

Gambar 2.3 Sketsa Sederhaana Kincir Angin
(<http://renewableenergyindonesia.wordpress.com/2008/03/05/>)

2.2.4 Jenis Turbin Angin

2.2.4.1 Turbin angin sumbu horizontal (TASH)

Turbin angin sumbu horizontal (TASH) memiliki poros [rotor](#) utama dan [generator listrik](#) di puncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah [baling-baling angin](#) (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digandengkan ke sebuah [servo motor](#). Sebagian besar memiliki sebuah [gearbox](#) yang mengubah perputaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar. Karena sebuah menara menghasilkan [turbulensi](#) di belakangnya, turbin biasanya diarahkan melawan arah anginnya menara. Bilah-bilah turbin dibuat kaku agar mereka tidak terdorong menuju menara oleh angin berkecepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diletakkan di depan menara pada jarak tertentu dan sedikit dimiringkan.

Karena turbulensi menyebabkan kerusakan struktur menara, dan realibilitas begitu penting, sebagian besar TASH merupakan mesin *upwind* (melawan arah angin). Meski memiliki permasalahan turbulensi, mesin *downwind* (menurut jurusan angin) dibuat karena tidak memerlukan mekanisme tambahan agar mereka tetap sejalan dengan angin, dan karena di saat angin berhembus sangat kencang, bilah-bilahnya bisa ditekuk sehingga mengurangi wilayah tiupan mereka dan dengan demikian juga mengurangi resintensi angin dari bilah-bilah itu.



Gambar 2.4 Turbin angin sumbu horizontal

Kelebihan Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH):

1. Dasar menara yang tinggi membolehkan akses ke angin yang lebih kuat di tempat-tempat yang memiliki [geseran angin](#) (perbedaan antara laju dan arah angin) antara dua titik yang jaraknya relatif dekat di dalam atmosfer bumi. Di sejumlah lokasi geseran angin, setiap sepuluh meter ke atas, kecepatan angin meningkat sebesar 20%.

Kelemahan Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH):

1. Menara yang tinggi serta bilah yang panjang sulit diangkut dan juga memerlukan biaya besar untuk pemasangannya, bisa mencapai 20% dari seluruh biaya peralatan turbin angin.
2. TASH yang tinggi sulit dipasang, membutuhkan derek yang sangat tinggi dan mahal serta para operator yangampil.
3. Konstruksi menara yang besar dibutuhkan untuk menyangga bilah-bilah yang berat, *gearbox*, dan generator.
4. TASH yang tinggi bisa memengaruhi [radar](#) airport.
5. Ukurannya yang tinggi merintangai jangkauan pandangan dan mengganggu penampilan *landskape*.
6. Berbagai varian *downwind* menderita kerusakan struktur yang disebabkan oleh turbulensi.

2.2.4.2 [Turbin angin sumbu vertikal](#)

[Turbin angin sumbu vertikal](#)/tegak (atau TASV) memiliki poros/sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. Kelebihan ini sangat berguna di tempat-tempat yang arah anginnya sangat bervariasi. VAWT mampu mendayagunakan angin dari berbagai arah.

Dengan sumbu yang vertikal, generator serta *gearbox* bisa ditempatkan di dekat tanah, jadi menara tidak perlu menyokongnya dan lebih mudah diakses untuk keperluan perawatan. Tapi ini menyebabkan sejumlah desain menghasilkan tenaga putaran yang berdenyut. [Drag](#) (gaya yang menahan pergerakan sebuah benda padat melalui fluida (zat cair atau gas) bisa saja tercipta saat kincir berputar.

Karena sulit dipasang di atas menara, turbin sumbu tegak sering dipasang lebih dekat ke dasar tempat ia diletakkan, seperti tanah atau puncak

atap sebuah bangunan. Kecepatan angin lebih pelan pada ketinggian yang rendah, sehingga yang tersedia adalah energi angin yang sedikit. Aliran udara di dekat tanah dan obyek yang lain mampu menciptakan aliran yang bergolak, yang bisa menyebabkan berbagai permasalahan yang berkaitan dengan getaran, diantaranya kebisingan dan *bearing wear* yang akan meningkatkan biaya pemeliharaan atau mempersingkat umur turbin angin. Jika tinggi puncak atap yang dipasang menara turbin kira-kira 50% dari tinggi bangunan, ini merupakan titik optimal bagi energi angin yang maksimal dan turbulensi angin yang minimal.



