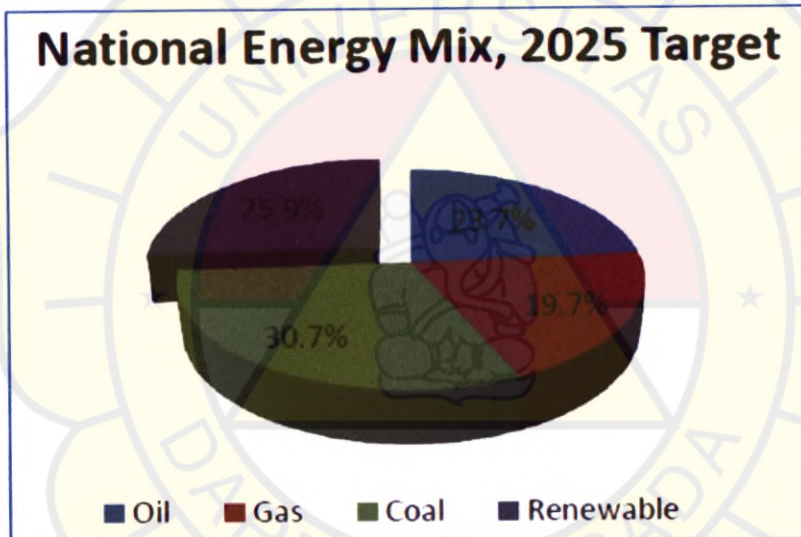


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pemanfaatan Energi Terbarukan Saat Ini

Dalam kebijakan Energi Nasional, salah satu kebijakan utama pengembangan energi nasional adalah meningkatkan diversifikasi energi melalui upaya pemanfaatan energi terbarukan. Saat ini untuk pengembangan dan pengaplikasian energi baru dan terbarukan yang ramah lingkungan sedang digalakan, melalui pemanfaatan energi panas bumi, matahari, angin, bio massa dan lain-lain, dimana target dari energi mix pada tahun 2025 adalah terjadi penyerapan penggunaan energi baru dan terbarukan hingga 26 %.



(Sumber: Kementrian ESDM)

**Gambar 2.1. Target Energy Mix KEN**

Untuk tahap awal pemerintah sudah mulai mencoba memberikan regulasi penggunaan bio fuel dengan kadar campuran hingga 10%, dimana nantinya kedepan masih akan terus dilakukan peningkatan kadar campurannya. Hal ini tentunya penting dilakukan selain untuk menekan tingkat pemakaian bahan bakar fosil juga untuk memberikan kesempatan dan kemungkinan pengembangan energi baru dan terbarukan, hal ini terjadi karena sampai saat ini harga energi fosil masih diberikan subsidi sehingga harganya lebih murah dari energi terbarukan sehingga banyak pihak yang ragu untuk melakukan pengembangan energi terbarukan.

## 2.2 Energi Angin

Angin adalah gerakan udara yang disebabkan oleh gaya - gaya akibat perputaran bumi, gaya - gaya akibat gravitasi dan pemanasan matahari pada permukaan bumi dan tahanan pada angin yang ditimbulkan oleh permukaan bumi. Sumber dari angin adalah perbedaan temperatur udara panas dengan dingin, di daerah khatulistiwa yang panas, udaranya menjadi panas, mengembang dan menjadi ringan, naik keatas dan bergerak kedaerah yang lebih dingin misalnya kutub. Sebaliknya didaerah kutub yang dingin, udara menjadi dingin dan turun kebawah. Dengan demikian terjadi suatu perputaran udara berupa perpindahan udara dari kutub utara ke garis khatulistiwa menyusuri permukaan bumi, dan sebaliknya suatu perpindahan udara melewati lapisan udara yang lebih tinggi, perpindahan seperti ini dikenal sebagai Angin Pasat.

Energi angin telah digunakan secara tradisional sejak beberapa ribu tahun yang lalu untuk menggerakkan perahu layar dan menggerakkan kincir angin untuk menggantikan tenaga manusia, akan tetapi karena efektifitasnya yang rendah dan sifat angin yang tidak teratur teknologi angin telah terdesak oleh teknologi konversi energi dengan bahan bakar minyak dan batu bara, namun pada saat itu secara tradisional kincir angin digunakan untuk beberapa keperluan antara lain :

- Pemompaan air untuk keperluan rumah tangga, peternakan dan energi.
- Melaksanakan kegiatan pertanian seperti penggilingan jagung, penggilingan tebu, pemotongan kayu.
- Mengalirkan air laut untuk pembuatan garam.
- Berlayar bagi nelayan tradisional.
- Pembangkit energi listrik (akhir - akhir ini).

