

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian sebelumnya

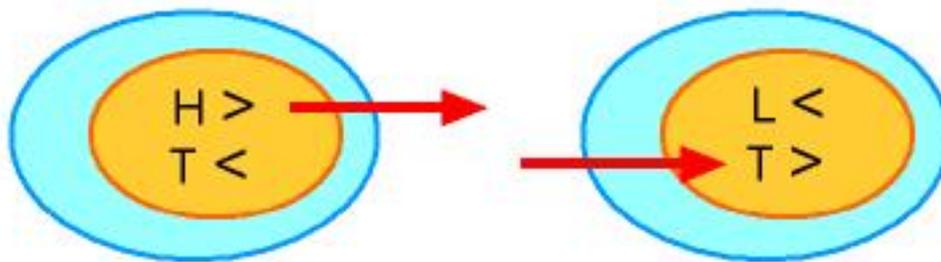
Trifiananto (2012), dengan variasi kecepatan angin 3, 4, 5, 6, 7 m/s dan variasi panjang bilah 0,15; 0,2; 0,25 m telah diperoleh daya poros tertinggi yang dicapai turbin dengan panjang bilah 0,25 m yaitu sebesar 0,003053289 Watt pada kecepatan 7 m/s. Torsi yang tertinggi dicapai oleh turbin dengan panjang bilah 0,25 m dan kecepatan 7 m/s yaitu sebesar 0,000152571 Nm. Untuk efisiensinya yang tertinggi diperoleh pada bilah dengan panjang 0,25 m dan kecepatan angin 4 m/s sebesar 0,1839 %.

Dani (2014), dengan variasi jumlah bilah, variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi kecepatan angin sebesar 3, 4, 5, 6, dan 7 m/s serta jumlah sirip 3 buah, 5 buah, 7 buah. Pada pengujian ini daya poros, torsi, dan efisiensi tertinggi tercapai pada jumlah sirip sebanyak 7 buah, panjang dan lebar masing-masing adalah 25 cm dan 6 cm dengan suhu ruangan 27°C.

2.2 Angin

2.2.1 Proses Terbentuknya Angin

Angin merupakan udara yang bergerak yang diakibatkan adanya perbedaan tekanan udara di sekitarnya. Seperti yang terlihat di Gambar 2.1 angin bergerak dari tempat udara bertekanan tinggi ke tempat udara bertekanan rendah. Udara akan mengembang jika dipanaskan. Udara yang mengembang menjadi lebih ringan sehingga naik ke tempat udara bertekanan rendah. Apabila ini terjadi, maka udara bersuhu tinggi yang menuju ke tempat udara bertekanan rendah tadi akan menjadi turun kembali karena suhunya berkurang. Udara menyusut menjadi lebih berat dan turun ke tempat bertekanan udara tinggi. Lalu udara menjadi panas lagi dan naik kembali (Daryanto, 2007).



Keterangan:

H > adalah Daerah Tekanan Tinggi, T < adalah Temperatur Rendah
L < adalah Daerah Tekanan Rendah, T > adalah Temperatur Tinggi

Gambar 2.1 Skema terjadinya angin.

Sumber: Kadir, 1996

Meskipun pada kenyataannya angin tidak dapat dilihat bagaimana bentuk wujudnya, namun masih dapat dilihat dan dapat diketahui keberadaannya melalui efek yang ditimbulkan pada benda-benda yang mendapat hembusan angin. Misalnya saja adalah ketika seorang anak bermain layang-layang yang memanfaatkan adanya angin atau bendera yang berkibar karena adanya hembusan angin. Adapun alat-alat ukur yang digunakan untuk mengetahui kecepatan dan arah angin bertiup, diantaranya adalah:

1. *Anemometer*, yaitu alat untuk mengukur kecepatan angin.
2. *Wind vane*, yaitu alat untuk mengetahui arah mata angin.
3. *Windsock*, yaitu alat untuk mengetahui arah mata angin dan memperkirakan besar kecepatan angin. Biasanya alat ini ditemukan di bandara.

