

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Tingginya pemakaian energi listrik menjadi masalah utama di banyak negara di dunia pada masa sekarang ini. Pertumbuhan dan perkembangan ekonomi suatu negara berpengaruh pada peningkatan permintaan energi listrik di negara tersebut. Dalam Key World Energy Statistic (2015), diketahui bahwa minyak bumi dan batu bara menjadi prioritas utama sumber energi dalam pemenuhan kebutuhan listrik manusia. Salah satu pembangkit yang dapat mengurangi pemakaian sumber listrik yang dibangkitkan oleh minyak bumi dan batu bara adalah energi terbarukan.

Di antara pembangkit listrik yang menggunakan air sebagai sumber energi, pembangkit listrik tenaga pasang surut (tidal energy) merupakan salah satu alternatif penggunaan sumber energi terbarukan. Prinsip kerjanya sama dengan pembangkit listrik tenaga air, di mana air dimanfaatkan untuk memutar turbin dan menghasilkan energi listrik. Energi diperoleh dari pemanfaatan variasi permukaan laut terutama disebabkan oleh efek gravitasi bulan, dikombinasikan dengan rotasi bumi dengan menangkap energi yang terkandung dalam perpindahan massa air akibat pasang surut. Tidal energy adalah salah satu teknologi yang sedang berkembang saat ini. Jika dibandingkan dengan sumber-sumber energi terbarukan lainnya, aliran pasang surut merupakan sumber energi yang relatif dapat diandalkan karena pergerakan pasang surut dapat diprediksi secara akurat dalam arah, waktu dan besarnya.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. bagaimana Cara kerja Pembangkit Listrik Tenaga Pasang Surut Air Laut (PLTPs)?
2. bagaimana merancang pembangkit listrik pasang surut air laut?
3. bagaimana cara kerja generator pada pembangkitan listrik tenaga pasang surut air laut?

### **1.3 Tujuan Perancangan**

Adapun tujuan perancangan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1 Untuk mengetahui dan merancang PLTPs.
2. Untuk memahami cara kerja PLTPs.

3. Untuk memberikan gambaran tentang prospek implementasi pembangunan PLTPs di Indonesia.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Agar tugas akhir ini lebih terarah dan dapat mencapai hasil yang diinginkan, oleh karena itu penulis akan membatasi tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Pada perancangan ini yang mau dilakukan adalah membuat simulasi PLTPs, dan tidak memperhitungkan masalah daya dan voltase.
2. Tidak mempermasalahkan penyebab pasang surut air laut.
3. Pembahasan prinsip kerja PLTPs hanya dibahas secara umum.
4. hanya melakukan pengujian pada saat air sudah surut.
5. Tidak membahas dari sisi ekonomi pembangkit.

#### **1.5 Manfaat Penulisan**

1. Lebih mudah dalam memahami proses pembangkitan pada PLTPs.
2. Penerapan langsung (aplikasi) disiplin ilmu elektro.
3. Dengan system ini dapat dikembangkan menjadi pembangkit di pesisir pantai.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Tinjauan dari sistematika penulisan adalah untuk memberikan pengarahan secara jelas dari permasalahan laporan akhir dan juga merupakan garis besar pembahasan dari setiap bab, dimana masing-masing bab terdapat uraian sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menerangkan mengenai latar belakang masalah dari penulisan laporan akhir, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan dan manfaat, metode pengumpulan data, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini tentang landasan mengenai teori – teori pendukung untuk bab – bab selanjutnya.

### **BAB III METODE PERANCANGAN**

Bab ini berisikan tentang perencanaan dan pembuatan system secara keseluruhan.

## **BAB IV PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas tentang hasil pengujian pada rangkaian, akan dibahas hasil analisa dari rangkaian dan sisten kerja alat, penjelasan mengenai rangkaian-rangkaian yang digunakan.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran – saran yang didapat dari hasil perancangan PLTPs.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Landasan Teori**

##### **2.1.1 Potensi Energi Air**

Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat, karena pada air tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Tenaga air (Hydropower) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran air di sungai. Sejak awal abad 18, kincir air

banyak dimanfaatkan sebagai penggerak penggilingan gandum, penggergajian kayu dan mesin tekstil.

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 :

$$E_p = m g h \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :  $E_p$  adalah energi potensial air (Joule)

$m$  adalah massa air

$h$  adalah head (m)

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

Dengan mensubstitusikan  $P$  terhadap ( $\frac{E}{t}$ ) dan mensubstitusikan  $PQ$  terhadap ( $\frac{m}{t}$ )

maka :

$$P = \rho Qgh \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :  $P$  adalah daya (watt)

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

$\rho$  adalah isensitas air( $\frac{kg}{m^3}$ )

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

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :  $E_k$  adalah energi kinetis air ( Joule)

$v$  adalah kecepatan aliran air ( $\frac{m}{s}$ )

Daya air yang tersedia dinyatakan sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{2} \rho Q v^2 \dots\dots\dots (4)$$

Atau dengan menggunakan persamaan kontinuitas  $Q = Av$  maka

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \dots\dots\dots (5)$$

Dimana A adalah luas penampang aliran air ( $m^2$ )

### **2.1.2 Pasang Surut Air Laut**

Menurut Pariwono (1989), fenomena pasang surut diartikan sebagai naik turunnya permukaan laut secara berkala akibat adanya gaya tarik benda-benda angkasa terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi. Demikian juga menurut Dronkers (1964) pasang surut laut merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi, dan bulan. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh, dan ukurannya lebih kecil.

Pasang surut laut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. Efek sentrifugal adalah dorongan ke arah luar pusat rotasi. Gravitasi berbanding lurus dengan massa, tetapi berbanding terbalik dengan jarak. Meskipun ukuran bulan lebih kecil dari pada matahari, gaya tarik gravitasi bulan dua kali lebih besar dari pada gaya tarik matahari dalam membangkitkan pasang surut laut. Hal ini karena jarak bulan lebih dekat dari pada jarak matahari ke bumi. Gaya tarik gravitasi menarik air laut ke arah bulan dan matahari dan menghasilkan dua tonjolan (bulge) pasang surut gravitasional di laut. Lintang dari tonjolan pasang surut ditentukan oleh deklinasi, sudut antara sumbu rotasi bumi dan bidang orbital bulan dan matahari (Gross, 1990).

