

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Potensi Pemanfaatan Mikrohidro**

Kebutuhan listrik menjadi masalah yang tidak ada habisnya. Listrik menjadi kebutuhan yang mendasar saat ini, namun penyebarannya tidak merata terutama di daerah pedalaman atau pelosok desa. Pemanfaatan energi alternatif terbarukan untuk menghasilkan energi listrik di daerah-daerah yang belum terjangkau oleh jaringan listrik PLN menjadi pilihan yang tepat. Salah satu pemanfaatan energi terbarukan adalah dengan memanfaatkan potensi sumber daya air yang ada di daerah tersebut menjadi pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH).

Merujuk surat keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No.1122K/30/MEM/2002 tentang pembangkit skala kecil tersebar (PSK) dan pemanfaatan energi baru terbarukan, bahwa penyediaan energi listrik bisa dilakukan tidak hanya dengan suatu pembangkit dalam skala yang sangat besar dan terpusat, namun juga bisa terpenuhi dengan memanfaatkan sumber-sumber pembangkit listrik walaupun dalam skala yang kecil (Paryanto, 2007).

Potensi mikrohidro di Indonesia masih cukup besar. Potensi sumber daya air yang ada saat ini diperkirakan 75.000 MW sementara pemanfaatannya baru 2,5% dari potensi tersebut. Prospek pemanfaatan mikrohidro ini cukup potensial untuk daerah Lampung dengan topografinya yang berbukit dan debit airnya yang

berlimpah. Daerah Lampung yang berpotensi untuk mikrohidro diantaranya adalah Way Harong, Tanggamus, Lumbu Kumbang, Way Gison Lampung Barat, dan lain-lain (Wirawan, 2008).

## **2.2. Mikrohidro**

Mikrohidro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dari instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Pengembangan mikrohidro dipandang sebagai pilihan yang tepat untuk penyediaan energi listrik untuk daerah terpencil dengan jumlah penduduk yang sedikit dan sulit dijangkau jaringan listrik dari PLN serta bermanfaat untuk menunjang kegiatan sosial ekonomi masyarakat di pedesaan.

### **2.2.1. Komponen-komponen Pembangkit Listrik Mikrohidro**

Secara umum komponen pembangkit listrik mikrohidro diantaranya bendung pengalih dan saluran pemasukan, bak pengendap, saluran pembawa, bak penenang, pipa penyalur, turbin dan generator, bendung pengalih dan saluran pemasukan.

#### **a. Bendung Pengalih**

Bendung pengalih berfungsi untuk mengalirkan air melalui sebuah saluran di bagian sisi sungai (saluran masuk pembuka) ke dalam sebuah bak pengendap. Bendung untuk mikrohidro dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bendung untuk mikrohidro.  
(Anonim, 2008)

### **b. Bak pengendap**

Bak pengendap digunakan untuk memindahkan partikel-partikel pasir dari air. Fungsi dari bak pengendap sangat penting untuk melindungi komponen-komponen berikutnya dari dampak pasir. Pada instalasi mikrohidro skala kecil biasanya bak pengendap ini tidak dibuat secara terpisah. Bendungan yang ada juga berfungsi sebagai bak pengendap. Bak pengendap dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bak pengendap.  
(Adesalbg, 2008a)

### c. Saluran pembawa

Saluran pembawa mengikuti kontur dari sisi bukit untuk menjaga elevasi dari air yang disalurkan. Saluran pembawa dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Saluran pembawa.  
(Adesalbg, 2008b)

### d. Bak penenang

Bak penenang berfungsi untuk mengatur perbedaan keluaran air antara sebuah *penstock* dan bak penenang, dan untuk pemisahan akhir kotoran dalam air seperti pasir, kayu-kayuan. Bak penenang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Bak penenang.  
(Adesalbg, 2008c)

#### e. Pipa penyalur

Pipa penyalur dihubungkan pada sebuah bagian yang lebih rendah ke sebuah roda air atau yang dikenal sebagai sebuah turbin. Pipa penyalur dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pipa penyalur.  
(Anonim, 2009a)

#### f. Turbin dan generator

Generator merupakan alat yang mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Tenaga potensial akibat adanya beda tinggi (*head*) digunakan untuk menggerakkan turbin. Tenaga mekanik yang dihasilkan turbin dihubungkan ke generator dan diubah menjadi daya listrik.

