

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Jenis – Jenis Kincir Air

Kincir air dapat didefinisikan sebagai peralatan mekanis berbentuk roda (wheel), memiliki sudu-sudu atau rotor pada sekeliling tepinya berfungsi sebagai media penerima dorongan atau daya dari air sehingga kincir dapat berputar dan dapat memutar generator.

Kincir air banyak digunakan sebagai pembangkit listrik yang memanfaatkan air aliran sungai sebagai media utamanya untuk memutar kincir tersebut.

Kincir air terdiri dari beberapa tipe kincir air yang pernah digunakan, tipe kincir tersebut adalah sebagai berikut (Ref. 3 hal 5) :

1. Kincir Air Overshot
2. Kincir Air Undershot
3. Kincir Air Breastshot
4. Kincir Air Sagebien

##### 2.1.1 Kincir Air Overshot



Gambar 2.1 Kincir air Overshot  
(Ref. 3 hal 5)

Kincir air overshot bekerja bila air yang mengalir jatuh ke dalam bagian sudu-sudu sisi bagian atas, dan karena gaya berat air roda kincir berputar. Kincir air overshot adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain.

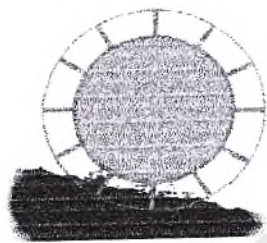
#### Keuntungan

- ▶ Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85%.
- ▶ Tidak membutuhkan aliran yang deras.
- ▶ Konstruksi yang sederhana.
- ▶ Mudah dalam perawatan.
- ▶ Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.

## Kerugian

- ▶ Memerlukan jumlah air yang lebih banyak.
- ▶ Tidak dapat diterapkan untuk mesin putaran tinggi.
- ▶ Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.
- ▶ Daya yang dihasilkan relatif kecil.

### 2.1.2 Kincir Air Undershot



Gambar 2.2 Kincir air Undershot  
(Ref. 3 hal 9)

Kincir air undershot bekerja bila air yang mengalir, menghantam dinding sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air. Kincir air tipe undershot tidak mempunyai tambahan keuntungan dari head. Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. Tipe ini disebut juga dengan "Vitruvian". Disini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir.

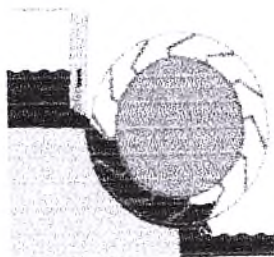
## Keuntungan

- ▶ Konstruksi lebih sederhana
- ▶ Lebih ekonomis
- ▶ Mudah untuk dipindahkan

## Kerugian

- ▶ Efisiensi kecil
- ▶ Daya yang dihasilkan relatif kecil

### 2.1.3 Kincir Air Breastshot



Gambar 2.3 Kincir air Breastshot  
(Ref. 3 hal 7)

Kincir air Breastshot merupakan perpaduan antara tipe overshot dan undershot dilihat dari energi yang diterimanya. Jarak tinggi jatuhnya tidak melebihi diameter kincir, arah aliran air yang menggerakkan kincir air disekitar sumbu poros dari kincir air. Kincir air jenis ini memperbaiki kinerja dari kincir air tipe under shot

## Keuntungan

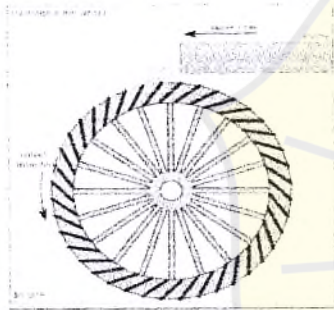
- ▶ Tipe ini lebih efisien dari tipe under shot
- ▶ Dibandingkan tipe overshot tinggi jatuhnya lebih pendek
- ▶ Dapat diaplikasikan pada sumber air aliran datar

## Kerugian

- ▶ Sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe undershot (lebih rumit)
- ▶ Diperlukan dam pada arus aliran datar
- ▶ Efisiensi lebih kecil dari pada tipe overshot

### 2.1.4 Kincir Air Sagebien

kincir air sagabien biasanya pada roda kincir dipasangkan sejumlah plat yang membentuk sudut  $30^{\circ}$  sampai  $45^{\circ}$  terhadap radius. Roda kincir dijaga terletak pada aliran sedemikian rupa, sehingga air menumbuk plat searah horizontal.



