginting (2017)	<p>Uji Eksperimental Pada Turbin Kaplan dan Analisa Perbandingan Variasi Sudu Pengarah 15°, 20°, dan 25° Terhadap 8 Sudu Gerak dan Jarak Vertikal 25 Cm</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Jenis sudu <i>guide vane</i> plat lurus.</li> <li>2. Daya air yang masuk ke turbin sebesar 122,15412 Watt</li> <li>3. Putaran maksimum poros turbin dan generator ada pada <i>guide vane</i> sudut bukaan 20° tanpa beban dengan 473,3 rpm dan 1206,9 rpm</li> <li>4. Torsi maksimum ada pada sudut bukaan <i>guide vane</i> 15° tanpa beban yaitu 0,521 Nm.</li> <li>5. Daya yang dihasilkan alternator dengan <i>guide vane</i> 15° tanpa beban adalah sebesar 22,73 Watt, pada <i>guide vane</i> 20° adalah sebesar 25,74 Watt, dan pada <i>guide vane</i> 25° adalah sebesar 28,82 Watt</li> <li>6. Efisiensi dan daya maksimum turbin berada pada <i>guide vane</i> 20° yaitu sebesar 21,2% dan 23,778 Watt</li> </ol>

Nama dan	www.itk.ac.id Judul Referensi	Hasil
Tahun	Publikasi	
Natapol Korprasertsak dan Thananchai Leephakpreeda (2016)	<i>Analysis and optimal design of wind booster for Vertical Axis Wind Turbines at low wind speed</i>	<p>7. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, sudut <i>guide vane</i> yang paling efisien yaitu 20°</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desain <i>wind booster</i> dapat memperbaiki performa mekanikal dari turbin vertikal pada kecepatan angin rendah.</li> <li>2. Analisis yang dihasilkan bahwa turbin dapat berputar lebih cepat saat menggunakan <i>wind booster</i>.</li> <li>3. Menghasilkan tenaga mekanikal yang lebih tinggi dengan optimasi desain <i>wind booster</i> yang telah ditemukan.</li> </ol>
Dhadung Prihananto (2017)	<p>Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Kemiringan Sudu, Posisi Vertikal Turbin <i>Cross Flow</i> Dan Sudut Pengarah Aliran (<i>Guide vane</i>) Terhadap Daya Poros Yang Dihasilkan Pada Sistem Pemulihan Energi Terintegrasi Dengan Menara Pendingin</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Variasi sudut kemiringan sudu 0° dan 90°</li> <li>2. Performa turbin angin dengan sudut kemiringan sudu sebesar 60° memiliki performa terbaik.</li> <li>4. Turbin angin dengan 2 buah <i>guide vane</i> dengan kemiringan <i>guide vane</i> 1 sebesar 90° dan <i>guide vane</i> sebesar 0° mampu meningkatkan daya poros turbin angin sebesar 26%</li> </ol>

Nama dan	Judul Referensi	Hasil
Tahun Publikasi	<p data-bbox="501 1167 804 1476">Pengaruh Sudut Pengarah Aliran dan Jumlah Sudu Radius Berengsel Luar Roda Tunggal terhadap Kinerja Turbin Kinetik</p>	<p data-bbox="826 398 1279 707">5. Dengan penggunaan <i>guide vane</i> yang tepat maka pemasangan turbin angin <i>crossflow</i> tidak akan memengaruhi konsumsi daya model <i>cooling tower</i></p> <p data-bbox="826 725 1279 1476">1. Sudut pengarah aliran dan jumlah sudu radius berengsel luar roda tunggal berpengaruh terhadap kinerja turbin kinetik. Sudut pengarah aliran 35° lebih tinggi daripada penggunaan sudut pengarah aliran 25° dan 15°. Kinerja turbin jumlah sudu 12 lebih tinggi dibanding jumlah sudu 10, dan 8. Semakin besar sudut pengarah aliran dan jumlah sudu maka semakin besar daya, efisiensi serta torsi.</p> <p data-bbox="826 1494 1279 1917">2. Kinerja maksimum terjadi pada sudut aliran 35°, jumlah sudu 12 dengan putaran yang dihasilkan 90 rpm dan debit air 50 m<sup>3</sup>/jam dan daya yang dihasilkan sebesar 21,365 Watt, efisiensi senilai 33,241% dan torsi sebesar 3,864 N.m.</p>
Adrian Maidangkay dkk (2014)		



Nama dan	www.itk.ac.id Judul Referensi	Hasil
Tahun		
Publikasi		
Yoga Arob Wicaksono dkk (2018)	<i>Influence of Omni- Directional Guide vane (ODGV) on The Performance of Cross- flow Rotor for Urban Wind Energy</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Coefficient power</i> meningkat sebesar 12,47% - 21,46% dibanding dengan turbin angin tanpa ODGV dan kondisi aliran disekitar turbin telah <i>diimprove</i>.</li> <li>2. Efisiensi maksimum pada turbin dengan ODGV masih rendah, dan efisiensi perlu dinaikkan 40% hingga 50% untuk memproduksi energi listrik.</li> <li>3. Di sisi lain, turbin angin dengan ODGV memiliki beberapa keuntungan untuk lingkungan perkotaan yaitu torsi tinggi, penyalaan awal yang baik, tidak berisik, stabilitas tinggi dan mudah untuk manufaktur.</li> </ol>