Banyak variasi yang bisa digunakan pada penyusunan desain mikrohidro.

Sebagai contoh, air dimasukkan secara langsung ke turbin dari sebuah saluran tanpa sebuah pipa penyalur atau dengan menggunakan saluran terbuka. Metode ini adalah yang paling sederhana untuk mendapatkan energi potensial air. Metode lainnya adalah dengan menyalurkan air dari bendung ke turbin melalui pipa, cara

ini paling banyak digunakan untuk mikrohidro skala kecil karena lebih praktis dan tidak terlalu mahal. Metode seperti ini tergantung pada kondisi yang ada dari lokasi dan keperluan pengguna.

### 2.2.2. Jenis Turbin

Turbin merupakan komponen yang sangat penting dalam suatu instalasi mikrohidro. Menurut kamus besar bahasa Indonesia (KBBI), turbin adalah mesin atau motor yang roda penggerakannya berporos dengan sudu (baling-baling) yang digerakkan oleh aliran air, uap, atau udara. Turbin berfungsi mengubah energi air berupa energi kinetik menjadi energi mekanis. Dalam suatu instalasi mikrohidro, desain turbin harus menyesuaikan dengan kondisi debit air dan *head* yang ada. Secara umum turbin dibagi menjadi 3 macam yaitu: turbin *head* rendah, turbin *head* sedang, dan turbin *head* tinggi. Gambaran pemakaian turbin air berdasarkan tekanan *head* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Gambaran pemakaian turbin air berdasarkan tekanan *head*.

Jenis turbin	Tekanan <i>head</i>		
	Tinggi	Sedang	Rendah
Turbin impuls	Pelton dan turgo	Crossflow dan turgo	Crossflow dan turgo
	Pelton multi jet	Pelton multi jet	
Turbin reaksi		Francis <i>pump-as-turbin (PAT)</i>	Propeller, Kaplan

(Anonim, 2007)

Berdasarkan klasifikasinya, turbin air dibagi menjadi 2 yaitu turbin reaksi dan turbin impuls.

### a. Turbin reaksi

Turbin reaksi merupakan turbin yang cara kerjanya mengubah energi air tersedia menjadi energi putar. Contoh dari turbin ini adalah turbin Kaplan, turbin propeller, dan turbin Francis.

#### 1. Turbin Kaplan dan propeller

Turbin Kaplan merupakan jenis turbin air baling-baling yang telah disesuaikan dan dikembangkan pada tahun 1913 oleh profesor Austria Viktor Kaplan.

Turbin ini mempunyai bentuk seperti baling-baling kapal dan sering disebut sebagai turbin propeller. Turbin tipe ini biasanya mempunyai 3 hingga 6 sudu dan digunakan pada aliran air yang konstan. Kelemahan turbin propeller ini dibandingkan dengan turbin Kaplan adalah sudu turbin tidak dapat diubah-ubah untuk menyesuaikan dengan kondisi arus atau debit air. Turbin propeller dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Turbin propeller  
(Anonim, 2009b)

## 2. Turbin Francis

Turbin Francis merupakan jenis turbin air yang dikembangkan oleh James B. Francis. Turbin Francis merupakan turbin air yang paling umum digunakan saat ini. Turbin ini beroperasi dalam kisaran *head* sepuluh meter hingga beberapa ratus meter. Energi tinggi jatuh dimanfaatkan untuk memutar turbin dengan menggunakan pipa yang memungkinkan energi tinggi jatuh bekerja dengan maksimal. Sisi bagian luar terdapat tekanan rendah (kurang dari 1 atm) dan kecepatan aliran air yang tinggi. Di dalam pipa kecepatan aliran akan berkurang dan tekanannya akan kembali naik, sehingga air akan dialirkan keluar lewat saluran air bawah dengan tekanan seperti tekanan keadaan semula. Jalannya kecepatan dan tekanan air ketika melewati dan berproses di dalam turbin. Fungsi pipa pada turbin ini mirip dengan sudu hantar yang terdapat pada pompa sentrifugal, yaitu sama-sama mengubah energi kecepatan menjadi energi tekanan. Pada dasarnya turbin Francis adalah turbin yang dikelilingi dengan sudu pengarah semuanya terbenam di dalam air. Air yang masuk ke dalam turbin bisa dialirkan melalui pengisian air dari atas atau melalui suatu rumah yang berbentuk spiral. Daya yang dihasilkan turbin bisa diatur dengan cara mengubah posisi pembukaan sudu pengarah dengan demikian kapasitas air yang masuk ke dalam roda turbin bisa diperbesar atau diperkecil. (Sasongko dkk, 2005). Turbin Francis dapat dilihat pada Gambar 7.