Gambar 2.5 Varian turbin angin sumbu vertikal

Kelebihan Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV):

- a. Tidak membutuhkan struktur menara yang besar.
- b. Sebuah TASV bisa diletakkan lebih dekat ke tanah, membuat pemeliharaan bagian-bagiannya yang bergerak jadi lebih mudah.
- c. TASV memiliki sudut *airfoil* (bentuk bilah sebuah baling-baling yang terlihat secara melintang) yang lebih tinggi, memberikan keaerodinamisan yang tinggi sembari mengurangi *drag* pada tekanan yang rendah dan tinggi.
- d. Desain TASV berbilah lurus dengan potongan melintang berbentuk kotak atau empat persegi panjang memiliki wilayah tiupan yang lebih besar untuk diameter tertentu daripada wilayah tiupan berbentuk lingkarannya TASH.
- e. TASV memiliki kecepatan awal angin yang lebih rendah daripada TASH. Biasanya TASV mulai menghasilkan listrik pada 10 km/jam (6 m.p.h.)
- f. TASV biasanya memiliki *tip speed ratio* (perbandingan antara kecepatan putaran dari ujung sebuah bilah dengan laju sebenarnya angin) yang lebih rendah sehingga lebih kecil kemungkinannya rusak di saat angin berhembus sangat kencang.
- g. TASV bisa didirikan pada lokasi-lokasi dimana struktur yang lebih tinggi dilarang dibangun.
- h. TASV yang ditempatkan di dekat tanah bisa mengambil keuntungan dari berbagai lokasi yang menyalurkan angin serta meningkatkan laju angin (seperti gunung atau bukit yang puncaknya datar dan puncak bukit).
- i. TASV tidak harus diubah posisinya jika arah angin berubah.
- j. Kincir pada TASV mudah dilihat dan dihindari burung.

Kekurangan Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV):

- a. Kebanyakan TASV memproduksi energi hanya 50% dari efisiensi TASH karena *drag* tambahan yang dimilikinya saat kincir berputar.
- b. TASV tidak mengambil keuntungan dari angin yang melaju lebih kencang di elevasi yang lebih tinggi.
- c. Kebanyakan TASV mempunyai torsi awal yang rendah, dan membutuhkan energi untuk mulai berputar.
- d. Sebuah TASV yang menggunakan kabel untuk menyanggahnya memberi tekanan pada bantalan dasar karena semua berat rotor dibebankan pada bantalan. Kabel yang dikaitkan ke puncak bantalan meningkatkan daya dorong ke bawah saat angin bertiup.

2.2.5 Sistem Konversi Energi Angin (SKEA)

Sistem konversi energi angin merupakan suatu sistem yang bertujuan untuk mengubah energi potensial angin menjadi energi mekanik poros oleh rotor untuk kemudian diubah lagi oleh alternator menjadi energi listrik. Prinsip utamanya adalah mengubah energi listrik yang dimiliki angin menjadi energi kinetik poros. Besarnya energi yang dapat ditransferkan ke rotor tergantung pada massa jenis udara, luas area dan kecepatan angin. Hal ini selanjutnya akan dibahas melalui persamaan-persamaan.

Energi kinetik untuk suatu massa angin m yang bergerak dengan kecepatan v yang nantinya akan diubah menjadi energi poros dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 (Nm) \quad (2.1)$$

(Eric Hau, Wind Turbines Fundamentals 2005 : 81)

Dimana:

m : massa udara yang bergerak (kg)

v : kecepatan angin (m/s)

Energi kinetik yang terkandung dalam angin inilah yang ditangkap oleh turbin angin untuk memutar rotor.

Dengan menganggap suatu penampang melintang A , dimana udara dengan kecepatan v mengalami pemindahan volume untuk setiap satuan waktu, yang disebut dengan aliran volume V sebagai persamaan:

$$V = vA \quad (2.2)$$

(Eric Hau, Wind Turbines Fundamentals 2005 : 81)

Dimana:

V : laju volume (m^3/s)

v : kecepatan angin (m/s)

A : luas area sapuan rotor (m^2)

Sedangkan aliran massa dengan kecepatan udara p sebagai:

$$m = \rho Av \quad (2.3)$$

(Eric Hau, Wind Turbines Fundamentals 2005 : 82)

Persamaan-persamaan diatas menunjukkan energi kinetik dan aliran massa yang melewati suatu penampang melintang A sebagai energi P yang ditunjukkan dengan mensubstitusi persamaan (2.3) ke persamaan (2.1) menjadi:

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (2.4)$$

(Eric Hau, Wind Turbines Fundamentals 2005 : 82)

Dimana:

P : daya mekanik (W)

v : kecepatan angin (m/s)

ρ : densitas udara (ρ rata-rata : 1,2 kg/m³)