Akhir - akhir ini terdorong oleh faktor keterbatasan bahan bakar minyak dan kesadaran untuk memelihara kelestarian lingkungan, disamping factor - faktor lain, timbul kecenderungan untuk menata kembali pola konsumsi energi dan pemakaian berbagai sumber daya energi terbarukan. Penggunaan energi terbarukan merupakan suatu energi alternatif yang menarik dan akhir-akhir ini memperoleh perhatian kembali. Pada penggunaannya untuk energi angin dengan menggunakan berbagai jenis turbin yakni turbin sumbu horizontal dan turbin sumbu vertikal.

### 2.2.1 Turbin Angin Sumbu Horizontal

Turbin ini memiliki poros rotor utama dan generator di puncak menara. Turbin yang berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling cuaca yang sederhana, sedangkan turbin yang berukuran besar memiliki sensor angin yang akan menggerakkan servo motor, untuk menggerakkan turbin ke arah angin. Karena sebuah menara menghasilkan turbulensi dibelakangnya, maka turbin biasanya diarahkan melawan arah angin. Bilah - bilah turbin dibuat kaku agar tidak terdorong menuju ke arah menara oleh angin berkecepatan tinggi.

#### A. Kelebihan

1. Dasar menara yang tinggi mempermudah akses ke angin yang lebih kuat di tempat - tempat yang memiliki geseran angin
2. Efisiensinya lebih baik.

#### B. Kekurangan

1. Menara yang tinggi serta bilah yang panjang menyulitkan dalam pengangkutan dan pemasangan.
2. Konstruksi menara yang besar dibutuhkan untuk menyangga bilah-bilah yang berat, gearbox dan generator.
3. Turbin horizontal membutuhkan mekanisme kontrol yaw (untuk mengarahkan ke arah angin) untuk membelokkan kincir.

### 2.2.2 Turbin Angin Sumbu Vertikal

Turbin angin sumbu vertikal / tegak memiliki poros rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah tidak harus diarahkan ke arah angin agar menjadi efektif, kelebihan ini sangat berguna di tempat-tempat yang arah anginnya sangat bervariasi karena dapat memanfaatkan angin dari berbagai arah. Dari desain turbin sumbu vertikal terdapat kelebihan dan kekurangan antara lain :

#### A. Kelebihan

1. Tidak membutuhkan struktur menara yang besar.
2. Karena bilah - bilah rotornya vertikal, tidak membutuhkan Yaw (untuk mengarahkan bilah ke arah angin)

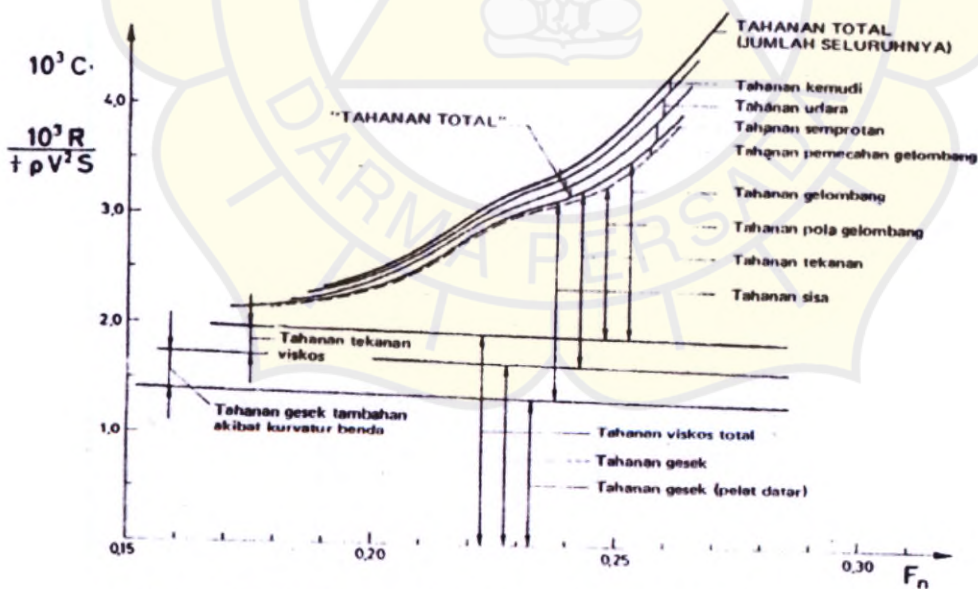
3. Memiliki wilayah tiupan yang lebih besar untuk diameter tertentu dari pada wilayah tiupan sumbu horizontal.
4. Memiliki tip speed ratio yang lebih rendah sehingga lebih kecil kemungkinan rusak saat angin berhembus sangat kencang.
5. Tidak harus merubah posisi bilah turbin saat arah angin berubah.