### b. Turbin impuls

Turbin impuls merupakan turbin air yang cara kerjanya mengubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar turbin sehingga menghasilkan energi putar dan menggunakan nosel untuk mempercepat aliran.





Gambar 7. Turbin Francis  
(Anonim, 2009c)

Contoh dari turbin impuls ini adalah turbin Pelton dan turbin *crossflow*.  
(Luknanto, 1998).

### 1. Turbin Pelton

Turbin Pelton mempunyai bentuk sudu mangkok yang disusun sedemikian rupa, yaitu bentuk sudu silinder seperti bola yang dibelah dua. Pembuatan turbin Pelton untuk sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) dengan bentuk sudu silinder tertutup dibelah dua mempunyai tujuan untuk meningkatkan efisiensi dan daya yang dihasilkan turbin serta generator.

Turbin Pelton dapat dilihat pada Gambar 8.

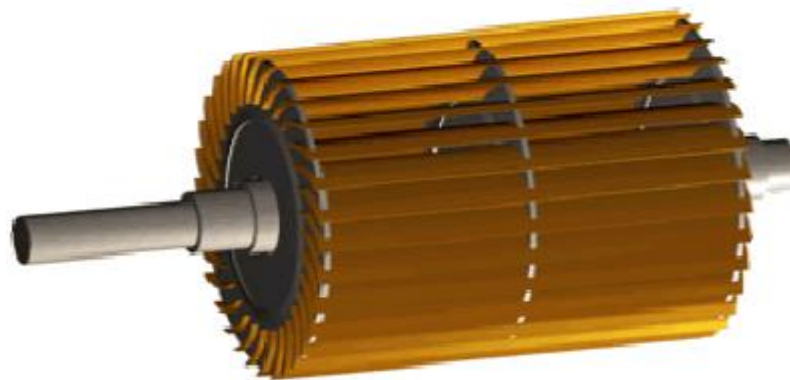
### 2. Turbin *crossflow*

Turbin *crossflow* merupakan salah satu jenis turbin impuls yang juga dikenal dengan nama turbin Michell Banki. Turbin ini dapat dioperasikan pada debit 20 liter/det hingga  $10 \text{ m}^3$  dan *head* antara 1 sampai 200 m.



Gambar 8. Turbin Pelton  
(Energybeta, 2009)

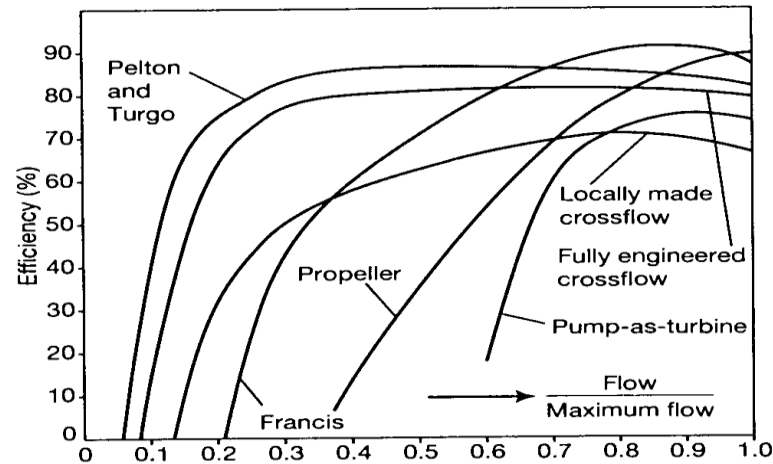
Turbin *crossflow* menggunakan nosel persegi panjang sesuai dengan panjang runner. Pancaran air yang masuk turbin mengenai sudu sehingga terjadi konversi energi kinetik menjadi energi mekanis. Turbin *crossflow* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Turbin *crossflow*  
(Rimoo, 2009)