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya pasang surut berdasarkan teori kesetimbangan adalah rotasi bumi pada sumbunya, dan revolusi bulan terhadap matahari, revolusi bumi terhadap matahari. Sedangkan berdasarkan teori dinamis adalah kedalaman dan keluasan perairan, pengaruh rotasi bumi (gaya coriolis), dan gesekan dasar. Selain itu juga terdapat beberapa faktor lokal yang dapat mempengaruhi pasang surut di suatu perairan seperti, topografi dasar laut, lebar selat, bentuk teluk, dan sebagainya, sehingga berbagai lokasi memiliki ciri pasang surut yang berlainan (Wyrski, 1961). Menurut Wyrski (1961), pasang surut di Indonesia dibagi menjadi 4 yaitu: pasang surut harian tunggal (Diurnal Tide), pasang surut harian ganda (Semi Diurnal Tide), pasang surut campuran condong harian tunggal (Mixed Tide, Prevailing Diurnal), dan pasang surut campuran condong harian ganda (Mixed Tide, Prevailing Semi Diurnal).

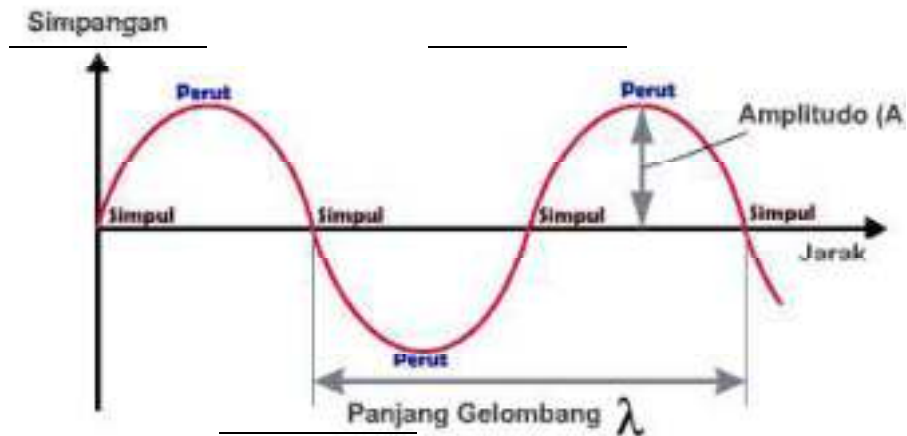
- a. Pasang surut harian tunggal (Diurnal Tide) Merupakan pasang surut yanghanya terjadi satu kali pasang dan satukali surut dalam satu hari, ini terdapat diSelat Karimata.
- b. Pasang surut harian ganda (Semi Diurnal Tide) merupakan pasang surut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut yang tingginya hampir sama dalam satu hari, ini terdapat di Selat Malaka hingga laut Andaman
- c. Pasang surut campuran condong harian tunggal (Mixed Tide, Prevailing Diurnal) merupakan pasang surut yang tiap harinya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut tetapi terkadang dengan dua kali pasang dan dua kali surut yang sangat berbeda dalam tinggi dan waktu, ini terdapat di Pantai Selatan Kalimantan dan Pantai Utara Jawa Barat.
- d. Pasang surut campuran condong harian ganda (Mixed Tide, Prevailing Semi Diurnal) merupakan pasang surut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari tetapi terkadang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan memiliki tinggi dan waktu yang berbeda, ini terdapat di Pantai Selatan Jawa dan Indonesia Bagian Timur.

Pasang surut laut adalah gerak relatifdari materi suatu planet, bintang dan benda angkasa lainnya yang disebabkan gaya gravitasi benda angkasa dari luar materi itu berada, sehingga terjadi peristiwa naik turun permukaan air laut disertai gerakan horizontal massa air. Faktor-faktor non-Astronomis yang mempengaruhi tinggi xgelombang pasang surut adalah kedalaman perairan dan keadaan meteorologi serta faktor hidrografis lainnya. Pasang surut tidak hanya fenomena naik turunnya air laut secara vertikal tetapi juga merupakan fenomena gerakan air laut secara horizontal.

Pasang surut purnama (spring tides) terjadi karena bumi, bulan dan matahari berada dalam satu garis lurus (matahari dan bulan berada dalam satu oposisi). Pada saat itu, akan dihasilkan pasang tinggi yang sangat tinggi dan pasang rendah yang sangat rendah, karena kombinasi gaya tarik dari matahari dan bulan bekerja saling menguatkan. Pasang surut sempurna ini terjadi duakali setiap bulan, yakni pada saat bulan baru dan pada bulan purnama ( full moon). Sedangkan pasang surut perbani (nead tidas) terjadi ketika bumi , bulan dan matahari membentuk sudut tegak lurus, yakni  $90^0$  dengan bumi. Pada saat itu akan dihasilkan pasang tinggi yang rendah, danpasang rendah yang tinggi. Pasang-surut perbani terjadi 2 kali, yakni saat bulan  $1/4$  dan bulan  $3/4$ .

Pasang-surut laut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal, yakni dorongan ke arah luar pusat rotasi. Hukum gravitasi Newton menyatakan, bahwa semua massa benda tarik menarik satu sama lain dan gaya ini tergantung pada besar massanya, serta jarak di antara massa tersebut. Gravitasi bervariasi secara langsung dengan massa, tetapi berbanding terbalik terhadap jarak. Sejalan dengan hukum di atas, dapat dipahami bahwa meskipun massa bulan lebih kecil dari massa matahari tetapi jarak bulan ke bumi jauh lebih kecil, sehingga gaya tarik bulan terhadap bumi pengaruhnya lebih besar dibanding matahari terhadap bumi. Kejadian yang sebenarnya dari gerakan pasang air laut sangat berbelit belit, sebab gerakan tersebut tergantung pula pada rotasi bumi, angin, arus laut dan keadaan-keadaan lain yang bersifat setempat. Gaya tarik gravitasi menarik air laut ke arah bulan dan matahari dan menghasilkan dua tonjolan (bulge) pasang surut gravitasional di laut. Lintang dari tonjolan pasang surut ditentukan oleh deklinasi, yaitu sudut antara sumbu rotasi bumi dan bidang orbital bulan dan matahari.