#### B. Kekurangan

1. Memiliki efisiensi yang rendah.
2. Mempunyai torsi awal yang rendah.

### 2.3 Tinjauan Pemasangan Turbin Savonius Pada Kapal

Energi terbarukan ada beberapa jenis sumber dayanya, dan yang paling umum digunakan adalah energi surya dan angin. Untuk pemasangan energi terbarukan yang akan diaplikasikan pada kapal kali ini menggunakan energi angin, dikarenakan energi ini tersedia sepanjang hari baik siang maupun malam dan potensinya dilaut amat besar, walaupun memiliki kekurangan dengan sifatnya yang tidak teratur, namun dengan pemilihan lokasi yang tepat dan perancangan sistem yang cermat diharapkan potensi ini dapat dimanfaatkan dengan baik.



(Sumber: Buku Tahanan dan Propulsi Kapal halaman 45. Sv. Aa. Harvald)

**Gambar 2.2** Komponen tahanan spesifik pada kapal

Berdasarkan Gambar 2.2 Komponen tahanan spesifik pada kapal dari total keseluruhan hambatan pada kapal, pengaruh hambatan udara terhadap kapal

relatif kecil dan tidak terlalu signifikan, sehingga nantinya dengan pengaplikasian turbin savonius tidak akan berdampak secara signifikan dalam menambah total hambatan pada kapal, khususnya hambatan udara yang menerpa kapal.

### 2.3.1 Jenis – Jenis Kapal

Kapal terbagi menjadi beberapa jenis, dimana disesuaikan dengan fungsi dan kebutuhannya hal tersebut pula yang membuat bentuk dari kapal berbeda - beda, berikut jenis - jenis dari kapal :

- Kapal Cepat : Catamaran, Hydrofoil, Speed Boat, Kapal Patroli.
- Kapal Kecepatan Rendah : Kapal Ikan, Kapal Kargo, Kapal Ferry, Kapal Kontainer dan lain - lain.

Yang menjadi pembeda adalah pada kecepatannya, karena semakin cepat kapal akan berpengaruh pada desain dari bentuk kapal yang condong semakin *streamline* dan tertutup hal ini untuk mengurangi tahanan udara, sedangkan kapal dengan kecepatan rendah bentuknya sedikit lebih kotak, ini mengingat fungsi dari kapal tersebut yang berfokus pada daya muat yang lebih besar, karena berorientasi pada keuntungan. Oleh sebab itu turbin savonius ini difokuskan untuk diaplikasikan pada kapal dengan kecepatan rendah selain sangat cocok dari segi konstruksi kapal juga pengaplikasian energi terbarukan sebagai energi tambahan dapat membantu mengurangi penggunaan generator yang akan berdampak pada pemakaian bahan bakar.

### 2.3.2 Tinjauan pemasangan Pada Kapal

Sebelum dilakukan pemasangan energi terbarukan pada kapal ada hal - hal yang sebaiknya dilakukan peninjauan terlebih dahulu karena ada perbedaan antara pengaplikasian di darat dan dikapal antara lain :

#### A. Desain Kapal

Pada saat pendesainan kapal, desain ruangan diperhitungkan dengan sangat jeli, karena ini menyangkut dengan biaya pembuatan dan muatan dari kapal oleh karena itu desain dari ruangan kapal dibuat seefektif mungkin. Sehingga alat energi terbarukan yang akan dipergunakan sebisa mungkin tidak menyita banyak tempat.

## **B. Ruang Lingkup Pemakaian**

Karena kapal berlayar di laut maka desain alat energi terbarukan harus tahan dengan air laut (*Marine use*) karena sangat rentan terhadap korosi dan juga konstruksinya harus kuat terhadap pengoperasionalan pada kapal yakni terhadap cuaca buruk dan guncangan pada kapal.

## **C. Hambatan Udara**

Dalam ilmu perkapalan dikenal dengan hambatan kapal, terutama hambatan udara (*Air Resistance*)  $R_A$  karena pengaplikasian akan dipasang pada areal *top deck* dari kapal, sehingga alat energi terbarukan yang akan diaplikasikan pada kapal harus dicari yang memiliki hambatan terkecil.

## **D. Stabilitas**

Salah satu faktor penting dari kapal yakni stabilitasnya karena tidak mungkin mengaplikasikan energi terbarukan tapi mengurangi stabilitasnya. Karena faktor penting pada kapal adalah stabilitas, karena ini menyangkut kenyamanan dan keamanan kapal.