Pemakaian jenis turbin *crossflow* lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin mikrohidro lainnya. Penggunaan turbin ini untuk daya yang sama dapat menghemat biaya pembuatan penggerak sampai 50% dari penggunaan kincir air jenis lain dengan bahan yang sama. Penghematan ini dapat dicapai karena ukuran turbin *crossflow* lebih kecil dan lebih kompak dibanding kincir air. Diameter kincir air yakni roda jalan atau runnernya biasanya 2 meter ke atas, tetapi diameter turbin *crossflow* dapat dibuat hanya 20 cm saja sehingga bahan-bahan yang dibutuhkan jauh lebih sedikit, itulah sebabnya bisa lebih murah. Daya guna atau efisiensi rata-rata turbin ini lebih tinggi dari pada daya guna kincir air. Hasil pengujian laboratorium yang dilakukan oleh pabrik turbin Ossberger Jerman Barat yang menyimpulkan bahwa daya guna kincir air dari jenis yang paling unggul sekalipun hanya mencapai 70 % sedang efisiensi turbin *crossflow* mencapai 82 % .

Tingginya efisiensi turbin *crossflow* ini akibat pemanfaatan energi air pada turbin ini dilakukan dua kali, yang pertama energi tumbukan air pada sudu-sudu pada saat air mulai masuk, dan yang kedua adalah daya dorong air pada sudu-sudu saat air akan meninggalkan *runner*. Kerja air yang bertingkat ini ternyata memberikan keuntungan dalam hal efektifitasnya yang tinggi dan kesederhanaan pada sistim pengeluaran air dari *runner*. Kurva di bawah ini akan lebih menjelaskan tentang perbandingan efisiensi dari beberapa turbin konvensional. Efisiensi beberapa turbin dengan pengurangan debit sebagai variabel dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Effisiensi beberapa turbin dengan asumsi debit berubah-ubah dan *head* konstan (Furze, 2002)

### 2.2.3. Penentuan Jenis Turbin

Pemilihan turbin kebanyakan didasarkan pada *head* air yang didapatkan dan rata-rata alirannya. Turbin impuls digunakan untuk tempat dengan *head* tinggi, dan turbin reaksi digunakan untuk tempat dengan *head* rendah. Turbin Kaplan baik digunakan untuk semua jenis debit dan *head*, efisiensinya baik dalam segala kondisi aliran. Turbin kecil (umumnya di bawah 10 MW) mempunyai poros horisontal, kadang dipakai juga pada kapasitas turbin mencapai 100 MW. Turbin Francis dan turbin Kaplan biasanya mempunyai poros atau sudu vertikal karena ini menjadi penggunaan paling baik untuk *head* yang didapatkan membuat instalasi generator lebih ekonomis. Poros turbin Pelton bisa vertikal maupun horisontal karena ukuran turbin lebih kecil dari *head* yang didapat atau tersedia. Beberapa turbin impuls menggunakan beberapa semburan air, tiap semburan untuk meningkatkan kecepatan spesifik dan keseimbangan gaya poros. Pada tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan

mempertimbangkan parameter-parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin yaitu, potensi daya air, *specific speed*, dan *head*.

#### a. Potensi daya air

Daya potensial yang tersedia dari tenaga air dihitung dengan persamaan berikut:

$$Pa = \rho \times g \times Q \times H \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

$Pa$  = Daya potensial air (Watt)

$g$  = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$\rho$  = Massa jenis air ( $N/m^3$ )

$Q$  = Debit air ( $m^3/s$ )

$H$  = Tinggi jatuh air (m)

#### b. Menentukan jenis turbin dari *specific speed* ( $Ns$ )

Menurut Susantyo 2009, Pemilihan jenis turbin dapat dilakukan dengan menghitung *specific speed* (kecepatan spesifik) atau  $Ns$ . kecepatan spesifik dari suatu turbin ialah kecepatan putaran *runner* yang dapat dihasilkan satu satuan daya efektif untuk setiap tinggi jatuh 1 meter. Nilai  $Ns$  ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Ns = 3,65 \times RPM \times \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