Pasang-surut air laut dapat didefinisikan pula sebagai gelombang yang dibangkitkan oleh adanya interaksi antara bumi, matahari dan bulan. Puncak gelombang disebut pasang tinggi (High Water/RW) dan lembah gelombang disebut surut/pasang rendah (Low Water/LW). Perbedaan vertikal antara pasang tinggi dan pasang rendah disebut rentang pasang-surut atau tunggang pasut (tidal range) yang bisa mencapai beberapa meter hingga puluhan meter. Periode pasang-surut adalah waktu antara puncak atau lembah gelombang ke puncak atau lembah gelombang berikutnya. Harga periode pasang-surut bervariasi antara 12 jam 25 menit hingga 24 jam 50 menit. Kenaikan dan penurunan permukaan air pasang semi mengikuti sebuah kurva sinus. Dengan titik A menunjukkan titik tertinggi air pasang dan B menunjukkan titik terendah dari pasang. Waktu rata-rata yang dibutuhkan gerakan air yang jatuh dari titik A ke titik B dan kemudian naik lagi dari titik B ke C hampir mendekati 6 jam dan 12,5 menit.



Gambar 2.1. Air Pasang Surut Laut

Pasang surut menggerakkan air dalam jumlah besar setiap harinya dan pemanfaatannya dapat menghasilkan energi dalam jumlah yang cukup besar. Dalam sehari bisa terjadi hingga dua kali siklus pasang surut. Oleh karena waktu siklus bisa diperkirakan (kurang lebih setiap 12,5 jam sekali), suplai listriknya pun relatif lebih dapat diandalkan daripada pembangkit listrik bertenaga ombak. Namun demikian, hanya terdapat sekitar 20 tempat di dunia yang telah diidentifikasi sebagai tempat yang cocok untuk pembangunan pembangkit listrik bertenaga pasang surut. Pada dasarnya ada dua metodologi untuk memanfaatkan energi pasang surut, yaitu:

#### 1. Dam Pasang Surut (Barrage Tidal System)

Prinsip Kerja Teknologi pasang surut dengan membangun dam merupakan teknologi yang paling lama digunakan. Ekstraksi energi didapat dari perbedaan ketinggian antara air di dalam dam dan diluar dam (laut). Dam yang dibangun untuk memanfaatkan siklus pasang surut jauh lebih besar daripada dam air sungai pada umumnya. Dam ini biasanya dibangun di muara sungai dimana terjadi pertemuan antara air sungai dengan air laut. Saat pasang air mengalir memasuki dam sampai kondisi tertentu lalu air tersebut ditahan, bila laut sudah surut air dialirkan kembali ke laut melewati turbin air sehingga energi listrik diperoleh.





Gambar 2.2. Prinsip Kerja Barrage Tidal System

Persamaan untuk menghitung energi adalah :

$$E = H \times V \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan: E = Energi yang dibangkitkan per siklus

H = Selisih tinggi permukaan antara pasang surut

V = Volume waduk

Persamaan untuk menghitung daya listrik adalah:

$$P = f QH \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan : P = daya listrik dalam kW

f = faktor efisiensi 0,7–0,8

Q = debit air (m<sup>3</sup>)

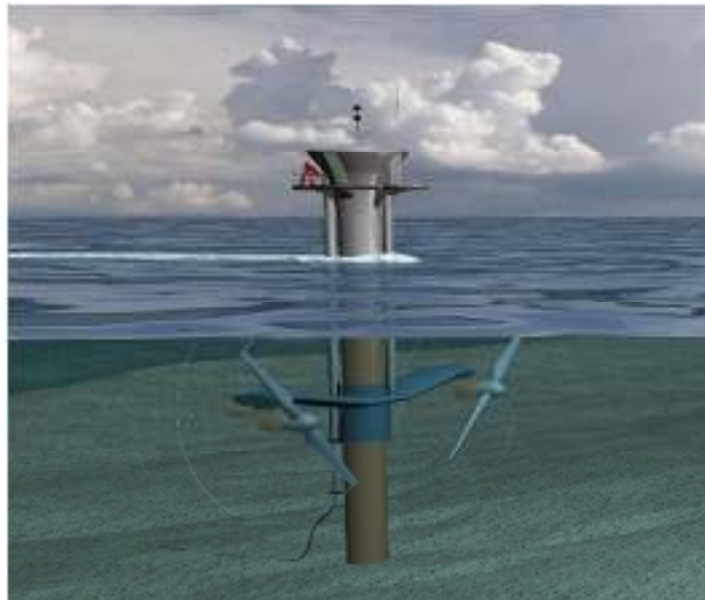
H = tinggi pasang surut terbesar (m).

Pembangkit listrik tenaga pasang surut (PLTPs) terbesar di dunia terdapat di muara sungai Rance di sebelah utara Perancis. Pembangkit listrik ini dibangun pada tahun 1966 dan berkapasitas 240 MW. PLTPs La Rance didesain dengan teknologi canggih dan beroperasi secara otomatis, dan malam hari. PLTPs terbesar kedua di dunia terletak di Annapolis, Nova Scotia, Kanada dengan kapasitas hanya 16 MW. Dalam perkembangannya sistem dam ini berdampak pada lingkungan, walau berhasil menghasilkan energi listrik lumayan besar, namun ekologi air

berbagai jenis satwa yang berhubungan antara muara dan laut tidak berkembang biak dengan baik.