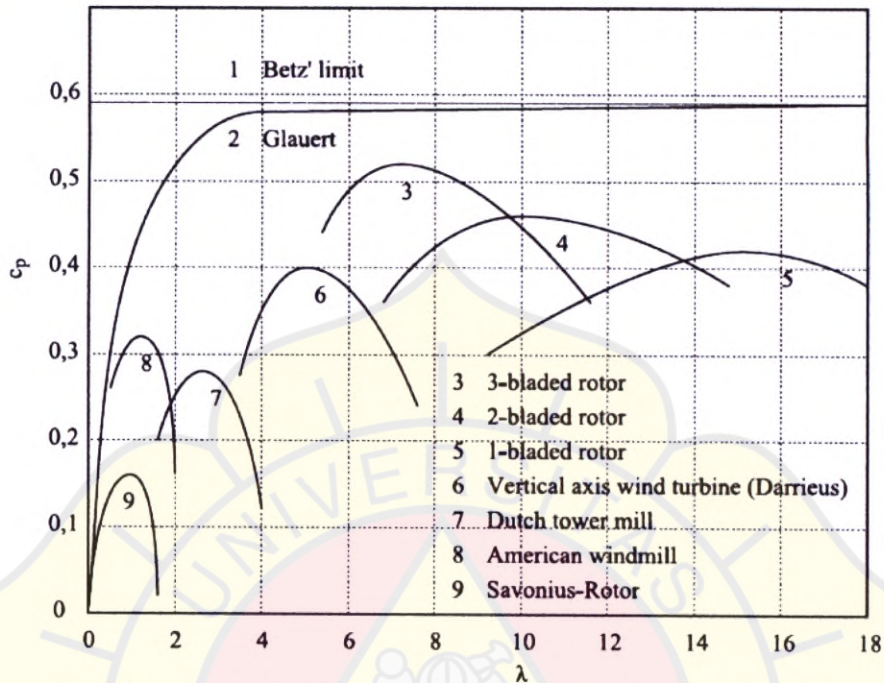
## **E. Keselamatan**

Alat yang nantinya akan dipasang jangan sampai mengurangi faktor keamanan dan keselamatan kru kapal yang mengoperasikan kapal. Dengan dilakukannya pemasangan pada area *top deck* dari kapal tentunya hal ini juga perlu dilakukan penyesuaian pada ukuran dari turbin, hal ini karena terdapat antena dari radar dan peralatan komunikasi lainnya yang tidak boleh terganggu atau terhalang oleh benda pada jarak tertentu.

## **2.4 Pemilihan Turbin**

Dari uraian - uraian diatas dapat disimpulkan untuk mencari energi terbarukan yang dapat bekerja terus menerus dengan memanfaatkan energi dari alam yang ada baik siang maupun malam, hal ini didasari karena biaya investasi untuk pemasangan energi terbarukan yang besar dan juga desain kapal yang nantinya akan sedikit berubah, sehingga alat tersebut harus dapat bekerja secara maksimal, sehingga dapat dirasakan manfaatnya dengan maksimal. Karena itu

dipilihlah menggunakan tenaga angin karena angin dilaut selalu ada sepanjang hari, tetapi dengan jenis apakah yang paling cocok untuk diaplikasikan pada kapal berikut uraian pemilihan jenis turbin yang cocok untuk diaplikasikan pada kapal.



(Sumber : Buku *Wind Power Generation and Wind Turbine Design*)

**Gambar 2.3 Koefisien turbin angin dari berbagai desain**

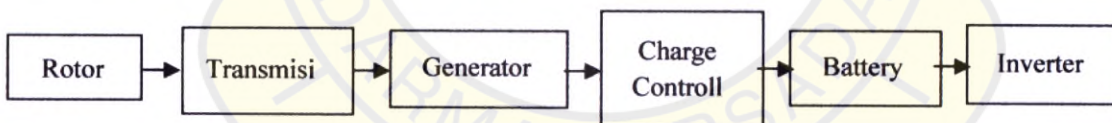
Pada gambar 2.3 adalah macam-macam jenis turbin dan efisiensinya pada pengaplikasian di darat, dari berbagai jenis turbin tersebut dipilihlah turbin savonius dikarenakan alasan-alasan berikut :

1. Desainnya sederhana.
2. Mudah dalam pengaplikasian dan perawatan, walaupun sama dengan savonius dan memiliki efisiensi yang lebih baik tidak dipilihnya turbin darius dikarenakan bentuk sudu dari darius yang khusus (*Aerofoil*) dikawatirkan jika dipakai dalam jangka waktu yang lama dan terus menerus dengan pengaplikasin di laut dengan cuaca yang berubah - ubah akan terjadi deformasi bentuk dari sudu darius dimana akan mengurangi efisiensi dari kinerja rotor tersebut.
3. Pada turbin savonius tidak memiliki radius putar seperti turbin turbin 3 blade dan 2 blade, dimana ia mempunyai radius putar untuk mengarahkan turbin kearah angin, selain menyita tempat juga kurang aman untuk diaplikasikan pada kapal.

