

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik adalah sumber daya yang paling banyak digunakan karena memiliki banyak fungsi, diantaranya dalam menunjang kehidupan manusia, listrik digunakan sebagai satu alat-alat elektronik dan alat lainnya yang membutuhkan listrik. Listrik menopang kelangsungan di berbagai bidang, seperti halnya bidang industri, bidang pendidikan, dan lain sebagainya. Dengan demikian listrik menempatkan dirinya pada posisi pertama sebagai kebutuhan primer bangsa.

Namun hal ini berbanding terbalik dengan terbatasnya bahan bakar yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik, karena pembangkit listrik dengan bahan bakar fosil masih sangat diandalkan. Hal ini membuat banyak Negara termasuk Indonesia mencari cara dalam pemanfaatan energi untuk menambah pasokan listrik guna memenuhi kebutuhan di berbagai bidang dan aspek kehidupan dikarenakan Indonesia mengalami lonjakan hebat dalam konsumsi energi. Dari tahun 2000 hingga tahun 2004 konsumsi energi primer Indonesia meningkat sebesar 5.2 % per tahunnya. Peningkatan ini cukup signifikan apabila dibandingkan dengan peningkatan kebutuhan energi pada tahun 1995 hingga tahun 2000, yakni sebesar 2.9 % pertahun. Dengan keadaan yang seperti ini, diperkirakan kebutuhan listrik Indonesia akan terus bertambah sebesar 4.6 % setiap tahunnya, hingga diperkirakan mencapai tiga kali lipat pada tahun 2030. Oleh karena itu, perlu dikembangkan sumber energi terbarukan yang dapat menggantikan sumber energi berbasis fosil yang tidak ramah lingkungan.

Air merupakan salah satu sumberdaya alam yang tidak ada habisnya. Secara konstan tersedia melalui siklus global, evaporasi dan pengembunan. Melalui proses mekanik, aliran air dapat digunakan untuk menggerakkan turbin dan generator yang akan menghasilkan energi listrik.

Pembangkit listrik tenaga air daerah terpencil memang sudah ada namun, masih banyak aliran sungai yang belum dimanfaatkan menjadi pembangkit listrik. Sementara itu, PLN belum dapat melayani distribusi listrik sampai ke desa-desa terpencil, padahal banyak desa terpencil yang memiliki potensi sumberdaya air yang dapat dikembangkan menjadi PLTMH.

Pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 200kW), yang memanfaatkan aliran air sebagai sumber penghasil energi. PLTMH merupakan salah satu sumber energi terbarukan dan sangat layak disebut *clean energy* karena ramah lingkungan. PLTMH lebih mudah diterima masyarakat luas karena minim resiko yang fatal dan sangat dibutuhkan di desa yang memiliki letak geografis terpencil yang belum mendapatkan listrik dari PLN namun memiliki potensi aliran air irigasi, sungai yang dapat dibendung, maupun air terjun kecil yang memiliki tinggi jatuh air.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka dapat ditarik suatu rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana pengaruh sudu NACA 4418 terhadap putaran poros turbin air *crossflow*?
2. Bagaimana pengaruh sudu NACA 4418 terhadap daya turbin air *crossflow*?

3. Bagaimana pengaruh sudu NACA 4418 terhadap efisiensi turbin air *crossflow*?

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan suatu masalah digunakan untuk menghindari adanya penyimpangan maupun pelebaran pokok masalah agar penelitian tersebut lebih terarah dan memudahkan dalam pembahasan sehingga tujuan penelitian akan tercapai. Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Turbin yang digunakan turbin impuls *crossflow*
2. Prototype turbin impuls
3. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian putaran poros turbin dan kecepatan waktu tempuh bola
4. Pengolahan data menggunakan metode Inferensial

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh sudu NACA 4418 terhadap putaran poros turbin air *crossflow*.
2. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh sudu NACA 4418 terhadap daya turbin air *crossflow*.
3. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh sudu NACA 4418 terhadap efisiensi turbin air *crossflow*.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro merupakan salah satu jenis pembangkit listrik tenaga air. Dimana PLTMH menggunakan turbin air yang terdiri dari poros dan sudu-sudu, serta bekerja dengan menggunakan media air. Turbin air cukup memenuhi persyaratan sebagai pembangkit tenaga modern. Persyaratan yang dimaksud antara lain :