## 2. Turbin Lepas Pantai (Offshore Turbines)

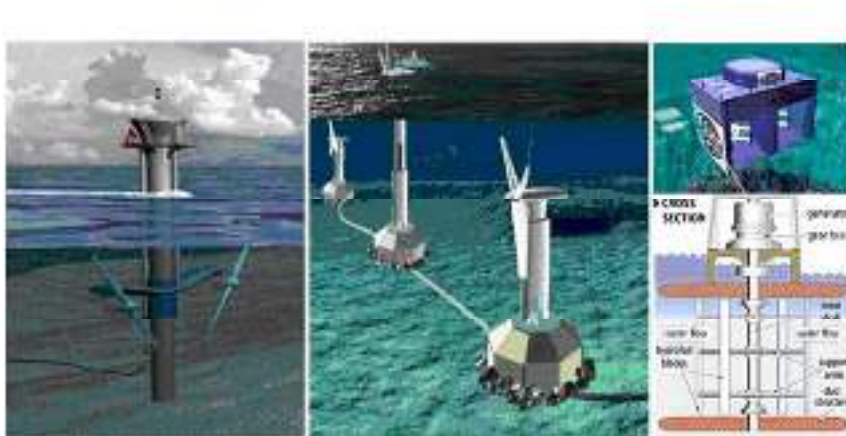
Turbin lepas pantai ini lebih menyerupai pembangkit listrik tenaga angin versi bawah laut. Bentuk dari tidal turbine sangat beragam seperti halnya wind turbine. Tidal turbine terbesar dipasang Scotlandia berbobot 1300 ton dengan tinggi sekitar 22 m, dengan kecepatan aliran laut 2.65 m/s mampu menghasilkan daya sampai dengan 4000 Twh setiap tahun, diharapkan turbin ini mampu digunakan lebih dari 1000 rumah tangga. sehingga hanya membutuhkan dua orang saja untuk pengoperasian pada akhir pekan



Gambar 2.3. Tidal Turbine di Dalam Laut

Keunggulannya dibandingkan metode pertama yaitu: lebih murah biaya instalasinya, dampak lingkungan yang relatif lebih kecil daripada pembangunan dam, dan persyaratan lokasinya pun lebih mudah sehingga dapat dipasang di lebih banyak tempat. Sistem ini tidak memerlukan bendungan, namun langsung terpasang di lautan lepas, gaya dorong dihasilkan dari pergerakan energi kinetik arus laut, dikarenakan densitas air lebih tinggi dari pada angin, offshore turbine dapat menghasilkan energi yang lebih besar dengan ukuran yang sama untuk wind turbine. Beberapa perusahaan yang mengembangkan teknologi turbin lepas pantai adalah: Blue

Energy dari Kanada, Swan Turbines (ST) dari Inggris, dan Marine Current Turbines (MCT) dari Inggris.



Gambar 2.4. Macam-Macam Jenis Turbin Lepas Pantai yang digerakkan oleh Arus Pasang Surut.

Prinsip Kerja Teknologi MCT bekerja seperti pembangkit listrik tenaga angin yang ditenamkan di bawah laut. Dua buah baling dengan diameter 15-20 meter memutar rotor yang menggerakkan generator yang terhubung kepada sebuah kotak gir (gearbox). Kedua baling tersebut dipasangkan pada sebuah sayap yang membentang horizontal dari sebuah batang silinder yang diborakan ke dasar laut. Turbin tersebut akan mampu menghasilkan 750-1500 kW per unitnya, dan dapat disusun dalam barisan-barisan sehingga menjadi ladang pembangkit listrik. Demi menjaga agar ikan dan makhluk lainnya tidak terluka oleh alat ini, kecepatan rotor diatur antara 10-20 rpm (sebagai perbandingan saja, kecepatan baling-baling kapal laut bisa berkisar hingga sepuluh kalinya).

Dibandingkan dengan MCT dan jenis turbin lainnya, desain Swan Turbines memiliki beberapa perbedaan, yaitu: baling balingnya langsung terhubung dengan generator listrik tanpa melalui kotak gir. Ini lebih efisien dan mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan teknis pada alat. Perbedaan kedua yaitu, daripada melakukan pemoran turbin ke dasar laut menggunakan pemberat secara gravitasi (berupa balok beton) untuk menahan turbin tetap di dasar laut.

Adapun satu-satunya perbedaan mencolok dari Davis Hydro Turbines milik Blue Energy adalah poros baling-balingnya yang vertikal (vertical-axis turbines). Turbin ini juga dipasangkan di dasar laut menggunakan beton dan dapat disusun dalam satu baris bertumpuk membentuk pagar pasang surut (tidal fence) untuk mencukupi kebutuhan listrik dalam skala besar. Kelebihan dan Kekurangan Adapun kelebihan dan kekurangan dari tidal energy (energi pasang surut), diantaranya adalah:

Kelebihan:

- a. Setelah dibangun, energy pasang surut dapat diperoleh secara gratis.
- b. Tidak menghasilkan gas rumah kaca.
- c. Tidak membutuhkan bahan bakar
- d. Biaya operasi rendah
- e. Produksi listrik stabil
- f. Pasang surut air laut dapat diprediksi
- g. Turbin lepas pantai memiliki biaya instalasi rendah dan tidak menimbulkan dampak lingkungan yang besar

Kekurangan:

- a. Biaya pembangunan sangat mahal
- b. Meliputi area yang sangat luas sehingga merubah ekosistem lingkungan baik ke arah hulu maupun hilir hingga berkilokilometer
- c. Hanya dapat mensuplai energi kurang lebih 10 jam setiap harinya, ketika ombak bergerak masuk ataupun keluar.

## **2.2 Klasifikasi Kincir Air**

Kincir air merupakan sarana untuk merubah energi air menjadi energi mekanik berupa putaran pada poros kincir. Ada beberapa tipe kincir air yaitu :

### **1. Kincir Air Overshot**

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.



Gambar 2.5. Kincir Air Overshot

Kincir air overshot adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain.

Keuntungan: a. Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85%.

b. Tidak membutuhkan aliran yang deras.

c. Konstruksi yang sederhana.

d. Mudah dalam perawatan.

e. Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.

Kerugian: a. Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan air, memerlukan investasi yang lebih banyak.