Gambar 2.4 Kincir air Sagabien  
(Ref. 3 hal 11)

## Keuntungan

- ▶ Memiliki konstruksi yang lebih ringkas
- ▶ Kecepatan putarnya lebih cepat

## Kerugian

- ▶ Tidak menghasilkan daya yang besar
- ▶ Karena komponennya lebih kecil membutuhkan tingkat ketelitian yang lebih tinggi



## 2.2 Jenis-jenis Turbin Air

### 2.2.1 Pengertian Turbin Air

Turbin air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Energi mekanis diubah dengan generator listrik menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk tenaga industri untuk jaringan listrik. Sekarang lebih umum dipakai untuk generator listrik. Turbin ini dimanfaatkan secara luas dan merupakan sumber energi yang dapat diperbaharukan.

Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya head dan debit air. Dalam hubungan dengan reservoir air maka head adalah beda ketinggian antara muka air pada reservoir dengan muka air keluar dari kincir air/turbin air. Total energi yang tersedia dari suatu reservoir air adalah merupakan energi potensial air yaitu :

$$E = mgh \quad (\text{Ref. 4 hal 30})$$

dengan

$m$  = adalah massa air

$h$  = adalah head (m)

$g$  = adalah percepatan gravitasi  $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

Perhitungan juga dapat menggunakan perumusan sebagai berikut

$$P = Qgh \quad (\text{Ref. 4 hal 55})$$

$P$  = adalah daya (watt) yaitu

$Q$  = adalah kapasitas aliran  $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

Selain memanfaatkan air jatuh hydropower dapat diperoleh dari aliran air datar. Dalam hal ini energi yang tersedia merupakan energi kinetic

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad (\text{Ref. 4 hal 35})$$

dengan

$$v = \text{adalah kecepatan aliran air} \left( \frac{m}{s} \right)$$

Daya air yang tersedia dinyatakan sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{2} \rho Q v^2 \quad (\text{Ref. 4 hal 60})$$

atau dengan menggunakan persamaan kontinuitas  $Q = Av$  maka

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

dengan

$$A = \text{adalah luas penampang aliran air} \left( m^2 \right)$$

Daya rata-rata pada poros turbin dan poros generator dapat di hitung untuk mendapatkan nilai efisiensi turbin dan efisiensi generator. Perhitungan dapat menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$P = \frac{E_k}{t} \quad (\text{Ref. 4 hal 65})$$

Sehingga Didapat :

$$P = \frac{\frac{1}{2} m v^2}{t}, \text{ dimana } v = \omega r$$

$$P = \frac{\frac{1}{2} m (\omega r)^2}{t}, \text{ dimana } r = \frac{1}{2} D$$

$$P = \frac{\frac{1}{2} m \left( \frac{1}{2} D \omega \right)^2}{t}$$

$$P = \frac{\frac{1}{2} \times m \times \left( \frac{1}{4} D^2 \right) \times (\omega)^2}{t}$$

$$P = \frac{\frac{1}{8} \times m \times D^2 \times (\omega)^2}{t}$$

Dari persamaan-persamaan diatas dapat diketahui berapa besarkah efisiensi turbin dan generator dilihat dari perbedaan putaran turbin dan generator dari perbedaan pembebanan pada generator.

