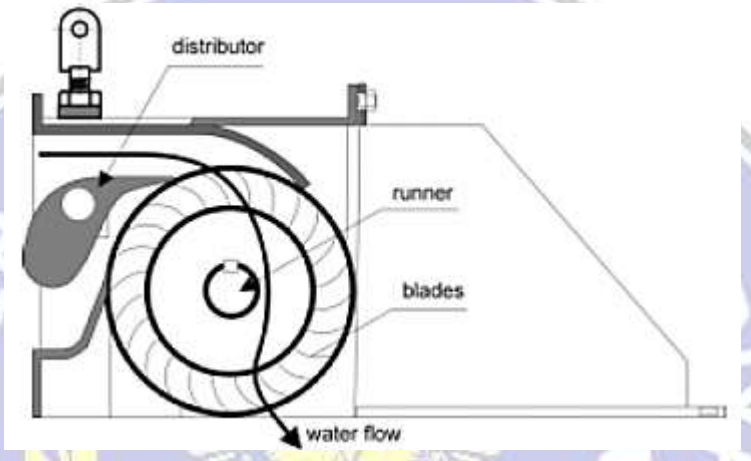
BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Tinjauan Pustaka

Menurut Ridwan (2014), sebuah *prototipe* Turbin Aliran Silang dirancang dalam kegiatan tugas akhir ini dengan debit (Q) = 0,03 m^2/s, head (H) = 2 m dengan efisiensi 0,80. Spesifikasi teknik utama dari hasil perancangan turbin adalah diameter runner (D) = 0,195 m dengan putaran turbin 281,39 RPM daya keluaran efektif sebesar 470,4 W.



Gambar 2.1 Turbin Cross-flow Air Aliran Silang (Ridwan, 2014)

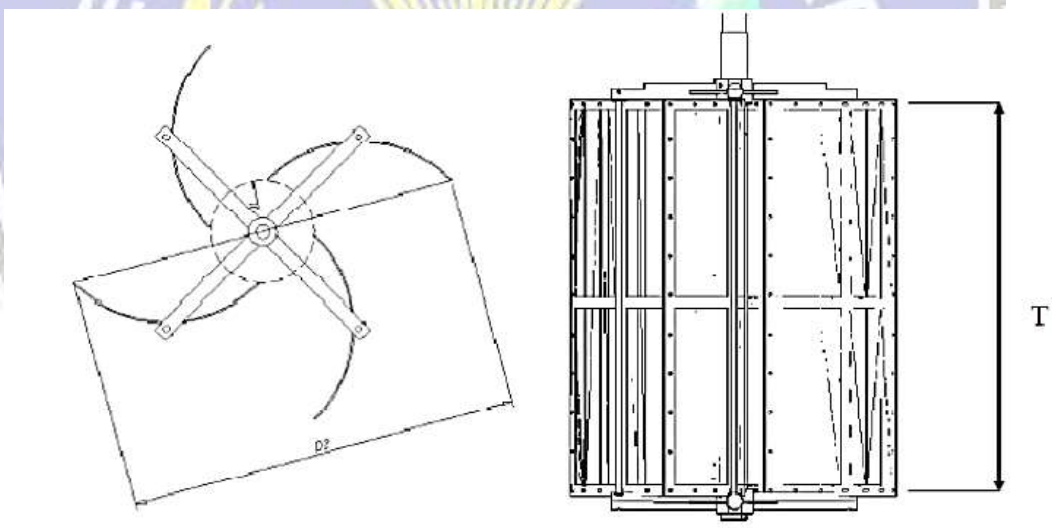
Turbin aliran silang (Cross flow) terdiri atas dua bagian utama, nosel dan runner. Dua buah piringan sejajar disatukan pada lingkarnya oleh sejumlah sudu membentuk konstruksi yang disebut runner. Nosel berpenampang persegi, mengeluarkan pancaran air ke selebar runner terhadap garis singgung lingkar luar runner. Bentuk pancaran adalah persegi, lebar dan tidak terlalu tebal. Air masuk ke sudu-sudu pada rim runner, mengalir diatasnya, ke luar, memintas ruang kosong di antara bagian dalam rim, masuk ke sudu-sudu pada sisi dalam rim dan akhirnya keluar dari runner, seperti terlihat pada gambar di atas.