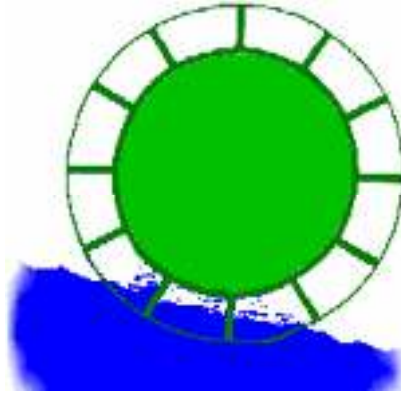
b. Tidak dapat diterapkan untuk mesin putaran tinggi.

c. Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.

d. Daya yang dihasilkan relatif kecil.

## 2. Kincir Air Undershot

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.



Gambar 2.6. Kincir Air Undershot

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:

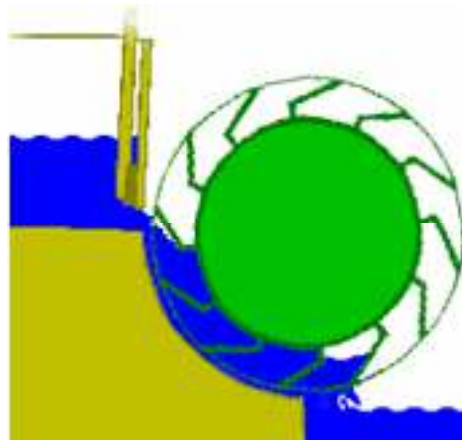
- a. Konstruksi lebih sederhana
- b. Mudah untuk dipindahkan
- c. Lebih ekonomis

Kerugian

- a. Daya yang dihasilkan
- b. relatif kecil
- c. Efisiensi kecil

### 3. Kincir Air Breastshot

Kincir air Breastshot merupakan perpaduan antara tipe overshot dan undershot dilihat dari energi yang diterimanya.



Gambar 2.7. Kincir Air Breastshot

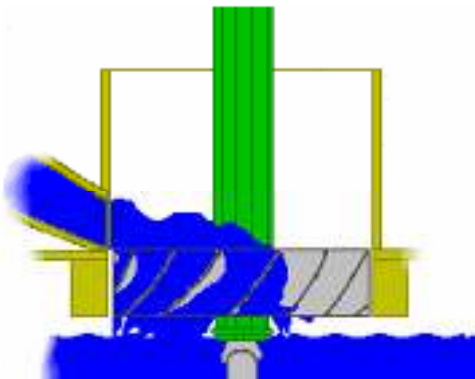
Jarak tinggi jatuhnya tidak melebihi diameter kincir, arah aliran air yang menggerakkan kincir air disekitar sumbu poros dari kincir air. Kincir air jenis ini memperbaiki kinerja dari kincir air tipe under shot.

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

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

#### 4. Kincir Air Tub

Kincir air Tub merupakan kincir air yang kincirnya diletakkan secara horisontal dan sudu-sudunya miring terhadap garis vertikal, dan tipe ini dapat dibuat lebih kecil dari pada tipe overshot maupun tipe undershot.



Gambar 2.8. Kincir Air Tub

Karena arah gaya dari pancuran air menyamping maka, energi yang diterima oleh kincir yaitu energi potensial dan kinetik.

- 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.

## 2.3 Generator DC

Generator DC merupakan sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Generator DC menghasilkan arus DC/ arus searah.

### **2.3.1 Bagian – Bagian Generator DC**

#### **2.3.1.1. Rotor**

Rotor berfungsi untuk membangkitkan medan magnet. Rotor berputar bersama poros, karena gerakannya maka disebut alternator dengan medan magnet berputar. Rotor terdiri dari : inti kutub (pole core), kumparan medan, slip ring, poros dan lain lain. Inti kutub berbentuk seperti cakar dan didalamnya terdapat kumparan medan.



Gambar 2.9. Rotor

#### **2.3.1.2 Stator**

Stator terdiri dari stator core (inti) dan kumparan stator dan diletakkan pada frame depan dan belakang. Stator core dibuat dari beberapa lapis plat besi tipis dan mempunyai alur pada bagian dalamnya untuk menempatkan kumparan stator. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.10.



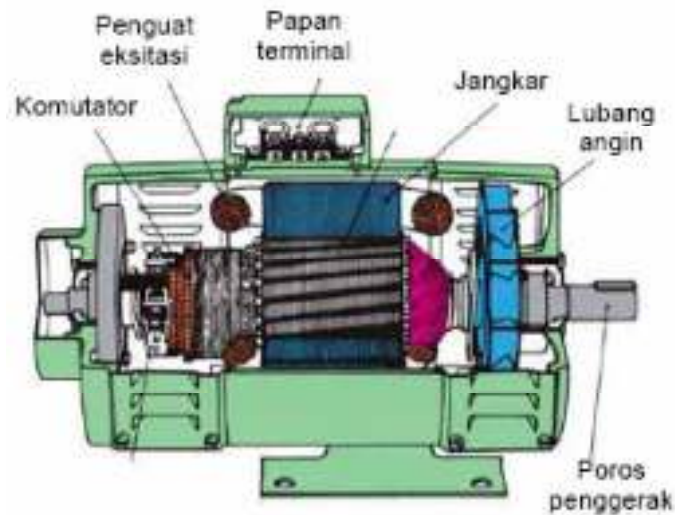


Gambar 2.10. Stator

Generator DC dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan dari rangkaian belitan magnet atau penguat eksitasinya terhadap jangkar (anker), jenis generator DC yaitu:

#### 1. Konstruksi Generator DC

Pada umumnya generator DC dibuat dengan menggunakan magnet permanent dengan 4-kutub rotor, regulator tegangan digital, proteksi terhadap beban lebih, starter eksitasi, penyearah, bearing dan rumah generator atau casis, serta bagian rotor. Gambar 2.7 menunjukkan gambar potongan melintang konstruksi generator DC.



Gambar 2.11 Konstruksi Generator DC

Generator DC terdiri dua bagian, yaitu stator, yaitu bagian mesin DC yang diam, dan bagian rotor, yaitu bagian mesin DC yang berputar. Bagian stator terdiri dari: rangka motor, belitan stator, sikat arang, bearing dan terminal box. Sedangkan bagian rotor terdiri dari: komutator, belitan rotor, kipas rotor dan poros rotor.