$Ns$  = Kecepatan Spesifik (rpm)

$RPM$  = Putaran turbin (rpm)

#### c. Menentukan jenis turbin dari kecepatan spesifik dan *head* (ketinggian)

Pemilihan jenis turbin mikrohidro dapat ditentukan dengan menggunakan

kecepatan spesifik dan potensi *head* serta debit yang ada. Penentuan jenis turbin mikrohidro dari kecepatan spesifik turbin memiliki kisaran (range) tertentu berdasarkan data perhitungan. Kisaran kecepatan spesifik beberapa turbin air adalah sebagai berikut:

Turbin Pelton	$12 \leq N_s \leq 25$
Turbin Francis	$60 \leq N_s \leq 300$
Turbin crossflow	$40 \leq N_s \leq 200$
Turbin propeller	$250 \leq N_s \leq 1000$

Pemilihan jenis turbin mikrohidro dari *head* dan debit yaitu :

1. *Head* yang rendah yaitu kurang dari 40 meter tetapi debit air yang besar, maka turbin Kaplan atau propeller cocok digunakan untuk kondisi ini.
2. *Head* yang sedang antara 1 sampai 200 meter dan debit relatif cukup, maka untuk kondisi seperti ini dapat digunakan turbin Francis atau *crossflow*.
3. *Head* yang tinggi yakni lebih dari 200 meter dan debit sedang, dapat menggunakan turbin impuls jenis Pelton (Bachtiar, 1988).

Dengan mengetahui kecepatan spesifik turbin, *head* dan debit maka perencanaan dan pemilihan jenis turbin akan menjadi lebih mudah.

#### **2.2.4. Parameter Perancangan Turbin**

Menghitung debit air sungai dapat dihitung secara empiris dengan menggunakan persamaan yang sudah ada dan pengamatan secara langsung di lapangan.

**a. Kecepatan aliran masuk**

Kecepatan aliran masuk ( $V$ ) dapat dihitung dengan persamaan Mockmore dan Barglazan:

$$V = K_v \sqrt{2g \times H} \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

$V$  = kecepatan aliran masuk (m/s)

$K_v$  = Konstanta (0,98)

$g$  = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

**b. Kecepatan keliling aliran masuk**

Kecepatan keliling aliran masuk ( $u$ ) dapat dihitung dengan persamaan Mockmore dan Barglazan:

$$u = 0,481 \times v \dots\dots\dots (4)$$

dimana:

$u$  = Kecepatan keliling aliran masuk (m/s)

$v$  = Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

**c. Debit air dalam pipa**

Debit air dalam saluran tertutup (pipa) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q = v \times A \dots\dots\dots (5)$$

dimana:

$Q$  = Debit air ( $m^3/det$ )

$A$  = Luas penampang pipa ( $m^2$ )

Kecepatan aliran ( $v$ ) dapat diketahui melalui pengukuran langsung di lapangan sedangkan luas penampang dihitung dengan persamaan:

$$A = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \times \pi \dots\dots\dots (6)$$

dengan:

$d$  = diameter pipa (m)

Aliran dalam pipa mengalami *headloss* akibat gesekan, pengecilan, *headloss* bendung dan nosel. Persamaan *headloss* mikrohidro dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Persamaan *headloss* mikrohidro

Jenis <i>Headloss</i>	Persamaan
Penyempitan	$h_c = K_c \times \frac{v_2^2}{2 \times g}$
<i>Headloss</i> Mayor	$h_f = f \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2 \times g}$
<i>Headloss</i> Minor	$h_m = f \frac{v^2}{2 \times g}$
<i>Headloss</i> bendung	$H_b = K_c \frac{v_2^2}{2 \times g}$

(Sumber: Situmorang, 2008)

#### d. Ketinggian (*head*)

Ketinggian pada PLTMH merupakan ketinggian yang diukur mulai dari masuknya air ke dalam penstok sampai pada masuknya air di ruang turbin. Untuk mendapatkan head efektif digunakan persamaan berikut.

$$H_{eff} = H_{tot} - H_{loss} \dots\dots\dots (7)$$

dimana:

$H_{eff}$  = Head efektif (m)

$H_{tot}$  = head total (m)

$H_{loss}$  = Head loss (m)



### e. Putaran turbin

Putaran turbin ditentukan dari spesifikasi generator dan puli yang digunakan, untuk mikrohidro di Desa Bangun Rahayu menggunakan generator dengan putaran maksimal 1800 rpm dan menggunakan puli 10 cm. Puli pada turbin berukuran 50 cm sehingga putaran maksimal pada turbin adalah 360 rpm.