1.2 Turbin *Cross flow*

Pada tahun 1920 Michell dan Banki mengembangkan turbin yang cocok untuk tinggi air yang rendah,dikenal sebagai turbin aliran silang atau *Cross flow*. Salah satu keistimewaan turbin aliran silang adalah dapat berputar

meski hanya di dorong tekanan jatuh 1 m dengan kapaitas aliran antara 0,02 m^3/s sampai dengan $7m^3/s$. Di Indonesia turbin cross flow biasa digunakan sebagai penggerak mula pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Hasil penelitian yang dilakukan bahwa pemanfaatan turbin *cross flow* sangat cocok untuk potensi energi air yang tersedia di alam sekitar yang didominasi aliran sungai.Mengingat turbin impuls jenis *cross flow* memiliki karakteristik yang cocok untuk range head rendah hingga medium.

Prinsip kerja dari turbin aliran silang poros vertikal yaitu air sungai dialrkan melalui sudu pengarah yang berfungsi untuk mengarahkan aliran air agar tepat menumbuk sudu jalan turbin. Tumbukan air ini akan membuat turbin berputar menghasilkan energi mekanik pada poros (Sahid, 2012). Karena sudu terletak menyilang terhadap aliran, sehingga akan menerima energi kinetik aliran untuk diubah menjadi kecepatan putar tanpa membutuhkan tekanan yang besar.



Gambar 2.2. Kontruksi Sudu Jalan Turbin *Cross flow* Berbasis Silinder (Sahid, 2012).

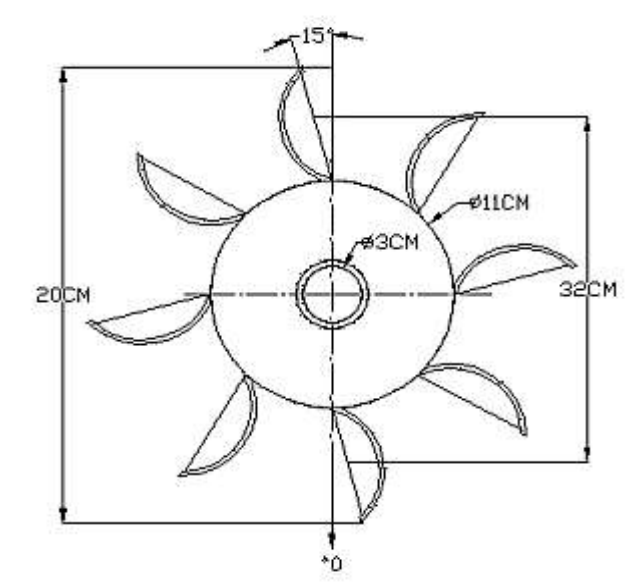
Keuntungan pemanfaatan turbin Cross flow adalah:

1. Pemilihan lokasi tidak terlalu banyak syarat.
2. Tanpa bendungan.
3. Instalasi yang mudah.
4. Waktu pemasangan yang cepat.
5. Bentuknya sederhana dan mudah dibuat.

6. Potensi air yang dibutuhkan tidak membutuhkan tinggi jatuh, yang dibutuhkan hanya adanya aliran air.

1.3 Bentuk Sudu Turbin

Menurut Sahid (2012), bentuk sudu yang baik dapat meningkatkan efisiensi turbin. Hasil uji menunjukkan bahwa sudut outlet sudu mempengaruhi kinerja turbin. Penelitian juga menghasilkan sudut outlet optimum pada sudu berbentuk mangkok, yaitu 50. Namun hasil yang berbeda ditunjukkan pada turbin pipa belah dua, dimana sudut outlet optimum terjadi pada 90,7 %. Sudu mangkok adalah sudu yang sisinya dibuat melengkung dan terdapat sisi samping agar dapat menahan aliran air dan meningkatkan efesiensi gaya tangensial. Dalam penelitian akan digunakan sudu bentuk mangkok dengan ukuran sebagaimana ditunjukan pada gambar.