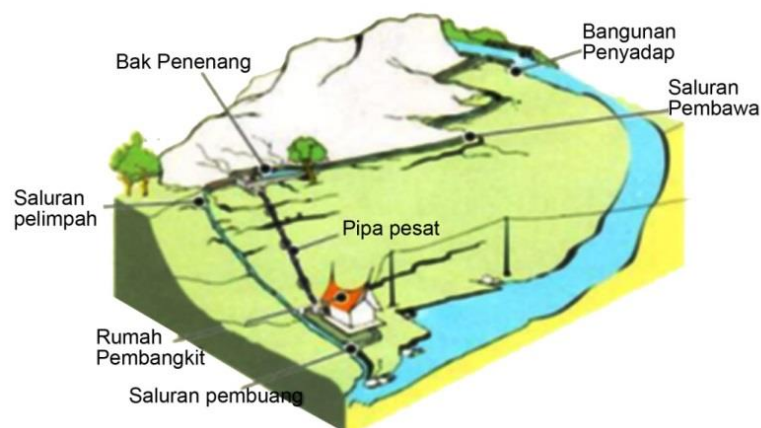
- a. Efisiensi yang baik dan tidak banyak berubah untuk beban yang bervariasi
- b. Putaran yang cukup tinggi
- c. Dapat dikonstruksikan dengan poros horisontal dan vertikal
- d. Dapat memanfaatkan beda ketinggian permukaan air yang sangat bervariasi, dan kapasitas aliran dari yang sangat kecil sampai dengan daya yang sangat besar.

Mikrohidro dikenal sebagai *white resources* dengan terjemahan bebas bisa dikatakan “energi putih”. Dikatakan demikian karena memiliki instalasi pembangkit listrik yang ramah lingkungan. Dengan teknologi sekarang maka energi aliran air dapat diubah menjadi energi listrik. Tenaga potensial yang terkandung didalam air adalah akibat debit air yang mengalir di sungai dan adanya tinggi terjun, dengan memanfaatkan tenaga tersebut untuk dirubah menjadi energi mekanis dengan menggunakan turbin air kemudian disalurkan menuju generator sehingga menghasilkan energi listrik.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan sejenis pembangkit tenaga listrik yang mirip dengan PLTA hanya skalanya lebih kecil. Jangkauan jaringan listrik yang jauh mengakibatkan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan teknologi yang paling cocok guna dikembangkan di daerah pedesaan.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) sebagai solusi konservasi energy dan konservasi lingkungan. Salah satu keunggulan (PLTMH) adalah relatif sederhananya peralatan serta kecilnya areal tanah yang diperlukan guna instalasi dan pengoperasian mikrohidro karena, (PLTMH) merupakan pembangkit skala kecil.

Pada Gambar 2.1 menunjukkan siklus turbin air *crossflow* dimana, air pada Sungai akan melewati saluran pembawa yang akan memutar turbin *crossflow* melalui *penstock*/saluran pelimpah ketika bak penenang dibuka. kemudian putaran dari turbin *crossflow* akan memutar generator sehingga generator akan menghasilkan listrik.



Gambar 2.1. Siklus Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

2.2 Turbin

Turbin secara umum dapat diartikan sebagai mesin penggerak mula di mana energi fluida kerja yang digunakan langsung memutar roda turbin, fluida kerjanya yaitu berupa air, uap air dan gas. Turbin air dapat diartikan sebagai suatu mesin penggerak mula dengan air sebagai fluida kerjanya. Berbeda yang terjadi pada mesin torak (motor bakar), pada turbin tidak terdapat bagian mesin yang bergerak translasi. Bagian turbin yang berputar dinamai rotor (runner pada turbin cross-flow) atau roda turbin, sedangkan bagian yang tidak berputar dinamai stator atau rumah turbin. Roda turbin terletak didalam rumah turbin dan roda turbin memutar poros daya yang menggerakkan atau memutar bebannya (generator). Kalau ditinjau dari daya yang dihasilkan turbin air, maka dikenal istilah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) yang maksudnya adalah turbin air yang dapat menghasilkan daya kurang dari 100 kW dan sumber airnya relatif kecil.

2.2.1 Klasifikasi Turbin

Turbin air berfungsi mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis, kemudian energi mekanis diubah dengan generator listrik menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis (momentum fluida kerjanya), turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin.

1. Turbin Impuls

Turbin impuls memiliki tekanan sama pada setiap sudu gerakannya (runner). Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik melalui nosel. Air keluar nosel 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. Semua energi tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan turbin dirubah menjadi energi 12 kecepatan. Jenis dari turbin impuls adalah turbin pelton, turbin turgo dan turbin crossflow.