Selain dengan menggunakan alat-alat pengukur angin, arah, dan kecepatan angin juga dapat diukur atau diperkirakan dengan menggunakan tabel Skala Beaufort seperti terlihat pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Skala Beaufort

Skala Beaufort	Tingkatan	Kecepatan (m/s)	Tanda-tanda di darat
0	Tenang	<1	Tenang, asap mengepul vertikal
1	Teduh	1-5	Asap mengepul miring, tapi <i>anemometer</i> tidak berputar
2	Sepoi lemah	6-11	Terpaan angin terasa di muka, <i>anemometer</i> berputar lambat
3	Sepoi lembut	12-19	Daun kecil d pohon bergerak, bendera dapat bergerak
4	Sepoi sedang	20-28	Debu dan kertas dapat terbang, ranting pohon bergerak
5	Sepoi segar	29-38	Pohon kecil terlihat condong, genangan air terlihat seperti ombak
6	Sepoi kuat	39-49	Batang pohon terlihat bergerak, suara desing dari kawat telpon terdengar, payung dapat terangkat
7	Angin ribut lemah	50-61	Pohon bergerak, berjalan terasa berat
8	Angin ribut	62-74	Batang-batang pohon dapat tertumbang karena angin ini
9	Angin ribut kuat	75-88	Dapat membuat kerusakan cerobong, pot-pot beterbangan
10	Badai	89-102	Kerusakan lebih besar, tapi jarang di darat
11	Badai amuk	103-117	Kerusakan berat, sering terjadi di darat
12	Topan	>117	Hamper tidak pernah terjadi

Sumber : Daryanto(2007).

Kecepatan angin pada ketinggian di mana turbin angin dipasang akan diekstrapolasi dari data yang didapat dengan mempertimbangkan kekasaran permukaan setempat dan lapisan batas atmosfer.

Energi kinetik dengan sebuah benda dengan massa (m) dan kecepatan (v) dapat dirumuskan sesuai dengan rumus 2-1 berikut,

$$E_k = 1/2m.v^2 \quad (\text{Bueche; 1998:46}) \quad (2-1)$$

dengan:

E_k : energi dari udara yang bergerak.(Joule)

m : massa udara (kg)

v : kecepatan angin (m/s)

Rumus 2-1 juga berlaku untuk angin yang merupakan udara yang bergerak. Bilamana suatu “blok” udara mempunyai penampang A dan bergerak dengan kecepatan v , maka jumlah massa yang melewati suatu tempat dapat dilihat dengan rumus 2-2 dibawah ini:

$$\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A \quad (\text{White; 1986:133}) \quad (2-2)$$

dengan:

- \dot{m} : laju alir massa (Kg/s)
- ρ : massa jenis udara (Kg/m³)
- v : kecepatan angin (m/detik)
- A : luas penampang (m²)

Dengan demikian maka energi yang dapat dihasilkan per satuan waktu adalah sesuai dengan rumus 2-3 dibawah ini:

$$P_{\text{angin}} = \text{Energi} / \text{waktu} \quad (\text{Giancoli; 1995; 157}) \quad (2-3)$$

$$= (\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2) / t$$

$$= \frac{1}{2} \cdot m/t \cdot v^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \dot{m} \cdot v^2$$

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

Keterangan:

- P_{angin} = daya angin (W)
- ρ = massa jenis udara (kg/m³)
- A = luas penampang (m²)
- v = kecepatan angin (m/detik)

2.2.2. Energi Angin

Pemanfaatan energi angin dapat dilakukan dimana-mana, baik di daerah landai maupun di daerah daratan tinggi, bahkan dapat di terapkan di laut, berbeda halnya dengan energi air. Pemanfaatan energi angin selain dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, diharapkan juga dapat meningkatkan efektivitas dan efisien sistem pertanian, yang pada gilirannya dapat meningkatkan produktivitas masyarakat pertanian. (Daryanto, 2007)