Karena setiap jenis turbin angin mempunyai karakteristik aerodinamika yang unik, maka faktor daya sebagai fungsi dari TSR untuk setiap jenis turbin angin juga berbeda-beda. Dengan memasukkan faktor daya C_p , sebagaimana dijelaskan sebelumnya, gaya mekanik aktual yang dapat diperoleh dari energi kinetik pada angin menjadi:

$$P = C_p r \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (2.5)$$

(Eric Hau, Wind Turbines Fundamentals 2005 : 98)

Parameter utama yang mempengaruhi C_p adalah: jumlah bilah sudu, panjang *chord* bilah sudu, karakteristik aerodinamis bilah sudu, NREL menambahkan kemampuan sebuah SKEA juga dibatasi oleh rugi-rugi pada generator dan sistem transmisi.

2.2.6 Tip Speed Ratio

Tip speed ratio (rasio kecepatan ujung) adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. Untuk kecepatan angin nominal yang tertentu, *tip speed ratio* akan berpengaruh pada kecepatan putar rotor. Turbin angin tipe *lift* akan memiliki *tip speed ratio* yang relatif lebih besar dibandingkan dengan turbin angin tipe *drag*. *Tip speed ratio* dihitung dengan persamaan:

$$\lambda = \frac{\pi D n}{60 v} \quad (2.6)$$

(Eric Hau, Wind Turbines Fundamentals 2005 : 94)

Dengan:

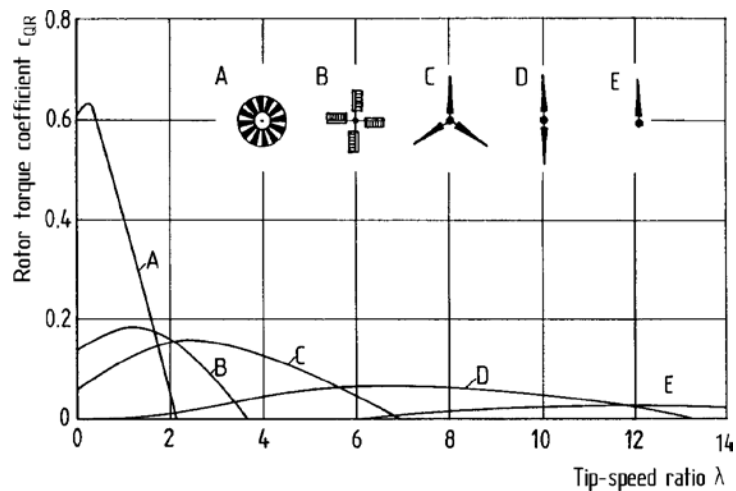
λ = *tip speed ratio*

D = diameter rotor (m)

n = putaran rotor (rpm)

v = kecepatan angin (m/s)

Grafik berikut menunjukkan variasi nilai *tip speed ratio* dan koefisien daya C_p untuk berbagai macam turbin angin.



Gambar 2.6 Torsi rotor untuk berbagai jenis turbin angin

2.2.7 Pemilihan Sistem Transmisi Daya

Ketika putaran rotor dan daya motor sudah ditentukan, maka generator yang digunakan dipilih. Generator yang tersedia di pasaran memiliki karakteristik yang berbeda satu sama lain. Setiap generator memiliki kondisi kerja masing-masing.

Untuk meneruskan daya yang dihasilkan rotor ke generator, perlu sistem transmisi yang konfigurasinya disesuaikan dengan kebutuhan daya yang ditransmisikan, putaran, dan konfigurasi turbin angin. Sistem transmisi daya dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok menurut rasio putaran masukan dan keluarannya yaitu:

1. *Direct drive*
2. *Speed Reducing*
3. *Speed Increasing*

Direct Drive yang dimaksud adalah transmisi daya langsung dengan menggunakan poros dan pasangan kopling. Yang penting dalam sistem transmisi *direct drive* adalah tidak ada penurunan atau peningkatan putaran. Sistem transmisi *speed reducing* adalah sistem transmisi daya dengan penurunan putaran, putaran keluar lebih rendah daripada putaran masuk. Sistem transmisi ini digunakan untuk meningkatkan momen gaya. Yang terakhir adalah sistem transmisi *speed increasing*, yaitu putaran keluar lebih tinggi dari putaran masuk, terjadi kenaikan putaran dengan konsekuensi momen gaya keluar menjadi lebih kecil.

Pada penerapannya, sistem transmisi *direct drive* hanya menggunakan poros dan kopling jika diperlukan. Konstruksi *direct drive* lebih sederhana dibandingkan yang lainnya dan tidak memerlukan banyak ruang. Sedangkan untuk penerapan sistem transmisi *speed reducing* dan *speed increasing* diperlukan mekanisme pengubah putaran seperti pasangan roda gigi, atau sabuk dan puli.