Efisiensi turbin juga tidak lepas dari kecepatan sudut poros turbin, kecepatan sudut poros turbin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\omega = \frac{\theta_{pt}}{t} \quad (\text{Ref. 3 hal 7})$$

$$\theta_{pt} = 2\pi n_{pt} \quad (\text{Ref. 3 hal 55})$$

Dimana :

$\omega$  = Kecepatan sudut poros turbin (rad/s)

$\theta_{pt}$  = Besar perpindahan sudut (rad)

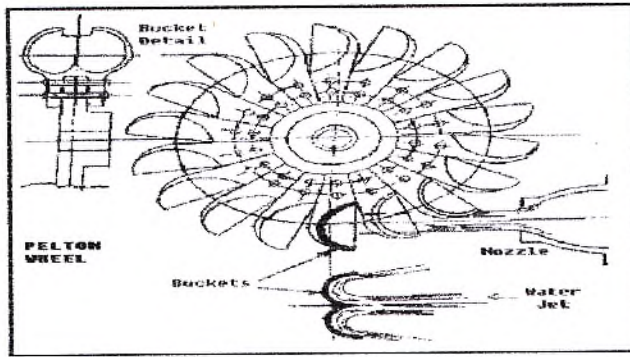
Tabel 2.1 Pengelompokan Turbin

	high head	medium head	low head
impulse turbines	Pelton Turgo	cross-flow multi-jet Pelton Turgo	cross-flow
reaction turbines		Francis	propeller Kaplan

Sumber : Turbin Air hal 35

### 2.2.2. Turbin Pelton

Turbin pelton merupakan turbin impuls. Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut nosel. Turbin Pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien. Turbin Pelton adalah turbin yang cocok digunakan untuk head tinggi.

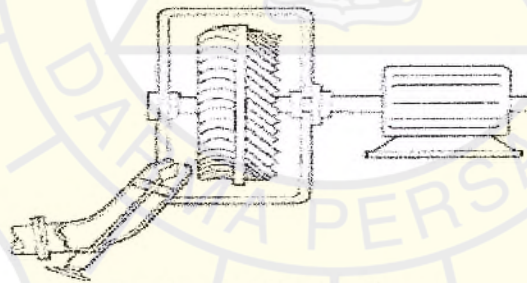


Gambar 2.5 Turbin Pleton

Sumber : Turbin Air hal 37

Bentuk sudu turbin terdiri dari dua bagian yang simetris. Sudu dibentuk sedemikian sehingga pancaran air akan mengenai tengah-tengah sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik dan membebaskan sudu dari gaya-gaya samping. Untuk turbin dengan daya yang besar, sistem penyemprotan airnya dibagi lewat beberapa nosel. Dengan demikian diameter pancaran air bisa diperkecil dan ember sudu lebih kecil. Turbin Pelton untuk pembangkit skala besar membutuhkan head lebih kurang 150 meter tetapi untuk skala mikro head 20 meter sudah mencukupi.

### 2.2.3. Turbin Turgo



Gambar 2.6 Turbin Turgo

Sumber : Turbin Air hal 17

Turbin Turgo dapat beroperasi pada head 30 s/d 300 m. Seperti turbin pelton turbin turgo merupakan turbin impulse, tetapi sudunya berbeda. Pancaran air dari nosel membentur sudu pada sudut  $20^\circ$ .

Kecepatan putar turbin turgo lebih besar dari turbin Pelton. Akibatnya dimungkinkan transmisi langsung dari turbin ke generator sehingga menaikkan efisiensi total sekaligus menurunkan biaya perawatan.