2. Turbin Reaksi

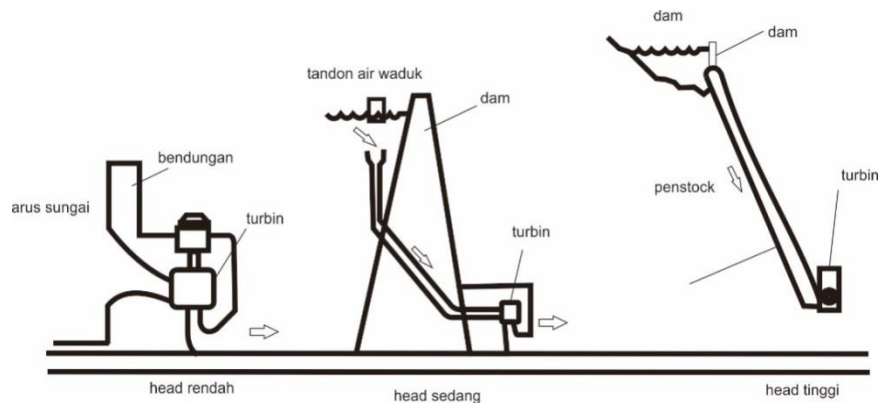
Turbin reaksi memanfaatkan energi potensial untuk menghasilkan energi gerak. Pada turbin ini terdapat sudu yang menyebabkan penurunan tekanan air yang mengakibatkan timbul gaya pada sudu sehingga runner dapat berputar. Runner turbin yang berada dalam rumah turbin sepenuhnya tercelup dalam air. Turbin reaksi bekerja secara langsung mengubah energi kinetik juga energi tekanan secara bersamaan menjadi energi mekanik. Turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini dikelompokkan sebagai turbin reaksi, jenis dari turbin ini adalah turbin francis dan turbin kaplan.

2.2.2 Kriteria Pemilihan Jenis Turbin

Jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan turbin. Faktor tinggi jatuhan air efektif (Net Head) dan debit yang akan dimanfaatkan untuk operasi turbin merupakan faktor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis turbin, sebagai contoh : turbin pelton efektif untuk operasi pada tinggi jatuhan air (head) tinggi, sementara turbin propeller sangat efektif beroperasi pada tinggi jatuhan air (head) rendah. Faktor daya (power) berkaitan dengan tinggi jatuhan air (head) dan debit yang tersedia (Ismono, 1999). Kecepatan (putaran) turbin yang akan ditransmisikan ke generator. Pada dasarnya

daerah kerja operasi turbin menurut (Keller2, 1975) dikelompokkan menjadi 3 sebagai berikut :

- a. Low head power plant
- b. Medium head power plant
- c. High head power plant



Gambar 2.2. Tingkat Head Sumber Air

Pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan mempertimbangkan parameter-parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin, yaitu sebagai berikut :

1. Berdasarkan Kecepatan Spesifik (N_s)

Kecepatan (putaran) turbin yang akan ditransmisikan ke generator. Faktor tersebut seringkali diekspresikan sebagai "kecepatan spesifik, N_s ", yang didefinisikan sebagai berikut :

$$N_s = \frac{N \sqrt{P}}{H e f s^{5/4}} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana:

N_s = kecepatan spesifik turbin (rpm)

N = kecepatan putaran turbin (rpm)

H_{efs} = tinggi jatuh efektif (m)

P = daya turbin output (Hp)

Output turbin ditentukan dengan persamaan (Fox dan McDonald,1995).

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \cdot \eta \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

P = daya turbin (Watt)

ρ = massa jenis air (kg/m^3)

Q = debit air (m^3/s)

g = gaya grafitasi (m/s^2)

H = head efektif (m)

η = efisiensi turbin

Daya air yang tersedia dinyatakan sebagai berikut :

$$P_{\max} = \frac{QHe}{8,8} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana;

Q = debit air (m^3/s)

H = tinggi air jatuh (m)

Beberapa rumus yang dikembangkan dari data eksperimental dapat digunakan untuk melakukan estimasi perhitungan percepatan spesifik berbagai jenis turbin (Layman, 1998).

Kecepatan spesifik setiap turbin memiliki kisaran (range) nilai kecepatan spesifik tertentu. Tabel 2.1 menjelaskan batasan kecepatan spesifik untuk beberapa turbin konvensional.

Tabel 2.1. Kecepatan Spesifik Turbin Air

Jenis Turbin	Kisaran Kecepatan Spesifik
Pelton	$2 \leq N_s \leq 25$
Francis	$60 \leq N_s \leq 300$
Crossflow	$40 \leq N_s \leq 200$
Kaplan dan Propeller	$250 \leq N_s \leq 1000$

Dengan mengetahui kecepatan spesifik turbin maka perencanaan dan pemilihan jenis turbin akan menjadi lebih mudah dan dimensi dasar turbin dapat diestimasi (diperkirakan).