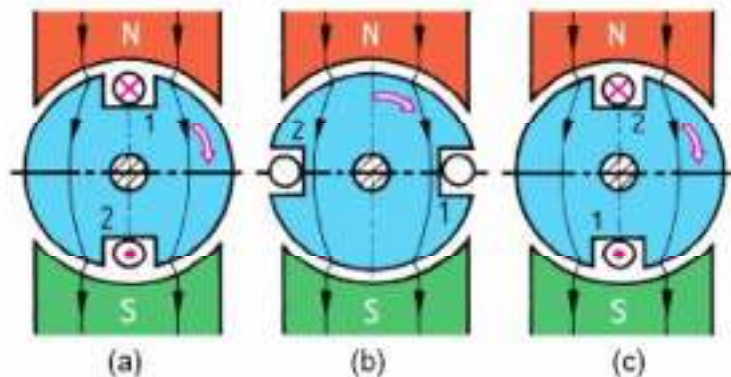
Bagian yang harus menjadi perhatian untuk perawatan secara rutin adalah sikat arang yang akan memendek dan harus diganti secara periodic / berkala. Komutator harus dibersihkan dari kotoran sisa sikat arang yang menempel dan serbuk arang yang mengisi celah-celah komutator, gunakan amplas halus untuk membersihkan noda bekas sikat arang.

## 2. Prinsip Kerja Generator DC

Pembangkitan tegangan induksi oleh sebuah generator diperoleh melalui dua cara:

- a. Dengan menggunakan cincin-seret, menghasilkan tegangan induksi bolak-balik.
- b. Dengan menggunakan komutator, menghasilkan tegangan DC.

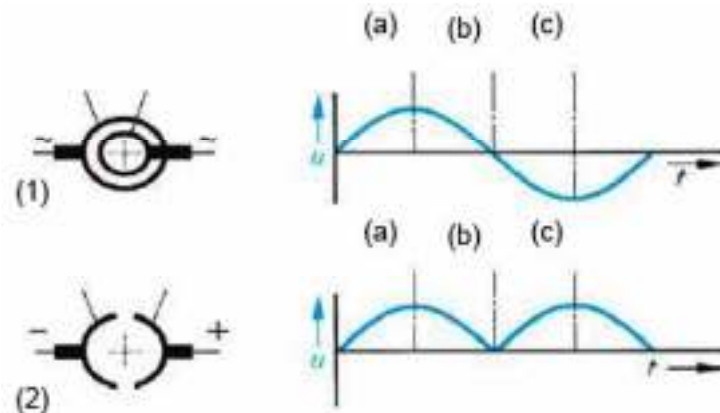
Proses pembangkitan tegangan tegangan induksi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Pembangkitan Tegangan Induksi.

Jika rotor diputar dalam pengaruh medan magnet, maka akan terjadi perpotongan medan magnet oleh lilitan kawat pada rotor. Hal ini akan menimbulkan tegangan induksi. Tegangan induksi terbesar terjadi saat rotor menempati posisi seperti Gambar 2.12 (a) dan (c). Pada posisi ini terjadi perpotongan medan magnet secara maksimum oleh penghantar. Sedangkan posisi jangkar pada Gambar 2.12 (b), akan menghasilkan tegangan induksi nol. Hal ini karena tidak

adanya perpotongan medan magnet dengan penghantar pada jangkar atau rotor. Daerah medan ini disebut daerah netral.



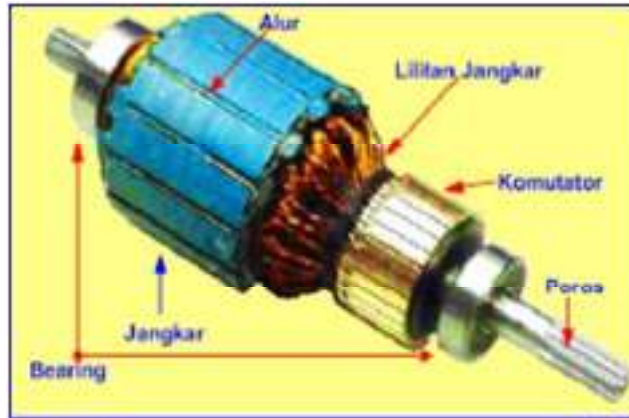
Gambar 2.13. Tegangan Rotor yang Dihasilkan Melalui Cincin-Seret dan Komutator.

jika ujung belitan rotor dihubungkan dengan slip-ring berupa dua cincin (disebut juga dengan cincin seret), seperti ditunjukkan Gambar 2.13 (1), maka dihasilkan listrik AC (arus bolak-balik) berbentuk sinusoidal. Bila ujung belitan rotor dihubungkan dengan komutator satu cincin Gambar 2.13 (2) dengan dua belahan, maka dihasilkan listrik DC dengan dua gelombang positif.

- a. Rotor dari generator DC akan menghasilkan tegangan induksi bolak-balik. Sebuah komutator berfungsi sebagai penyearah tegangan AC.
- b. Besarnya tegangan yang dihasilkan oleh sebuah generator DC, sebanding dengan banyaknya putaran dan besarnya arus eksitasi (arus penguat medan).

### 3. Jangkar Generator DC

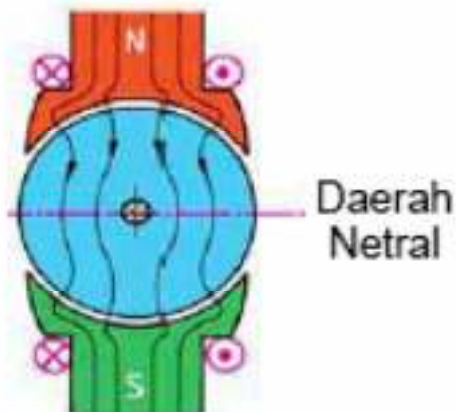
Jangkar adalah tempat lilitan pada rotor yang berbentuk silinder beralur. Belitan tersebut merupakan tempat terbentuknya tegangan induksi. Pada umumnya jangkar terbuat dari bahan yang kuat mempunyai sifat feromagnetik dengan permeabilitas yang cukup besar. Permeabilitas yang besar diperlukan agar lilitan jangkar terletak pada daerah yang induksi magnetnya besar, sehingga tegangan induksi yang ditimbulkan juga besar. Belitan jangkar terdiri dari beberapa kumparan yang dipasang di dalam alur jangkar. Tiap-tiap kumparan terdiri dari lilitan kawat atau lilitan batang.