#### 2.2.4. Turbin Crossflow

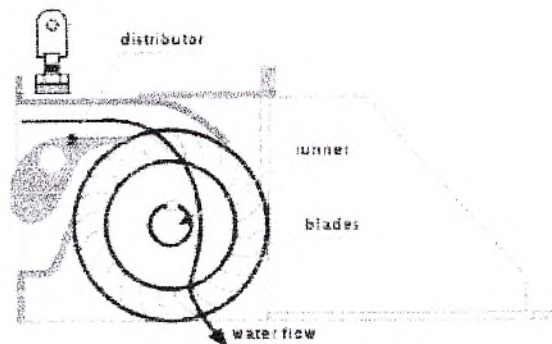


figure 6.7

Gambar 2.7 Turbin Crossflow

Sumber : Turbin Air hal 36

Salah satu jenis turbin impuls ini juga dikenal dengan nama Turbin Michell-Banki yang merupakan penemunya. Selain itu juga disebut Turbin Osberger yang merupakan perusahaan yang memproduksi turbin crossflow. Turbin crossflow dapat dioperasikan pada debit 20 Refres/sec hingga  $10 \text{ m}^3/\text{sec}$  dan head antara 1 s/d 200 m. Turbin Zcrossflow menggunakan nozle persegi panjang yang lebarnya sesuai dengan lebar runner. Pancaran air masuk turbin dan mengenai sudu sehingga terjadi konversi energi kinetik menjadi energi mekanis. Air mengalir keluar membentur sudu dan memberikan energinya (lebih rendah dibanding saat masuk) kemudian meninggalkan turbin. Runner turbin dibuat dari beberapa sudu yang dipasang pada sepasang piringan paralel.

#### 2.2.5. Turbin Reaksi

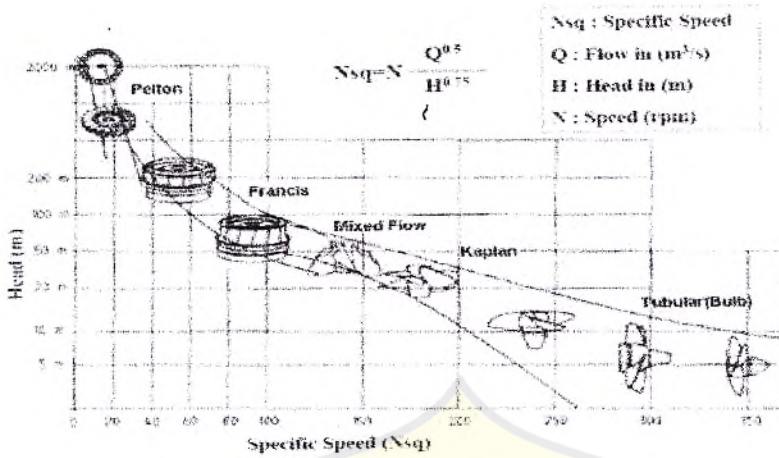
Turbin Reaksi : Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga *runner* (bagian turbin yang berputar) dapat berputar. Turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini dikelompokkan sebagai turbin reaksi. Runner turbin reaksi sepenuhnya tercelup dalam air dan berada dalam rumah turbin.

Contoh :

- **Turbin Francis.** Turbin Francis merupakan salah satu turbin reaksi. Turbin dipasang diantara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian keluar. Turbin Francis menggunakan sudu pengarah. Sudu pengarah mengarahkan air masuk secara tangensial.







Grafik 2.2 Pemilihan Jenis Turbin  
 Sumber : Teknik Tenaga Listrik hal 67

### 2.3 Transmisi

Transmisi berfungsi meneruskan putaran dan juga torsi dari rotor ke generator. Karena rotor turbin bekerja pada putaran yang rendah sehingga. Sistem transmisi dirancang untuk dapat menaikkan putaran dari kincir air ke generator hal ini dilakukan untuk pemenuhan kebutuhan torsi untuk memutar generator dimana digunakan gear. untuk perhitungannya menggunakan rumus berikut :

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{r_1}{r_2}$$

(Ref. 6 hal 216)

Dimana :

- n2 = Putaran pada sudu-sudu
- n1 = putaran pada generator
- r1 = diameter pulley pada kincir
- r2 = diameter pulley pada generator.