2. Berdasarkan Head dan Debit

Dalam pemilihan jenis turbin, hal spesifik yang perlu diperhatikan antara lain menentukan tinggi head bersihnya dan besar debit airnya. Faktor yang mempengaruhi kehilangan tinggi pada saluran air adalah besar penampang saluran air, besar kemiringan saluran air dan besar luas penampang pipa pesat (Arismunandar dkk, 2004). Berikut adalah pengertian tentang head dan debit.

a. Head Bersih (Net Head)

Head bersih adalah selisih antara head ketinggian kotor dengan head kerugian di dalam sistem perpipaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro tersebut. Head kotor (gross head) adalah jarak vertikal antara permukaan air sumber dengan ketinggian air keluar saluran turbin (tail race) untuk turbin reaksi dan keluar nozel untuk turbin impuls. Head kerugian pada sistem perpipaan merupakan head kerugian di dalam pipa dan head kerugian pada kelengkapan perpipaan seperti sambungan, katup, percabangan, difuser, dan sebagainya. Cara untuk menentukan head bersih dijelaskan sebagai berikut :

1. Head kerugian aliran di dalam pipa (Major Losses), persamaan yang digunakan adalah berikut (Fox dan Mc Donald, 1995)

$$h_f = f \left(\frac{L_p \cdot V_p^2}{D_p \cdot 2g} \right) \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana :

v_p = kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa (m/s)

f = koefisien kerugian gesek

g = percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

L_p = panjang pipa (m)

D_p = diameter dalam pipa (m)

2. Minor losses

Head kerugian aliran di dalam sistem kelengkapan pipa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan inlet loss, valve loss dan bend loss berikut (Penche,1998)

- a. Inlet loss (h_e)

$$h_e = \frac{f_e \cdot V_p^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana:

h_e = inlet loss (m)

f_e = koefisien bentuk inlet

v_p = kecepatan aliran di penstock

- b. Valve Loss (h_v)

$$h_v = \frac{f_v \cdot V_p^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana :

h_v = valve loss (m)

f_v = koefisien jenis katup (valve)

v_p = kecepatan aliran dipenstock

c. Bend loss (h_o)

$$h_o = 10\% (h_f + h_e + h_v) \dots\dots\dots(2.7)$$

3. Maka besar total rugi-rugi (losses) yang terjadi adalah berikut.

Rugi-rugi (Losses) = Major losses + Minor losses

4. Sehingga nilai Head bersih setelah dikurangi rugi-rugi adalah:

$$H_{net} = H_{gross} - Losses$$

Jika head kerugian pada kelengkapan pipa kecil kecil, maka kerugian dapat diabaikan. Dari data eksperimental, dapat digunakan untuk menghitung Head dengan persamaan sebagai berikut.

$$H = H_{letak bak penenang} - H_{letak power house} \dots\dots\dots(2.8)$$

Tabel 2.2 Aplikasi Penggunaan Turbin Berdasarkan Head

Jenis Turbin	Variasi Head (m)
Kaplan dan Propeller	$2 < H < 20$
Francis	$10 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1000$
Crossflow	$6 < H < 100$
Turgo	$50 < H < 250$

b. Kapasitas Aliran (Debit)

Debit aliran adalah volume air yang mengalir setiap satuan waktu tertentu. Debit air adalah tinggi permukaan air sungai yang terukur oleh alat ukur permukaan air. Pengukurannya dilakukan tiap hari, atau dengan pengertian yang lain debit atau aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang

melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/s). Pengukuran debit dilakukan dengan prinsip mengukur luas penampang basah, kecepatan aliran dan tinggi muka air. Debit dapat dihitung dengan persamaan (Penche, C, 1998).

$$Q = A.V (\text{m}^3/\text{s}) \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

A = Luas bagian penampang vertikal (m^2)

V = Kecepatan aliran rata-rata sungai (m/s)

Pengukuran kecepatan aliran merupakan hasil bagi antara jarak lintasan dengan waktu tempuh dan dituliskan dengan persamaan berikut.

$$V = L/t \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

V = kecepatan (m/s)

L = panjang lintasan (m)

T = waktu tempuh (s)

Kecepatan yang diperoleh dari metode ini merupakan kecepatan maksimal sehingga perlu dikalikan dengan factor koreksi yang tergantung dari jenis saluran seperti pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Faktor Koreksi Untuk Tiap Jenis Saluran

Jenis Saluran	Faktor Koreksi (c)
Saluran beton, persegi panjang, mulus	0,85
Sungai luas, tenang, aliran bebas ($A > 10 \text{ m}^2$)	0,75
Sungai dangkal, aliran bebas ($A < 10 \text{ m}^2$)	0,65
Dangkal ($< 0,5 \text{ m}^2$)	0,45
Sangat dangkal ($< 0,2 \text{ m}^2$) aliran turbulen	0,25

Dengan memperhatikan factor koreksi tersebut, maka debit air dari suatu saluran dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q = c (A_1V_1+ A_2V_2+...+ A_nV_n) \dots\dots\dots(2.11)$$

dimana:

Q = Debit (m³ /s)