Gambar 2.14. Jangkar Generator DC

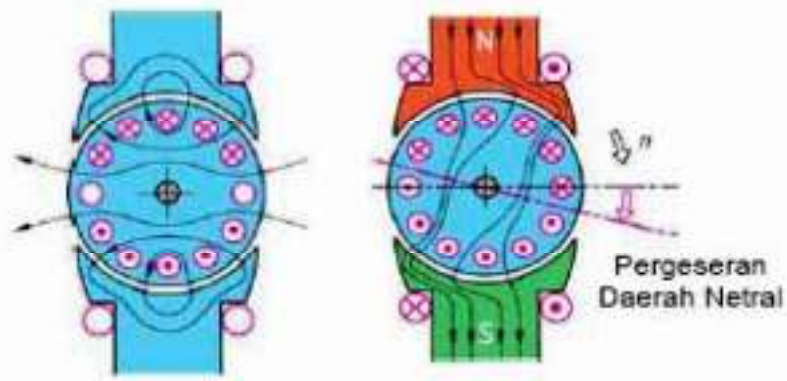
#### 4. Reaksi Jangkar

Fluks magnet yang ditimbulkan oleh kutub-kutub utama dari sebuah generator saat tanpa beban disebut Fluks Medan Utama (Gambar 2.14). Fluks ini memotong lilitan jangkar sehingga timbul tegangan induksi.



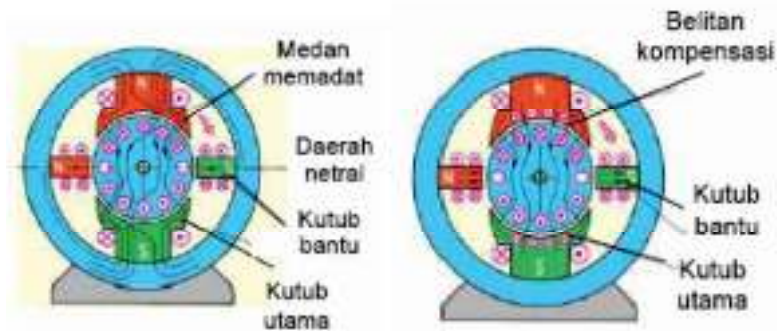
Gambar 2.15. Medan Eksitasi Generator DC

Bila generator dibebani maka pada penghantar jangkar timbul arus jangkar. Arus jangkar ini menyebabkan timbulnya fluks pada penghantar jangkar tersebut dan biasa disebut [Fluks Medan Jangkar](#) (Gambar 2.16).



Gambar 2.16. Medan Jangkar dari Generator DC (a) dan Reaksi Jangkar (b)

Munculnya medan jangkar akan memperlemah medan utama yang terletak disebelah kiri kutub utara, dan akan memperkuat medan utama yang terletak di sebelah kanan kutub utara. Pengaruh adanya interaksi antara medan utama dan medan jangkar ini disebut reaksi jangkar. Reaksi jangkar ini mengakibatkan medan utama tidak tegak lurus pada garis netral  $n$ , tetapi bergeser sebesar sudut  $\alpha$ . Dengan kata lain, garis netral akan bergeser. Pergeseran garis netral akan melemahkan tegangan nominal generator. Untuk mengembalikan garis netral ke posisi awal, dipasangkan medan magnet bantu (interpole atau kutub bantu), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.17(a).



.Gambar 2.17. Generator dengan Kutub Bantu (a) dan Generator Kutub Utama, Kutub Bantu, Belitan Kompensasi (b).

Lilitan magnet bantu berupa kutub magnet yang ukuran fisiknya lebih kecil dari kutub utama. Dengan bergesernya garis netral, maka sikat yang diletakkan pada permukaan komutator dan tepat terletak pada garis netral  $n$  juga akan bergeser. Jika sikat dipertahankan pada posisi semula (garis netral), maka akan timbul percikan bunga api, dan ini sangat berpotensi

menimbulkan kebakaran atau bahaya lainnya. Oleh karena itu, sikat juga harus digeser sesuai dengan pergeseran garis netral. Bila sikat tidak digeser maka komutasi akan jelek, sebab sikat terhubung dengan penghantar yang mengandung tegangan. Reaksi jangkar ini dapat juga diatasi dengan kompensasi yang dipasangkan pada kaki kutub utama baik pada lilitan kutub utara maupun kutub selatan, seperti ditunjukkan pada gambar 2.17 (a) dan (b), generator dengan komutator dan lilitan kompensasinya.

Dalam rangkaian generator DC memiliki tiga lilitan magnet, yaitu:

- a. lilitan magnet utama
- b. lilitan magnet bantu (interpole)
- c. lilitan magnet kompensasi

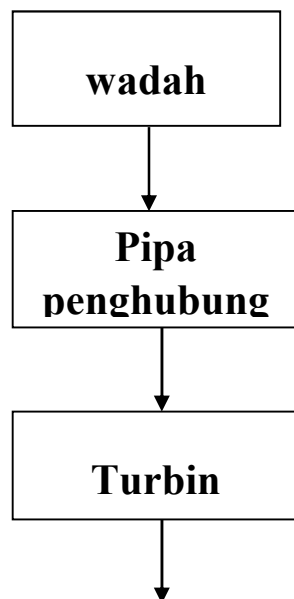
## **BAB III**

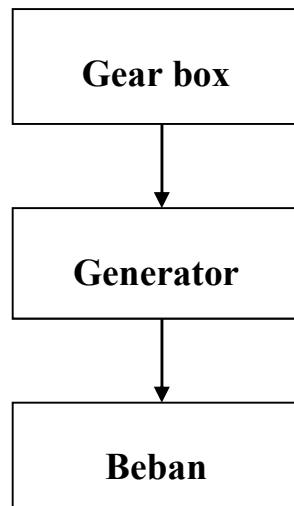
### **METODE PERANCANGAN**

#### **3.1 Perancangan Alat**

##### **3.1.1 Langkah – Langkah Perancangan Sistem Pembangkit**

Berikut adalah langkah – langkah perancangan system pembangkit listrik tenaga pasang surut air laut, yang dapat dilihat pada gambar 3.1:





Gambar 3.1. langkah – langkah perancangan system pembangkit

### 3.1.2 Prinsip kerja komponen

Rancangan menggunakan beberapa komponen yang diintegrasikan menjadi 1 sistem. Ada pun fungsi dan cara kerja komponen dalam sistem adalah sebagai berikut:

1. Bak air

Bak air digunakan sebagai wadah penampungan air ketika air dalam keadaan surut saja. Dengan ukuran 90 cm x 55 cm x 65 cm.



Gambar 3.2. Bak Air

## 2. Aquarium

Aquarium dipakai sebagai wadah dari Pembangkit listrik tenaga pasang surut. Dengan ukuran



Gambar 3.3. Aquarium

## 3. Acrylic



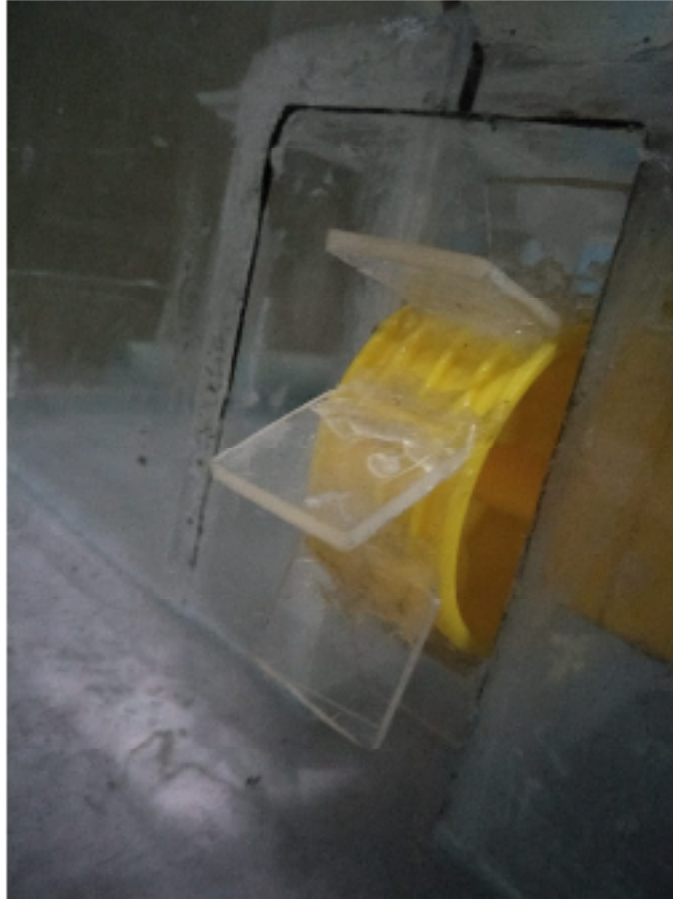
Pada perancangan ini acrylic digunakan sebagai pembatas air saat pasang maupun saat surut, dengan ketebalan 2 mm.



Gambar 3.4. Acrylic

#### 4. Kincir Air Breastshot

Kincir Air Breastshot digunakan untuk memutar air saat pasang maupun saat surut.



Gambar 3.5. Kincir Air Breastshot

#### 5. Gearbox

Gearbox adalah komponen yang berfungsi mengubah putaran atau rpm untuk mempercepat putaran pada generator. Gearbox yang dipakai pada rancangan ini memiliki perbandingan 1:48. Yang artinya 1 putaran pada turbin akan menghasilkan 48 putaran pada generator



Gambar 3.6. Gearbox

#### 6. Generator DC 3 Volt.

Generator DC adalah komponen yang berfungsi mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Rancangan ini menggunakan Generator DC 3 Volt, dengan cara Generator DC dipasang dan dikopel dengan poros kincir air sehingga poros Generator DC akan ikut berputar saat kincir berputar. Putaran tersebut membuat kumparan dalam generator berinteraksi dengan magnet permanen sehingga menghasilkan listrik pada kedua terminal. Listrik tersebut adalah output Generator DC untuk menghidupkan beban listrik.



Gambar 3.7. Generator DC 3 volt

#### 7. Multitester

Sebagai alat ukur untuk mengukur tegangan dan arus pada sistem ini,



Gambar 3.8. Multimeter

#### 8. Tachometer

Digunakan sebagai alat ukur putaran generator maupun turbin



Gambar 3.9. Tachometer

### 3.2 Langkah Kerja Sistem Secara Keseluruhan

1. Pemasangan seluruh komponen pada rangka.
2. Pengukuran tegangan pada Generator.

Pembangkitan ini terdiri dari tiga bagian utama, pertama adalah bendungannya (barrage) yang berfungsi menahan air atau menjebak air. Bagian kedua adalah pintu air yang berfungsi untuk membiarkan air masuk dan menuju ke bagian ketiga, yakni turbin dan generator. Pintu air dibiarkan tertutup selama air laut pasang dan terbuka ketika air laut surut. Ini membuat perbedaan energi potensi yang menghasilkan daya keturbin ketika air dilepaskan. Kemudian, aliran pasang surut Generator prinsipnya mirip seperti turbin angin atau pembangkit listrik tenaga angin, namun berada dibawah permukaan air. Pembangkit tenaga angin hanya dapat menghasilkan energy ketika angin datang sedangkan energy pasang surut menghasilkan listrik ketika arus masuk atau keluar (12 jam sehari) atau setiap harinya.