Poros pada turbin dan generator adalah komponen yang tidak lepas juga dari perlengkapan tranmisi pada perancangan microhydro untuk dikapal, poros pada turbin dan generator memiliki nilai moment puntir pada saat berputar dan dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut (sularso dan kiyokatsu suga, dasar perencanaan dan pemilihan element mesin halaman 7-8) :

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P}{N}$$

(Ref. 6 hal 7)

Dimana :

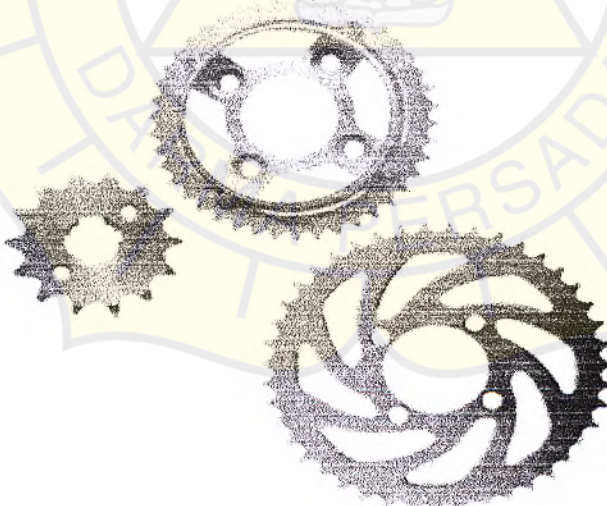
T = Moment Puntir (kg.mm)

P = Daya Generator (watt)

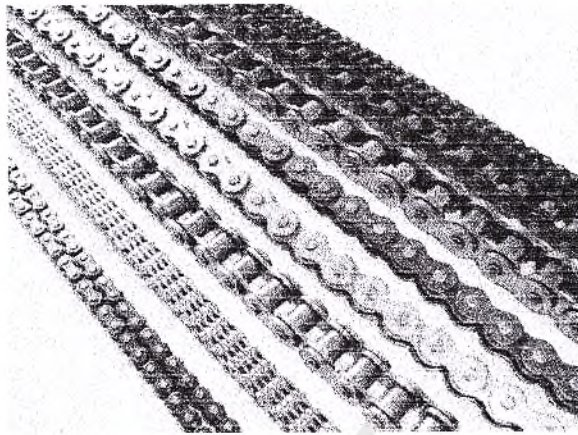
N = Putaran Generator (RPM)

Moment puntir akan selalu berubah dipengaruhi oleh beban yang diberikan kegenerator, sehingga mempengaruhi banyaknya putaran poros pada generator. Semakin besar beban yang diberikan terhadap generator, maka akan semakin besar momen punter yang dialami oleh poros generator dan turbin dan sebaliknya, semakin kecil beban yang diberikan kepada generator, maka akan semakin kecil pula momen punter yang dialami oleh poros generator dan turbin. System transmisi pada microhydro ini menggunakan Gear dan Rantai.

Gear dan Rantai adalah alat yang menyalurkan tenaga putar yang dihasilkan oleh turbin menuju generator. Pada sistem transmisi turbin microhydro ini digunakan perbandingan antara gear pada turbin dan generator, perbandingan diambil 3:1. Gear pada turbin memiliki ukuran 16 cm dan pada generator memiliki ukuran 8 cm, hal ini dilakukan agar mendapatkan putaran yang optimal atau putaran yang lebih besar pada generator.



Gambar 2.10 Gear



Gambar 2.11 Rantai

## 2.4 Generator.



Gambar 2.12 Sanyo Denki Servo Motor

Generator berfungsi untuk merubah energi kinetik gerak menjadi listrik dan diharapkan mampu beroperasi pada kecepatan putar yang rendah maupun cepat. Hal ini berarti generator diharapkan mampu menghasilkan daya listrik yang diinginkan pada putaran poros yang rendah maupun cepat.

Daya yang dihasilkan oleh generator ditentukan oleh besaran putaran yang ditransmikan oleh poros turbin ke poros generator. Besaran putaran juga dapat ditentukan dari perbandingan gear antara gear pada turbin dan gear pada generator. Daya yang dihasilkan generator juga dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = I \times V \quad (\text{Ref. 4 hal 22})$$

Dimana :

P = Daya Generator (Watt)

I = Arus Geerator (Amper)

V = Tegangan Generator (Volt)

Jika telah didapatkan hasil daya yang dapat dihasilkan oleh generator, maka dapat ditentukan pula distribusi listrik yang dihasilkan oleh generator kepada alat-alat elektronik, lampu atau jika memungkinkan pompa-pompa pada kapal dapat memanfaatkan hasil listrik dari generator microhydro ini.