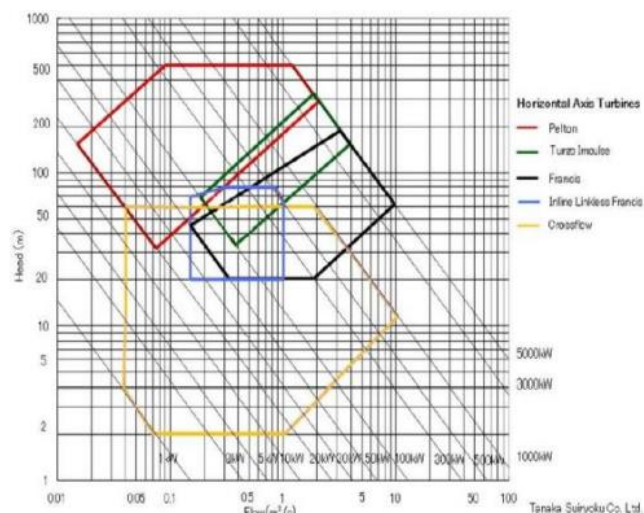
A = Luas bagian penampang vertikal (m²)

V = Kecepatan aliran rata-rata sungai (m/s)

c = factor koreksi

Berdasarkan head dan debit, maka dapat dilakukan pemilihan turbin sebagai berikut :

- a. Head yang rendah yaitu dibawah 40 m tetapi debit air yang besar, maka Turbin Kaplan atau propeller cocok digunakan untuk kondisi seperti ini.
- b. Head yang sedang antara 10 m sampai 200 m dan debit relatif cukup, maka untuk kondisi seperti ini menggunakan Turbin Francis atau Cross Flow.
- c. Head yang tinggi yakni di atas 200 m dan debit sedang, maka yang sesuai untuk digunakan adalah turbin impuls jenis Pelton.



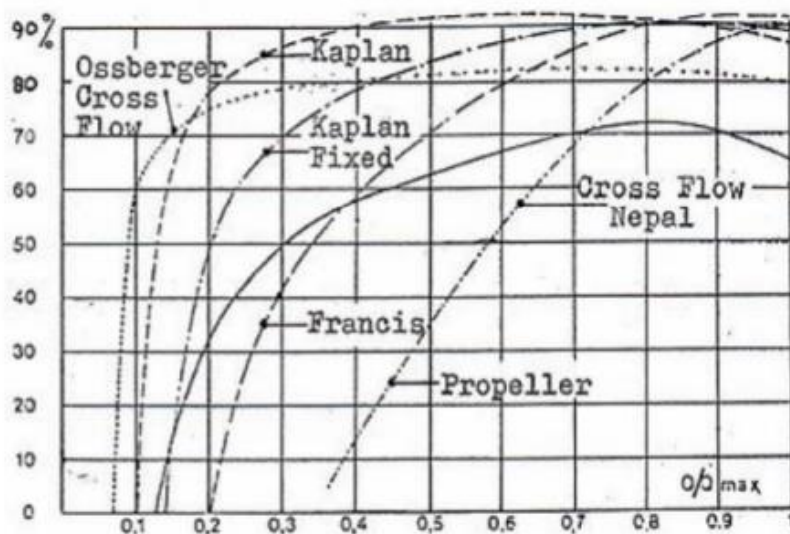
Gambar 2.3. Grafik Pemilihan Jenis Turbin Berdasarkan Head Dan Flow

3. Besarnya Nilai Efisiensinya

Pemilihan turbin juga dapat dilakukan berdasar besar nilai efisiensinya, sebagai berikut :

- a. 0,8 – 0,85 untuk turbin pelton
- b. 0,8 – 0,9 untuk turbin francis
- c. 0,7 – 0,8 untuk turbin Cross-flow
- d. 0,8 – 0,9 untuk turbin propeller/kaplan

Kurva berikut menjelaskan tentang perbandingan efisiensi dari beberapa turbin konvensional. Pada gambar 2.7 dapat kita lihat grafik efisiensi beberapa turbin.



Gambar 2.4 Grafik Effisiensi Beberapa Turbin Dengan Pengurangan Debit
Sebagai Variable

Dari kurva tersebut ditunjukkan hubungan antara efisiensi dengan pengurangan debit akibat pengaturan pembukaan katup yang dinyatakan dalam

perbandingan debit terhadap debit maksimumnya. Pemilihan turbin pada penelitian ini didasarkan pada debit air, ketinggian head bersih (net head) dan kecepatan spesifik turbin. Berdasar hal tersebut, turbin yang sesuai untuk PLTMH adalah turbin crossflow.