Turbin angin yang putaran rotornya berada dalam selang putaran kerja generator, maka transmisi daya yang digunakan adalah *direct drive*, rotor menggerakkan generator secara langsung. Sedangkan transmisi *speed increasing* karena pada umumnya putaran yang diperlukan generator lebih tinggi daripada putaran rotor.

2.3 Alat Penunjang

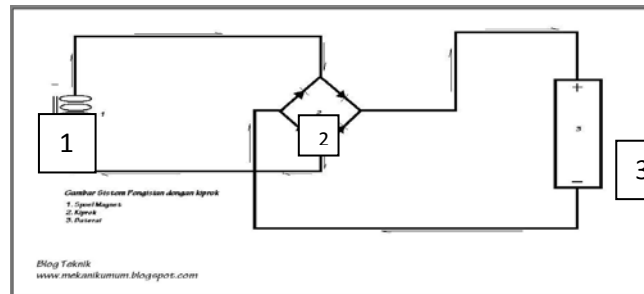
Generator adalah peralatan elektronika mekanik yang mengubah besaran energi mekanik menjadi energi listrik arus bolak-balik. Kebanyakan Generator menggunakan *rotating magnetic field*, akan tetapi adakalanya alternator linear digunakan. Pada prinsipnya, setiap generator AC dapat disebut sebagai alternator, akan tetapi istilah tersebut sering disama artikan dengan mesin putaran kecil yang dikendalikan oleh automotif atau mesin pembakaran internal. Salah satu contoh, alternator digunakan sebagai mesin pembangkit listrik arus bolak-balik dengan tenaga turbin uap yang sering dikenal sebagai turbo-alternator.

Generator menimbulkan listrik sama prinsipnya dengan generator DC, yaitu saat medan magnet di sekitar konduktor berubah, timbul arus didalam konduktor. Magnet yang berputar yang disebut juga sebagai rotor berputar di dalam suatu rangkaian tetap konduktor yang terbuat dari inti besi berkumparan (inti besi yang dililiti oleh konduktor), yang disebut dengan stator. Medan magnet terpotong secara tepat oleh konduktor, menimbulkan arus listrik, dan yang menyebabkan rotor berputar yaitu berupa masukan mekanik. Medan magnet berputar menginduksi tegangan AC pada lilitan stator. Seringkali terdapat delapan buah lilitan stator. Medan magnet berputar dapat dihasilkan melalui induksi (pada alternator tanpa sikat), melalui magnet permanen (pada mesin yang berukuran kecil). Medan magnet berputar barangkali dapat dihasilkan pula melalui medan lilitan tetap dengan kutub yang berputar pada rotornya.. Mesin dengan magnet permanen mencegah kehilangan daya ketika arus mengalir pada rotor untuk menghasilkan medan magnet, akan tetapi penggunaan magnet tersebut terbatas pada ukuran, dan berdasarkan pada biaya material magnet. Sejak medan magnet permanen konstan, terminal tegangan bervariasi langsung terhadap kecepatan dari generator. Generator AC tanpa sikat merupakan mesin yang besar jika dibandingkan dengan mesin berputar yang digunakan pada umumnya.



Gambar 2.7 Dinamo motor

Rangkaian sistem pengisian pada Dinamo motor:
Ke tiga kabel (soket) dihubungkan dengan kiprok di sepanjang rangkaian kelistrikan agar tegangan yang dihasilkan 12Volt.



Gambar 2.8 Rangkaian pengisian pada alternator

“1” adalah Spul magnet yang menghasilkan arus AC.

“2” adalah Kiprok yang digunakan untuk menstabilkan tegangan menjadi 12 Volt DC.

“3” adalah batterai yang digunakan menyimpan daya atau langsung ke lampu.

2.3.1 Bagian-Bagian Dinamo Motor



Gambar 2.9 Bagian dalam Dinamo Motor

2.3.1.1 Spul

Spul adalah rangkaian kumparan yang digunakan untuk menimbulkan medan magnet, jumlah kumparan pada stator ini adalah 8 buah.



Gambar 2.10 Carbon brus

2.3.1.2 Regulator (Kiprox)

Regulator adalah otak dari sistem pengisian. Regulator mengatur keduanya baik itu voltase aki dan voltase stator, dan tergantung dari kecepatan putaran mesin, regulator akan mengatur kemampuan kumparan rotor untuk menghasilkan output alternator.



Gambar 2.11 IC Regulator (Kiprok)