Gambar 2.3 Sudu Bentuk Mangkok (Bono dan Indarto, 2008)

Pemilihan sudu mangkok dalam penelitian ini didasarkan atas beberapa alasan diantaranya :

1. Pertimbangan Gaya Tangensial

   Posisi poros turbin adalah vertikal sehingga posisi sudu aksial akan mendapatkan gaya akibat adanya kecepatan sehingga memerlukan kelengkungan tertentu untuk memperlambat posisi air keluar atau memperbesar Hw.

2. Pertimbangan Penelitian Terdahulu

Bono dan Indarto (2008) mengadakan penelitian dan menyimpulkan bahwa karakteristik daya dan efesiensi antara sudu mangkok dan setengah silinder hampir sama, namun daya dan efesiensi sudu mangkok lebih baik dari sudu setengah silinder.

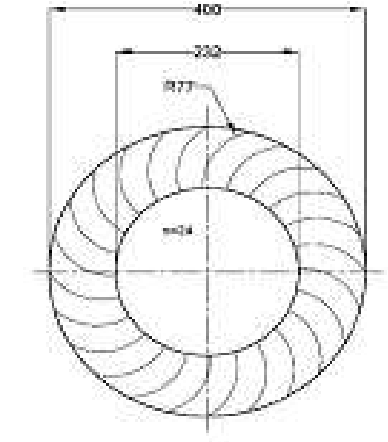
1.4 Variasi Jumlah Sudu Turbin

Sahid Suwoto G (2004), telah meneliti turbin *Cross flow* skala mikro yang digunakan untuk membangkitkan tenaga 1 kW. Turbin ini masih memiliki efisiensi rendah 30%. Berdasarkan penelitian tersebut beberapa optimasi kemudian dilakukan untuk meningkatkan efisiensi turbin *Cross flow*. Diantaranya Sahid,Gatot S (2006) mengkaji optimasi jumlah sudu pada turbin *Cross flow*. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi maksimum diperoleh pada jumlah sudu 16 sebesar 50,1 % sehingga ada peningkatan 20,1 % dibandingkan turbin sebelumnya.

Jumlah sudu yang mengelilingi poros rotor turbin *Cross flow* mempengaruhi unjuk kerja turbin *Cross flow*. Disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah sudu maka efisiensi sistem pada instalasi turbin yang digunakan untuk pengujian ini akan bertambah pula. Dibandingkan dengan jumlah sudu 4 dan 6, efisiensi sistem yang paling baik diperoleh saat variasi jumlah sudu 12 dengan gerakan sudu tetap. Besar efisiensi sistem pada instalasi turbin ditunjukkan dengan perbandingan antara energi output generator dengan energi kinetik input.

Efisiensi sistem saat variasi jumlah sudu 12 buah dan gerakan sudu tetap adalah 0,47. Putaran generator paling tinggi terjadi saat variasi jumlah sudu 12 buah dengan pergerakan sudu tetap. Putaran generatornya sebesar 89,9 RPM saat diberi beban dan sebesar 91,5 RPM saat tidak diberi beban.

Pengujian secara eksperimen ini bertujuan mencari putaran tertinggi dari variasi jumlah sudu cross flow. Variasi jumlah sudu yaitu 16, 20 dan 24. Setiap variasi jumlah sudu dilakukan pengujian dengan 5 kecepatan angin yang berbeda yaitu 4,99 m/s, 5,94 m/s, 6,49 m/s, 6,99 m/s dan 7,27 m/s. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan putaran tertinggi diperoleh pada turbin angin dengan jumlah sudu 20 pada kecepatan angin 7,27 m/s. Hasil kecepatan putaran tertinggi adalah 250 RPM. Pengujian secara eksperimen ini bertujuan mencari putaran tertinggi dari variasi jumlah sudu Cross flow.