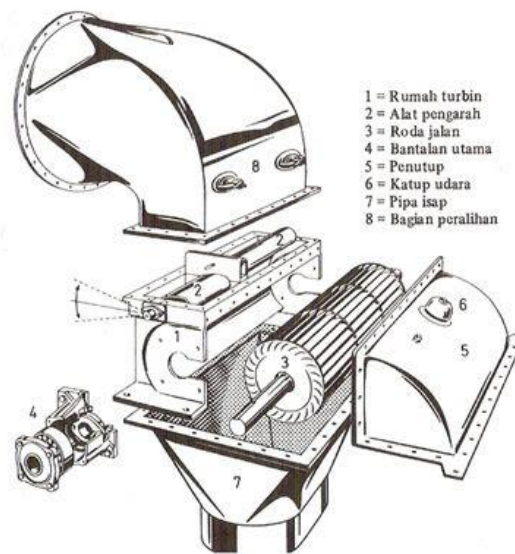
2.3 Turbin Crossflow

Turbin *Crossflow* adalah salah satu turbin air dari jenis turbin aksi (impulse turbine). Turbin *crossflow* merupakan jenis turbin air yang paling mudah dibuat, dikarenakan ruang kerjanya berada pada tekanan atmosfer, dan sistem kerjanya memanfaatkan impulse dari fluida air (Muhammad, 2015).

Pemakaian jenis Turbin *Crossflow* lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin mikro hidro lainnya. Penggunaan turbin ini untuk daya yang sama dapat menghemat biaya pembuatan penggerak mula sampai 50 % dari penggunaan kincir air dengan bahan yang sama. Penghematan ini dapat dicapai karena ukuran *Turbin Crossflow* lebih kecil dan lebih kompak dibanding kincir air.

Turbin *crossflow* bekerja dengan prinsip air dialirkan melewati sudu-sudu jalan yang berbentuk silinder, pertama-tama air dari luar masuk ke dalam silinder sudu-sudu dan kemudian dari dalam keluar.

Turbin ini mempunyai alat pengarah sehingga dengan demikian celah bebas dengan sudu-sudu di sekeliling roda hanya sedikit.(Fritz, 1980). Pada Gambar 2.5. menunjukkan konstruksi dari turbin *crossflow*.



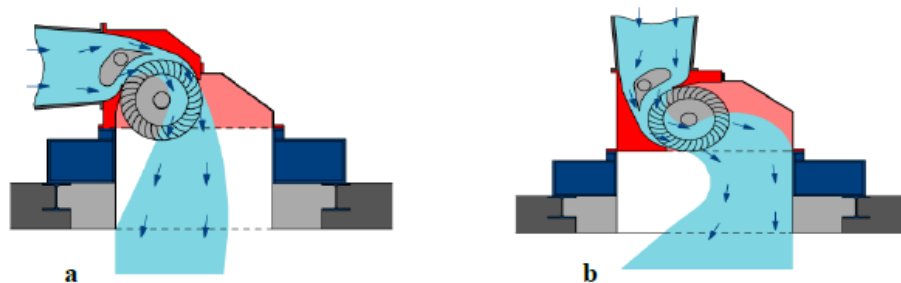
Gambar 2.5.Kontruksi Turbin Crossflow

Komponen utama konstruksi turbin cross-flow adalah sebagai berikut :

1. Rumah Turbin
2. Alat Pengarah (distributor)
3. Roda Jalan
4. Penutup
5. Katup Udara
6. Pipa Hisap
7. Bagian Peralihan

Turbin *Crossflow* adalah turbin bertekanan kecil dengan injeksi tengensial dari putaran kipas dengan poros horizontal. Turbin ini di golongan sebagai turbin berkecepatan rendah. Pada turbin crossflow terdapat 2 jenis aliran. Pada Gambar 2.6. dijelaskan bahwa terdapat dua jenis aliran pada turbin *crossflow* yaitu inlet horisontal dan inlet vertikal. Aliran inlet horisontal adalah jenis aliran yang posisi masuk airnya melalui posisi horisontal sedangkan aliran inlet vertikal adalah jenis

aliran yang posisi masuk airnya melalui posisi vertikal. Aliran ini mengalir melalui pintu masuk pipa, kemudian melalui ruang diantara sudu, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada suatu gaya yang bekerja. Gaya tersebut akan terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudunya. Sudu hendaknya dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja air tersebut (Mafrudin, 2013).



Gambar 2.6. Aliran Air Pada Turbin Crossflow (a) Inlet Horizontal
(b) Inlet Vertikal

2.4 Perencanaan Dimensi Turbin

2.4.1 Perencanaan Pipa Pesat

Pipa pesat merupakan pipa yang direncanakan untuk dapat menahan tekanan tinggi dan berfungsi untuk mengalirkan air dari kolam penampungan menuju turbin. Sebelum menentukan dimensi pipa pesat hendaklah mencari data-data yang diperlukan dalam perencanaan pipa pesat. Adapun data yang menunjang dalam perencanaan pipa pesat yaitu luas pemampang air yang keluar dari sebuah bak penenang sebelum masuk pada pipa pesat. Dimana luas penampang keluaran air tersebut diperoleh dari survei dan hasil pengukuran di lokasi yang akan

dilakukan penelitian. Dengan pengukuran secara langsung diharapkan dapat memperoleh data yang sesuai dengan kondisi di lapangan yang kemudian digunakan untuk menentukan dimensi pipa pesat. (Riska,2018).