### f. Diameter turbin

Diameter turbin ( $Dt$ ) dapat dihitung dengan persamaan:

$$Dt = \frac{u \times 60}{\pi \times RPM} \dots\dots\dots (8)$$

dimana:

$Dt$  = Diameter turbin (m)

$RPM$  = Jumlah putaran turbin per menit (rpm)

### g. Jumlah sudu

Sudu pada turbin disusun secara melingkar menempel pada dinding samping turbin dengan jarak yang sama. Jumlah sudu dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$n = \frac{\pi \times Dt}{t} \dots\dots\dots (9)$$

dimana:

$n$  = Jumlah sudu

$t$  = Jarak antar sudu (m)

jarak antar sudu ( $t$ ) dihitung dengan persamaan berikut:

$$t = \frac{Si}{\sin \theta} \dots\dots\dots (10)$$

$$Si = k \times Dt \dots\dots\dots (11)$$

dimana:

$$k = \text{Konstanta} = 0,13$$

$\theta$  = Sudut yang terbentuk oleh sudu lengkung dengan sumbu vertikal poros.

#### h. Lebar sudu

Lebar sudu ( $L$ ) dapat dihitung dengan persamaan:

$$L = \frac{Q}{K_v \times 4,43 \times \sqrt{H \times t}} \dots\dots\dots (12)$$

dimana:

$$L = \text{Lebar sudu (m)}$$

$$K_v = \text{Konstanta (0,98)}$$

$$t = \text{Jarak antar sudu (m)}$$

#### i. Kelengkungan sudu

Menurut Susantyo 2003, sudu bisa dipilih dari suatu lingkaran yang pusatnya terletak antara garis yang tegak lurus pada titik A dan garis yang tegak lurus pada jari jari dan berpotongan pada titik B. Kurva sudu dapat dilihat pada Gambar 11.

Dari segitiga AOC dan, BOC, pada Gambar 11, didapat:

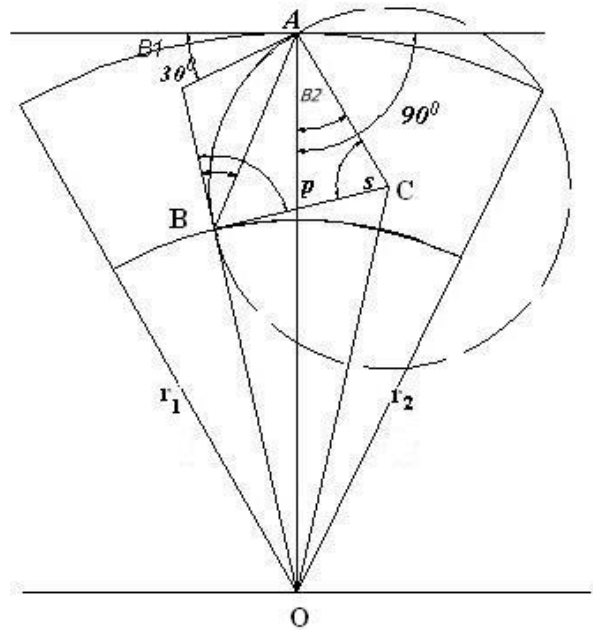
$$(\overline{CO}) = (\overline{OB})^2 + (\overline{BC})^2 = (\overline{AO})^2 + (\overline{AC})^2 - 2(\overline{AO}) \times (\overline{AC}) \cos \beta_1$$

$$\text{Karena : } (\overline{AO}) = r_1 \text{ (jari-jari luar)}$$

$$(\overline{OB}) = r_2 \text{ (jari-jari dalam)}$$

$$(\overline{AC}) = (\overline{BC}) = p$$

$$p = \frac{[(r_1)^2 - (r_2)^2]}{2r_1 \cos \beta_1}$$



Gambar 11. Kurva sudu

Untuk :  $r_2 = (0,66 r_1)$  dan  $\cos \beta_1 = \cos 30^\circ = 0,866$

Maka :

$$p = 0,326 \times r_1 \dots\dots\dots (13)$$

dengan:

$r$  = Jari-jari turbin (m)

$p$  = Jari-jari kelengkungan sudu turbin (m)

### 2.2.5. Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini terdiri dari analisis teknis dengan parameter daya mikrohidro, daya hidraulik tenaga air, daya turbin yang dihasilkan dan output turbin. Data analisis teknis akan dibandingkan antara hasil pengukuran dengan menggunakan turbin lama dan turbin hasil rancangan.

**a. Kinerja teknis mikrohidro.**

- Daya mikrohidro.

Daya mikrohidro keseluruhan dihitung dari daya yang dihasilkan generator dengan menggunakan alat ukur daya.

- Daya hidrolik tenaga air

Daya hidrolik tenaga air merupakan potensi daya air untuk menghasilkan/menggerakkan daya listrik. Daya hidrolik tenaga air dihitung dengan persamaan 1.

- Penyalur daya

Antara turbin dengan generator dihubungkan oleh penyalur daya yang biasanya menggunakan belt. Penyalur daya untuk skala kecil biasanya di hubungkan dengan vbelt.

**b. Effisiensi mikrohidro**

Effisiensi mikrohidro didapat dari perbandingan nilai daya keluaran yang dihasilkan oleh turbin dengan daya potensial air. Effisiensi sistem mikrohidro keseluruhan merupakan perbandingan antara daya yang dihasilkan generator dengan daya potensial air.

$$\eta_M = \frac{P_g}{P_a} \times 100\% \dots\dots\dots (14)$$

dimana:

$\eta_M$  = Effisiensi mikrohidro

$P_a$  = Daya potensial air (Watt)

$P_g$  = daya output generator yang dihasilkan (Watt)

Untuk menghitung efisiensi efektif mikrohidro digunakan Persamaan 15, dimana untuk daya potensial sistemnya menggunakan *head* efektif yaitu tinggi jatuh total dikurangi dengan *head loss* pipa. Untuk menghitung daya potensial instalasi dan efisiensi instalasi digunakan persamaan sebagai berikut;

$$P_{Eff} = \rho \times g \times Q \times H_{Eff} \dots\dots\dots (15)$$

dan

$$\eta_{Eff} = \frac{P_g}{P_{Eff}} \times 100\% \dots\dots\dots (16)$$

dimana:

$P_{Eff}$  = Daya potensial efektif (Watt)

$H_{Eff}$  = *Head* efektif (m)

#### 2.2.6. Turbin Air di Desa Bangun Rahayu.

Turbin air di Desa Bangun Rahayu Kecamatan Teluk Betung Barat merupakan mikrohidro skala kecil yang dikembangkan oleh penduduk setempat, salah satunya adalah mikrohidro milik Bapak Acang. Mikrohidro ini menggunakan turbin jenis *crossflow* dengan diameter 40 cm, lebarnya 30 cm, dan memiliki jumlah sudu sebanyak 8 buah. Saat ini turbin yang dipakai hanya mampu menghasilkan daya sebesar 1000 Watt sampai 1100 Watt, padahal menurut pengamatan dan jika desainnya diperbaiki daya yang dihasilkan akan bisa meningkat. Desain turbin dan bangunan mikrohidro yang kurang bagus membuat daya yang dihasilkan masih kurang optimal. Bangunan dan turbin mikrohidro di Desa Bangun Rahayu dapat dilihat pada Gambar 12.

### 2.2.7. Generator

Generator merupakan jenis mesin listrik yang berfungsi untuk menghasilkan tegangan bolak-balik dengan cara mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Prinsip kerja dari generator secara umum yaitu energi mekanis diperoleh dari putaran rotor yang digerakkan oleh penggerak (*prime mover*), sedangkan energi listrik diperoleh dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan stator dan rotornya. Generator turbin milik Bapak Acang sendiri menggunakan generator 1 phasa 7,5 kW.



a. Bangunan turbin



b. Turbin

Gambar 12. Bangunan dan turbin mikrohidro di Desa Bangun Rahayu.