## 2.5 Controller

Controller disini berfungsi sebagai pengatur arus listrik yang keluar dari generator dan juga sebagai pengatur untuk menstabilkan listrik yang keluar dari generator untuk kemudian disimpan dalam baterai. Alat yang digunakan adalah Dioda.

Fungsi Dioda sangat berpengaruh penting didalam rangkaian elektronika. Karena dioda adalah komponen semikonduktor yang terdiri dari penyambung P-N. Dioda merupakan gabungan dari dua kata elektroda, yaitu anoda dan katoda. Sifat lain dari dioda adalah menghantarkan arus pada tegangan maju dan menghambat arus pada aliran tegangan balik. Selain itu, masih banyak lagi fungsi dioda lainnya, sebagai berikut :

- Sebagai penyearah untuk komponen dioda bridge.
- Sebagai penstabil tegangan pada komponen dioda zener.
- Sebagai pengaman atau sekering.
- Sebagai pemangkas atau pembuang level sinyal yang ada di atas atau bawah tegangan tertentu pada rangkaian clipper.
- Sebagai penambah komponen DC didalam sinyal AC pada rangkaian clamper.
- Sebagai pengganda tegangan.
- Sebagai indikator untuk rangkaian LED (Light Emiting Diode).
- Dapat digunakan sebagai sensor panas pada aplikasi rangkaian power amplifier.
- Sebagai sensor cahaya pada komponen dioda photo.
- Sebagai rangkaian VCO (Voltage Controlled Oscilator) pada komponen dioda varactor.

Secara keseluruhan dioda dapat kita contohkan sebagai katup, dimana katup tersebut akan terbuka pada saat air mengalir dari belakang menuju ke depan. Sedangkan katup akan menutup apabila ada dorongan aliran air dari depan katub. Simbol dioda digambarkan dengan anak panah yang diujungnya terdapat garis yang

melintang. Cara kerja dioda dapat kita lihat dari simbolnya. Karena pada pangkal anak panah disebut sebagai anoda (P) dan pada ujung anak panah dapat disebut sebagai katoda (N).



Gambar 2.13 Dioda

Pada umumnya, dioda terbuat dari bahan silikon yang sudah dibekali tegangan pemicu. Tegangan pemicu ini sangat diperlukan agar elektron bisa langsung mengisi hole melalui area depletin layer. Didalam komponen dioda tidak akan terjadi pemindahan elektrton hole dari P ke N maupun sebaliknya. Itu di sebabkan hole dan elektron akan tertarik ke arah kutub yang berlawanan. Bahkan lapisan depletion layer semakin besar dan menghalangi terjadinya arus.

## 2.6 Unit Penyimpan Energi.

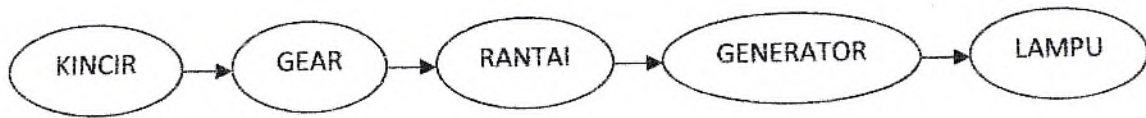


Gambar 2.14 Accu GS Astra

Sebagaimana halnya sumber energi terbarukan yang lain, energi dari air juga intermitten walaupun kemungkinan pembangkitannya bisa dilakukan siang dan malam. Oleh karena itu digunakanlah unit penyimpan energi baterai.

## 2.7 Perencanaan Microhydro Di Kapal.

Hasil listrik yang dihasilkan oleh Microhydro di kapal ini nantinya digunakan untuk membantu sistem penerangan pada kapal. berikut dibawah ini skema dari pemasangan microhydro pada kapal kontainer :



Gambar 2.13 Diagram Perencanaan Microhydro