Secara umum, pemanfaatan tenaga angin di Indonesia memang kurang mendapat perhatian. Sampai tahun 2004, kapasitas terpasang dari pemanfaatan tenaga angin hanya mencapai 0,5MW dari 9,29GW potensi yang ada (DESDM, 2005). Padahal kapasitas pembangkitan listrik tenaga angin di dunia telah berkembang pesat dengan laju pertumbuhan komulatif sampai dengan tahun 2004 melebihi 20 persen per tahun. Dari kapasitas terpasang 5GW pada tahun 1995 menjadi hampir 48GW pada akhir tahun 2004 yang tersebar dalam 74,400 turbin angin disekitar 60 negara. (BTM Consults ApS, 2005)

Tabel 2.2 Pemanfaatan energi angin di Indonesia

Kelas	Kec. Angin (m/s)	Daya spesifik (W/m ²)	Kapasitas (kW)	Lokasi (wilayah)
Skala kecil	2,5-4	<75	0-10	Jawa, NTB, NTT, Maluku, Sulawesi
Skala menengah	4-5	75-150	10-100	NTB, NTT, Sulsel, Sultra, Selatan Jawa
Skala besar	>5	>150	>100	Sulsel, NTB, NTT, Pantai Selatan Jawa

Sumber: Diolah dari Kementerian Riset dan Teknologi (2010).

Pada *altitude* tinggi, arah angin akan dipengaruhi oleh arah putaran bumi dan bergerak sejajar dengan garis isobar. Pada belahan utara, angin berputar melawan arah jarum jam, sementara pada belahan bumi selatan angin berputar searah jarum jam. Arah angin ditentukan oleh arah darimana angin itu berhembus. Jadi angin barat berarti angin yang berhembus dari barat ke timur. (Kadir, 1996)

2.3 Klasifikasi Turbin Angin

Turbin angin merupakan sebuah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik. Pada awalnya, turbin angin ini digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan para petani yang digunakan untuk melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda dan negara-negara Eropa lainnya, turbin ini biasanya disebut juga dengan *windmill*. Dan saat ini, turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. (Daryanto, 2007)

Saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (contoh: PLTD, PLTU, dll), namun turbin masih dikembangkan lagi oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapi dengan masalah kekurangan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui (contoh: batubara, minyak bumi, dll) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik. Turbin angin dapat dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu: turbin angin sumbu horisontal dan turbin angin sumbu vertikal. (Daryanto, 2007)