4. Dengan desain savonius yang seperti itu lebih ringkas dan memungkinkan untuk pemasangan dengan jumlah turbin lebih banyak.
5. Pada aplikasi didarat turbin ini kurang begitu diminati untuk dilakukan pengembangan karena memiliki efisiensi yang sangat rendah dari semua jenis turbin, namun dengan aplikasi pada kapal dengan mendapat daya tambahan selain kecepatan angin yakni saat kapal sedang berjalan tentunya angin yang menerpa turbin akan menjadi sangat besar, dengan demikian akan menjadikan turbin savonius layak untuk digunakan pada kapal.

## 2.5 Turbin Savonius

Turbin ini pertama kali di perkenalkan oleh insinyur Finlandia yang bernama Savonius pada tahun 1992. Turbin angin bersumbu vertikal yang berbentuk setengah silinder yang dirangkai sehingga membentuk satu sisi setengah silinder dan berbentuk S apabila dilihat dari atas. Turbin jenis ini secara umum bergerak lebih perlahan dibandingkan jenis turbin sumbu horizontal. Untuk membangun sebuah sistem turbin savonius yang dapat beroperasi dengan baik sehingga nantinya daya yang dihasilkan oleh rotor dapat digunakan untuk memutar generator sampai listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan dengan baik maka diperlukan beberapa komponen penyusun sebagai berikut.

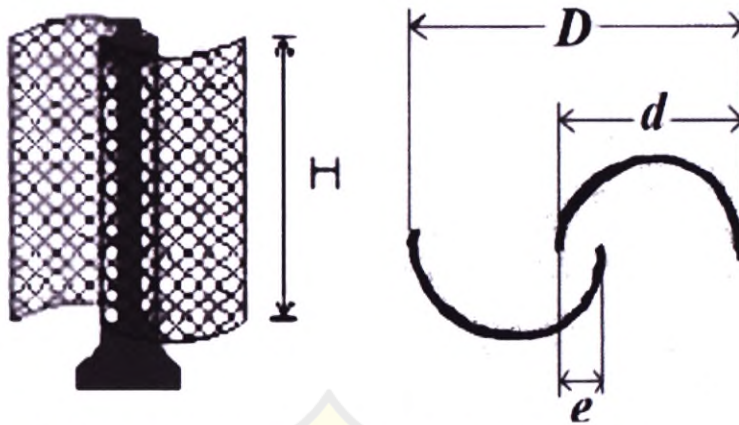


Gambar 2.4 Skema kerja dari turbin savonius

### 2.5.1 Rotor

Rotor berperan mengubah energi angin menjadi energi kinetik yang menyebabkan berputarnya poros rotor sehingga dari perputaran tersebut disalurkan oleh transmisi untuk menggerakkan generator. Dalam pendesainan rotor dibuat dengan performa terbaik dimana pada saat kecepatan angin rendah diharapkan rotor masih dapat berputar dan memiliki efisiensi yang baik sehingga dapat memanfaatkan keseluruhan angin yang mengenai rotor. Unjuk kerja rotor ditunjukkan oleh kecepatan putar rotor dan torsi yang dihasilkan untuk setiap kecepatan angin.





(Sumber: *International Journal of Energy* Vol. 1, 2007)

**Gambar 2.5 Dimensi blade turbin**

H = Tinggi rotor

e = Jarak antara blade ( $e = d/6$ )