Gambar 2.4 Geometri Turbin angin *cross flow* dengan variasi jumlah sudu 24. (N. Acharya, 2015)

1.5 Persamaan Energi

Persamaan energy prinsip kerja turbin adalah mengubah energy potensial air menjadi energi gerak (mekanik). Energi terhadap fluida terdiri dari:

2.5.1 Energi Air

Air merupakan sumber energi yang mudah didapat, karena pada air tersimpan energy potensial (pada air jatuh) dan energy kinetik (pada air mengalir). Tenaga air *(Hydropower)* adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energy mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau air sungai.

2.5.2 Daya Turbin

Daya kerja turbin merupakan besarnya kerja dalam satuan detik yang dilakukan oleh massa air (kg) yang jatuh pada ketinggian tertentu dimana turbin terpasang. Air yang jatuh pada sudu turbin (Q) akan memutar sudut turbin dimana efisiensi daya yang dihasilkan adalah:

Torsi T=F x L

Dimana

L = panjang lengan

F = beban pengeriman .....(1)

Besar efisiensi turbin diperoleh dari rumus:

$$\eta = \frac{P\ turbin\ dengan\ beban}{P\ turbin\ tanpa\ beban} x100\% \quad .....(2)$$

1.6 Parameter Turbin Air

a. Head turbin air (H)

$$H = P_1 - P_2 \ (\frac{kg}{cm}) \quad .....(3)$$

Dimana:

$H = P_1 - P_2$ = tekanan pada manometer (kg/cm²)

1 atm = 760 mm.Hg = 1,0332 kg/cm² = 1034,3286 cmH_2O

b. Kapasitas turbin air

$$Q = K.\ A.\ Cv.\ \sqrt{2.9(13{,}6h)}\ (\frac{m^3}{dt}) \quad .....(4)$$

Dimana :

K : koefisien gesekan : 1,56

Cv : koefisien kecepatan : 0,98

h : selisih ketinggian pada lubang U(m)

A : luas saluran nozzle (m²)

Dn : diameter nozzle (m) (π/4 (Dn)²)

c. Daya turbin air

Water horse power :

$$WHP = (\frac{\rho x g x Q x H}{1000x3600}) \text{ (kw)} \quad .....(5)$$

Dimana : T : berat jenis air : 1000 kg/m³

d. Brake horse power

$$BHP = \frac{F.R}{102} (\frac{2\eth.h}{60}) \text{ (kw)} \quad .....(6)$$

Dimana:

F :beban (kg)

R : D/Z

D : diameter poros turbin (m)

N :putaran poros turbin (RPM)

e. Efisiensi mekanis

$$ŋ = \frac{BHP}{WHP} x\ 100\% \qquad .....(7)$$

1.7 Estimasi Parameter Kerja

Parameter kinerja CFHT telah dihitung dari koefisien torsi (CT) dan efisiensi rotor (ŋ). Pengikut persamaan telah digunakan untuk menghitung CT.

$$C_T = T/\left(\frac{1}{2}\ x\ \rho\ x\ A\ x\ V^2\right), \qquad ..... (8)$$

Dimana ŋ, A, dan V adalah massa jenis air, luas proyeksi dari sudu turbin dan kecepatan aliran air masing-masing. Efisiensi turbin, ŋ telah diperkirakan sebagai,

$$ŋ = \frac{P_{out}}{P_{in}}, \qquad ..... (9)$$

Dimana P_{out} dan P_{in} adalah daya keluaran dan daya masukan masing-masing telah diperkirakan sebagai,

$$P_{out} = \theta\ x\ \omega\ and\ \theta = T\ x\ R \qquad .....(10)$$

$$P_{in} = \rho\ x\ Q\ x\ g\ x\ H, . \qquad .....(11)$$

Dimana θ, ω, T, dan R adalah torsi keluaran, kecepatan sudut, output daya dorong tangensial dan jari-jari , di sisi lain Q, g, dan H adalah laju aliran air melalui turbin, percepatan gravitasi dan head melintasi turbin (R.K. Ranjan, 2019).