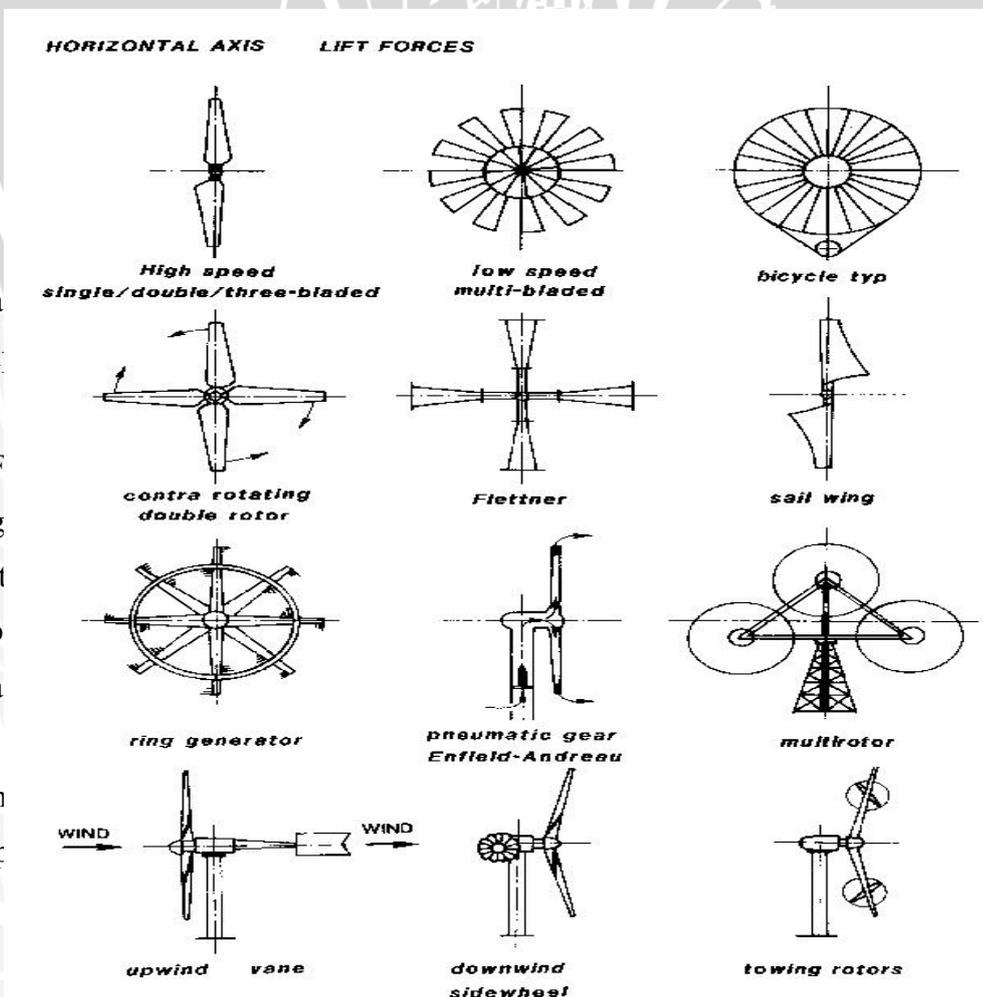
2.3.1 Turbin Angin Poros Horizontal

Turbin angin yang mempunyai poros horizontal mempunyai bilah yang berputar dalam bidang vertikal seperti halnya propeller pesawat terbang. Gambar 2.2 memperlihatkan berbagai jenis turbin angin horizontal. Turbin angin biasanya memiliki bilah dengan bentuk irisan melintang khusus dimana aliran udara pada salah satu sisinya bergerak lebih cepat dari udara disisi yang lain ketika angin melewatinya. Fenomena ini menimbulkan daerah tekanan rendah pada belakang bilah dan daerah tekanan tinggi di depan bilah. Perbedaan tekanan ini menimbulkan bilah berputar.

Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT).

2.3.2.

dianta
a. Ti
dari F
paling
berput
meleb
antara
tidak
biasan
its app



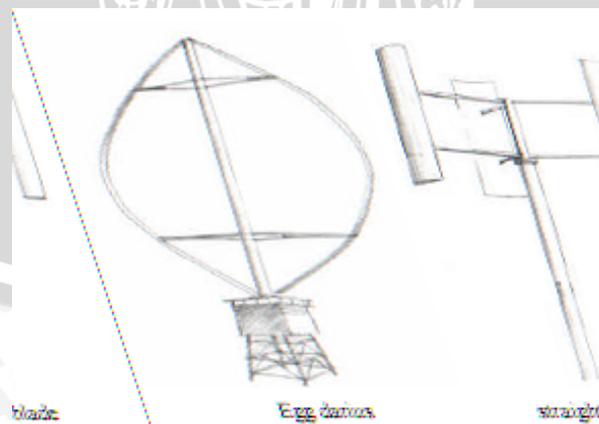
akan,
orang
yang
dapat
akan
ariasi
sanya
1 dan
or and



Gambar 2.3 tiga-stack savonius
Sumber: Marnoto (2010)