D = Diameter Rotor

d = Diameter blade

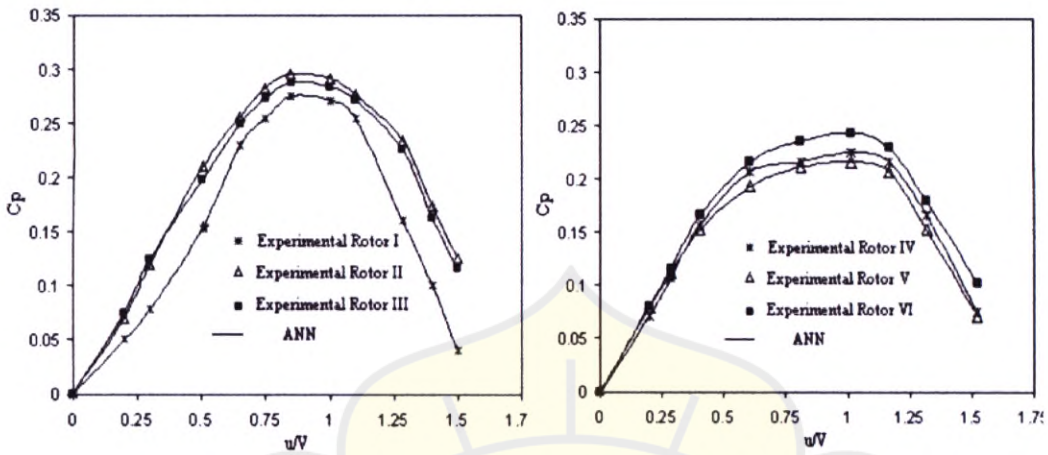
Bentukan rotor savonius bermacam-macam dan dari eksperimen yang dilakukan diantaranya terdapat beberapa modifikasi bentuk dari rotor khususnya pada jarak antar blade yang mana dari keseluruhan percobaan tersebut dimaksudkan untuk mendapatkan efisiensi terbaik.



(Sumber: *International Journal of Energy* Vol. 1, 2007)

**Gambar 2.6 Berbagai macam bentuk rotor savonius**

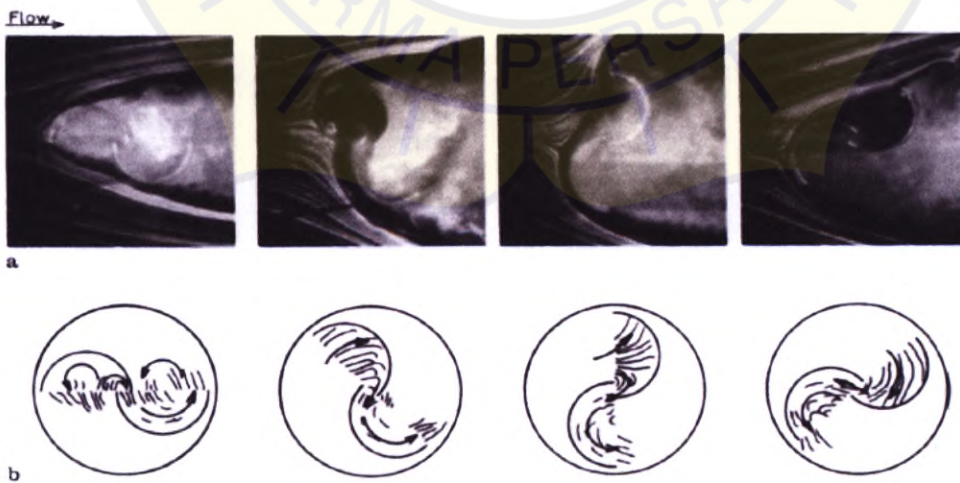
Dari hasil percobaan dengan berbagai macam bentuk modifikasi rotor savonius pada gambar 2.6 didapatkan hasil seperti pada gambar 2.7 dimana modifikasi dari berbagai macam bentuk rotor.



(Sumber: *International Journal of Energy* Vol. 1, 2007)

**Gambar 2.7 Hasil efisiensi percobaan bentukan rotor**

Dari hasil percobaan dapat dilihat efisiensi tertinggi masih didapatkan dari bentukan rotor pada percobaan satu sampai tiga, sehingga untuk desain nantinya digunakan referensi dari percobaan tersebut. Hal ini dapat disimpulkan bahwa tidak terdapatnya jarak antar blade menyebabkan tidak adanya daya dorong dari blade yang terkena angin, sedangkan jika jarak antara blade terlalu besar mengurangi paparan angin yang mengenai blade. Sehingga jarak antara blade dicari yang tepat tidak terlalu jauh atau terlalu dekat.



(Sumber: *International Journal of Energy* Vol. 1, 2007)

**Gambar 2.8 a. Aliran udara disekitar rotor ; b. Aliran udara didalam rotor**

### **2.5.2 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 rotor ke generator, hal ini dilakukan untuk pemenuhan kebutuhan putaran minimum untuk memutar generator agar pada saat angin bertiup rendah sekalipun generator masih dapat menghasilkan listrik. Transmisi yang digunakan untuk menggerakkan generator menggunakan pulley dikarenakan desainnya yang sederhana, mudah dalam instalasi, mudah dalam mencari ratio perbandingan ukuran dan dengan pertimbangan bahan dari pulley yang terbuat dari aluminium yang tahan terhadap karat dan dengan penggunaan karet sebagai penyambung transmisi selain memudahkan dalam perawatan dan juga flexible sehingga tahan terhadap guncangan dari kapal.