2.4.2 Perencanaan Pipa Runner Turbin Crossflow

Perencanaan atau perhitungan parameter turbin *crossflow* menggunakan persamaan-persamaan Mockmore (dalam Pratilastiarso J., and Hesti S., 2012). Perencanaan turbin harus dilakukan agar mendapatkan efisiensi turbin yang maksimal sesuai standar dan agar tidak mengalami kerusakan karena dorongan dari debit air yang nilainya telah diketahui pada saat survei di lapangan.

Perencanaan turbin *crossflow* menggunakan perhitungan sebagai berikut :

- a. Diameter luar (D) dan lebar sudu (L) runner turbin

$$LD = \frac{2,62Q}{\sqrt{H}} \dots\dots\dots(2.12)$$

- b. Diameter dalam runner turbin (D1)

$$D1 = 2/3 D \dots\dots\dots(2.13)$$

- c. Jarak antara sudu (K)

$$K = 0,174 D \dots\dots\dots(2.14)$$

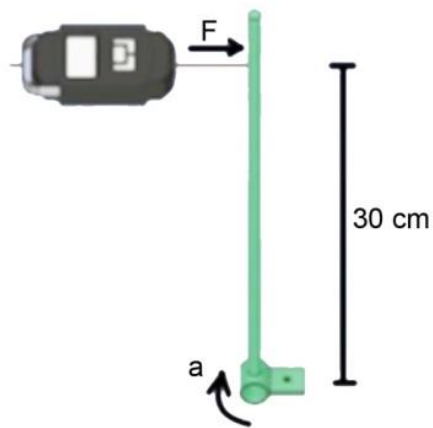
- d. Jumlah sudu (N)

$$N = \frac{\pi \cdot D}{K} \dots\dots\dots(2.15)$$

2.4.3. Daya Aktual Turbin

Daya aktual turbin merupakan data hasil dari pengamatan lapangan yang kemudian diolah. Daya aktual bertujuan untuk mencari daya turbin yang

didapatkan dari perkalian torsi dan kecepatan sudut. Pada gambar 2.7 dijelaskan tentang proses pengambilan data torsi dan kecepatan sudut.



Gambar 2.7. Prinsip Kerja Prone Brake

2.5 Naca

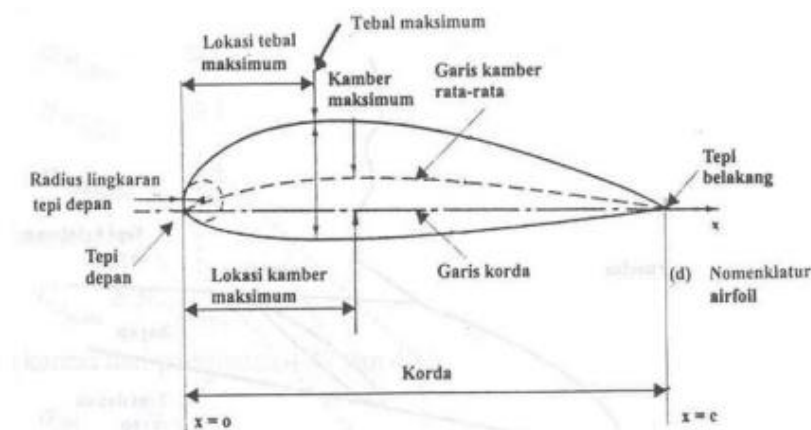
NACA airfoil adalah suatu bentuk bodi aerodinamika sederhana yang berguna untuk dapat memberikan gaya angkat tertentu terhadap suatu bodi lainnya dan dengan bantuan penyelesaian matematis yang dikembangkan oleh National Advisory Committee for Aeronautics (NACA). Sampai sekitar Perang Dunia II, airfoil yang banyak digunakan adalah riset Gottingen.

Selama periode ini banyak pengujian arifoil dilakukan diberbagai negara, namun hasil riset NACA lah yang paling terkemuka. Pengujian yang dilakukan NACA lebih sistematis dengan membagi pengaruh efek kelengkungan dan distribusi ketebalan atau thickness serta pengujiannya dilakukan pada bilangan Reynold yang lebih tinggi dibanding yang lain (Mirsal, 2012).

NACA Airfoil adalah bentuk sayap pesawat yang di kembangkan oleh *National Advisory Committee for Aeronautics (NACA)*. Bentuk *Airfoils NACA*

dijelaskan menggunakan serangkaian angka mengikuti kata "NACA". Parameter dalam kode numerik dapat dimasukkan kedalam persamaan untuk ketepatan menghasilkan penampang *airfoil* dan menghitung sifat-sifatnya.