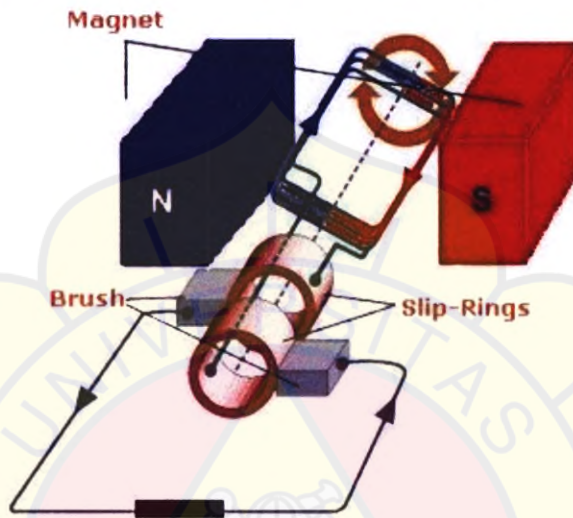
### **2.5.3 Generator**

Generator berfungsi untuk merubah energi kinetik gerak menjadi listrik dan mampu beroperasi pada kecepatan putar yang rendah, dengan begitu generator masih mampu menghasilkan listrik walaupun pada putaran poros yang rendah. Cara kerja generator listrik adalah menggunakan induksi elektromagnet, yaitu dengan memutar suatu kumparan dalam medan magnet sehingga timbul energi induksi. Terdapat 2 komponen utama pada generator listrik, yaitu : Stator (bagian yang diam) dan Rotor (bagian yang bergerak). Rotor akan berhubungan dengan poros generator listrik yang berputar pada pusat stator, berdasarkan jenis arus listrik yang dihasilkan, generator listrik dibedakan menjadi 2 macam, yaitu generator listrik Alternator (AC) dan generator listrik Dinamo (DC). Berikut ini adalah penjelasan cara kerja generator listrik tersebut :

#### **A. Generator Listrik AC**

Pada generator listrik AC terdapat 2 buah stator. kutub - kutub magnet yang berlawanan saling dihadapkan sehingga diantara kedua kutub magnet tersebut dihasilkan medan magnet, di dalam medan magnet tersebut terdapat kumpran yang berputar pada porosnya, Karena

kumparan selalu berputar maka jumlah gaya magnet yang masuk ke dalam kumparan juga selalu berubah - ubah sifat dari arus listrik yang dihasilkan oleh generator listrik AC ini berjenis bolak - balik dengan bentuk seperti gelombang, amplitudonya bergantung pada kuat medan magnet, jumlah lilitan kawat dan luas penampang kumparan serta frekuensi gelombangnya sama dengan frekuensi putaran kumparan.



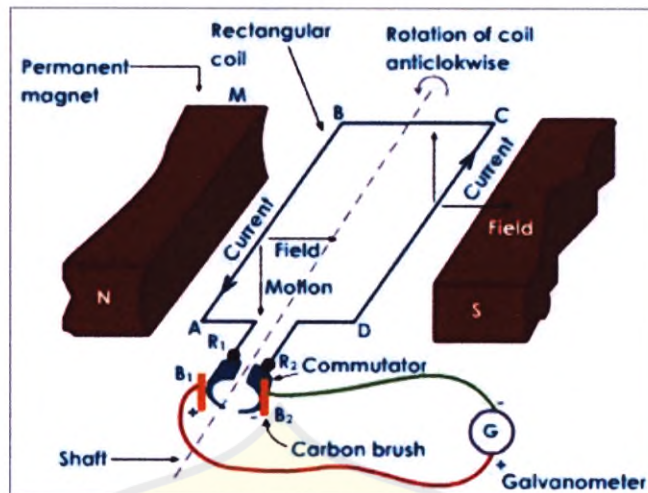
(Sumber : Website [www.ncert.nic.in](http://www.ncert.nic.in))

**Gambar 2.9 Prinsip kerja generator AC**

Prinsip generator ini secara sederhana dapat dijelaskan bahwa tegangan akan diinduksikan pada konduktor apabila konduktor tersebut bergerak pada medan magnet sehingga memotong garis - garis gaya.