Gambar 2.8. menjelaskan bentuk dari *airfoil* mulai dari *Leading edge*, *Chamber*, *Maximum thickness*, *Maximum chamber*, *Trailing edge*, *Mean chamber line*, *Chord*



Gambar 2.8. Bagian-bagian Airfoil

Keterangan :

Kamber maksimum = Jarak maksimum antara garis kamber dan garis korda

Tebal maksimum = Jarak terbesar antara permukaan atas dan permukaan bawah *airfoil*

Garis korda = Garis lurus yang menghubungkan tepi depan dan tepi belakang

Korda = Panjangnya garis korda antara tepi depan dan tepi belakang

Garis kamber rata-rata = Garis yang membagi sama besar antara permukaan atas dan permukaan bawah *airfoil*

Jika garis kamber rata-rata berhimpit dengan garis korda maka *airfoil* tersebut dikatakan tidak mempunyai kamber atau disebut sebagai *airfoil* simetris (Mirsal, 2012).

Untuk menunjukkan bentuk sebuah *airfoil* digunakan sistem penomoran *airfoil*. Sistem penomoran yang sekarang banyak digunakan adalah sistem penomoran yang dikeluarkan oleh NACA. Sistem penomoran menurut NACA, angka-angkanya menunjukkan data-data dari *airfoil*. Ada berbagai klasifikasi yang telah dikeluarkan oleh NACA, seperti NACA sistem empat angka, NACA sistem lima angka, dan NACA sistem enam angka, tetapi yang akan dibahas disini adalah NACA sistem empat angka. Pada Gambar 2.9. menjelaskan sistem penomoran NACA empat angka, dimana penomoran empat angka dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Angka pertama menunjukkan kamber maksimum dan dinyatakan dalam persen dari panjang tali busur (*chord*)
- b. Angka kedua menunjukkan letak kamber maksimum dari tepi depan dan dinyatakan dalam persepuluh panjang tali busur (*chord*).
- c. Dua angka terakhir menyatakan tebal *airfoil*, dan dinyatakan dalam persen panjang tali busur (*chord*).

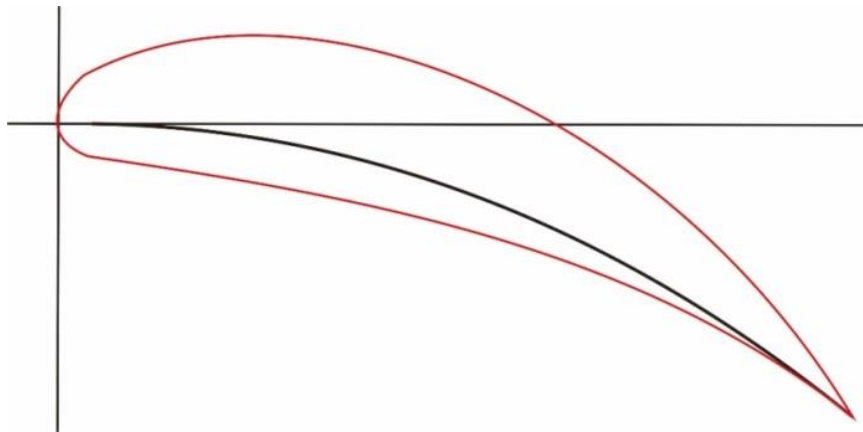
Misalnya, *airfoil* NACA 0012 memiliki kamber maksimum 0% terletak 0% (0,0*chord*) dari tepi depan dengan ketebalan maksimum 12% dari *chord* tersebut. Yang mana berarti NACA 0012 tidak mempunyai kamber, sehingga dia berhimpit dengan garis korda maka NACA 0012 termasuk *airfoil* simetris (Mirsal, 2012).

NACA 4418 merupakan NACA sistem empat angka dimana penomoran NACA mempengaruhi bentuk dari suatu NACA. Pada Gambar 2.10.

menunjukkan bentuk sudu NACA 4418, dimana maksud dari penomeran NACA 4418 seperti berikut:

- a. Angka 4 menunjukkan kamber maksimum dan dinyatakan dalam persen dari panjang tali busur (*chord*)
- b. Angka 4 menunjukkan letak kamber maksimum dari tepi depan dan dinyatakan dalam persepuluh panjang tali busur (*chord*).
- c. 18 menyatakan tebal *airfoil*, dan dinyatakan dalam persen panjang tali busur (*chord*).

Jadi, *airfoil* NACA 4418 memiliki kamber maksimum 4% terletak 40% (0,4 *chord*) dari tepi depan dengan ketebalan maksimum 18% dari korda tersebut sehingga akan dihasilkan bentuk sudu NACA seperti Gambar di bawah ini.



Gambar 2.9. Hydrofoil NACA 4418