#### **B. Generator Listrik DC**

Cara kerja generator listrik DC mirip dengan cara kerja generator listrik AC, yang membedakan hanya pada generator listrik DC ini menggunakan sebuah cincin belah atau yang biasa disebut dengan komutator pada bagian outputnya. Komutator ini memungkinkan arus listrik induksi yang dialirkan ke rangkaian listrik berupa arus listrik DC meskipun kumparan yang berada di dalamnya menghasilkan arus listrik AC.



(Sumber : Website <http://www.tutorvista.com>)

**Gambar 2.10 Prinsip kerja Generator DC**

#### 2.5.4 Charger Controller

*Charger Controller* berfungsi untuk merubah arus apabila arus dari generator AC menjadi DC kemudian mengatur arus yang keluar untuk mengisi baterai, hal ini berfungsi untuk menghindari *over charging*, *over voltage* dan *over current* yang dapat mengakibatkan kerusakan pada baterai dan mengatur waktu pengisian daya pada baterai.

#### 2.5.5 Baterai

Baterai biasa digunakan untuk menyimpan energi listrik, meskipun pada kenyataannya energi disimpan dalam bentuk energi kimia, baterai terbagi atas dua kategori yakni baterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer tidak dapat diisi ulang sedangkan baterai sekunder dapat digunakan untuk menyimpan energi listrik secara berulang. Baterai biasanya terdiri dari dua elektroda yang dipisahkan oleh larutan elektrolit, selama proses pengisian suatu reaksi kimia endotermis mengubah energi listrik menjadi energi kimia, selama proses pengeluaran kembali suatu reaksi kimia eksotermis mengubah energi kimia menjadi energi listrik, dan terdapat jenis-jenis baterai berdasarkan elektrodanya antara lain :

##### A. Baterai Asam - Timah

Biasa digunakan pada mobil, baterai ini tahan terhadap siklus pengisian dan pengeluaran dangkal dan tidak bisa digunakan untuk pengisian dan pengeluaran yang dalam.

## B. Baterai Besi - Nikel

Dapat menahan pengisian dan pembuangan yang dalam dan biasa digunakan untuk kendaraan Forklift yang menggunakan tenaga baterai dan kendaraan lainnya yang berdaya rendah.

## C. Baterai Elektrolit - Organic

Baterai jenis sodium - bromina dan lithium - sulfur dioksida dan baterai lithium - bromina memiliki sistem dengan biaya yang rendah dan memiliki energi spesifik yang tinggi dalam kilojoule/kilogram, tetapi memiliki daya spesifik yang rendah karena elektrolit organik memiliki konduktivitas yang rendah. Konduktivitas elektrolit yang rendah dan kerugian oleh pemanasan joule yang menyertainya menyebabkan sistem ini mempunyai efisiensi pengisian dan pengeluaran yang rendah.

## D. Baterai Logam - Udara

Terdiri dari seng - udara, aluminium - udara, dan besi-udara meskipun sebenarnya hampir sama semua logam bisa dipakai dalam sistem ini logam digunakan sebagai elektroda negatif sedangkan elektroda gas yang digunakan menggunakan udara sebagai oksidator membentuk elektroda positif. Sistem ini secara teoritis mempunyai energi spesifik yang sangat tinggi dengan harga dari 64.620 kJ/kg untuk berilium sampai 873 kJ/kg untuk timah kebanyakan penelitian dipusatkan pada baterai seng - timah.

Tabel 2.1 Sifat-sifat baterai sekunder umum

Jenis	Voltase rata - rata	Voltase Sirkuit terbuka	Kerugian pengisian per bulan%	Siklus pengisian - pengambilan	Daya spesifik, W - jam/kg	Kerapatan daya, kW - Jam/m <sup>3</sup>
• Nikel - Besi	1,2	1,34	30	2000	24	54,9
• Timah - asam	2,0	2,14	25	300	33	79,4
• Nikel - kadium	1,2	1,34	2	2000	26	54,9
• Perak oksida - kadium	1,1	1,34	3	2000	53	146,4
• Perak oksida - seng tertutup	1,45	1,86	3	100	44-100	79-189
• Perak oksida - seng primer	1,45	1,86	.....	.....	121	220.0

(Sumber: Buku Prinsip-prinsip konversi energi)

### 2.5.6 Inverter

Inverter berfungsi untuk merubah aliran listrik DC yang tersimpan pada baterai untuk dijadikan arus AC sehingga dapat digunakan untuk keperluan kelistrikan lampu penerangan di dalam kapal. Spesifikasi dari setiap inverter berbeda - beda tergantung dari seberapa besar konsumsi daya peralatan listrik keseluruhan. Semakin besar kebutuhan dayanya maka kapasitas daya inverter juga semakin besar.