b. Tipe Darrieus

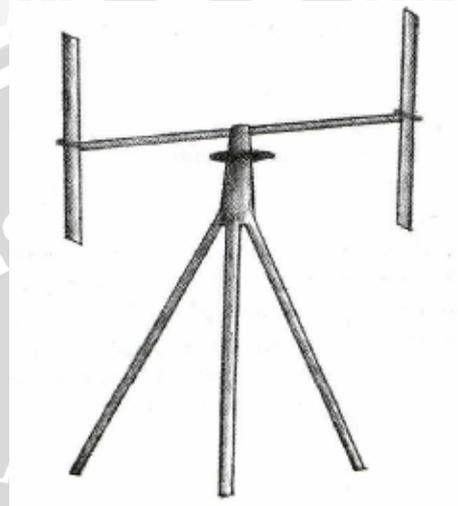
Tipe ini ditemukan oleh seorang Perancis bernama George Jean Maria Darrieus yang dipatenkan pada tahun 1931. Ia memiliki 2 bentuk turbin yang digunakan diantaranya adalah “eggbeater/curved bladed” dan “straightbladed”. Sketsa dari kedua variasi konsep Darrieus ditunjukkan dalam gambar 2.4. kincir angin Darrieus mempunyai bilah-bilah yang disusun dalam posisi simetri dengan bilah-bilah yang diatur relatif terhadap poros. Pengaturan ini cukup efektif untuk menangkap berbagai arah angin. Berbeda dengan *Savonius*, kincir angin *Darrieus* bergerak dengan memanfaatkan gaya angkat yang terjadi ketika angin bertiup. Bilah-bilah turbin Darrieus bergerak berputar mengelilingi sumbu.



Gambar 2.4 Turbin Angin Tipe *Darrieus*
Sumber: Marnoto (2010)

c. Tipe H-Rotor

Tipe ini dikembangkan di Inggris melalui penelitian yang dilakukan selama 1970-1980an. Pada gambar 2.5 diuraikan bahwa yang digunakan pada pisau berbilah lurus (*straight-bladed*) Darrieus tidak diperlukan, ternyata telah ditemukan bahwa efek hambatan yang diciptakan oleh sebuah pisau akan membatasi kecepatan aliran angin. Oleh karena itu, *H-Rotor* akan mengatur semua kecepatan angin untuk mencapai kecepatan putaran optimalnya.



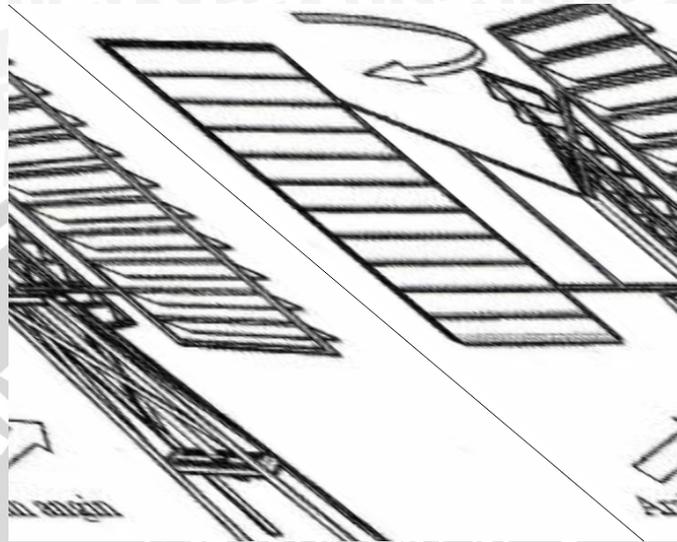
Gambar 2.5 Turbin Angin H-Rotor
Sumber: Marnoto (2010)

2.4. Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Bilah Bersirip

2.4.1. Tinjauan Umum Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Bilah Bersirip

Turbin jenis ini tergolong baru yang difokuskan pada peningkatan efisiensi, dengan model yang menurunkan energi *drag* penghambat dan memperluas kolektor energi *drag* (pendorong) sehingga akan meningkatkan efisiensi dan menurunkan kecepatan angin minimum yang dapat memutar turbin. Pada gambar 2.6, turbin angin yang dirancang ini memiliki 3 buah bilah bersirip, bilah ini bila berlawanan dengan arah mata angin dan putaran *rotor* maka sirip-sirip akan terbuka sehingga akan menurunkan energi *drag* (penghambat) sebaliknya jika posisi searah dengan arah angin dan putaran *rotor* sirip-sirip akan menutup karena dorongan angin itu sendiri sehingga

meningkatkan daya dorong. Dengan rancangan baru ini dapat meningkatkan efisiensi konversi energi dan menurunkan kecepatan angin minimum untuk memutar turbin, sehingga turbin-turbin ini dapat diterapkan pada semua lokasi yang memiliki kecepatan dan arah angin yang berubah-ubah.

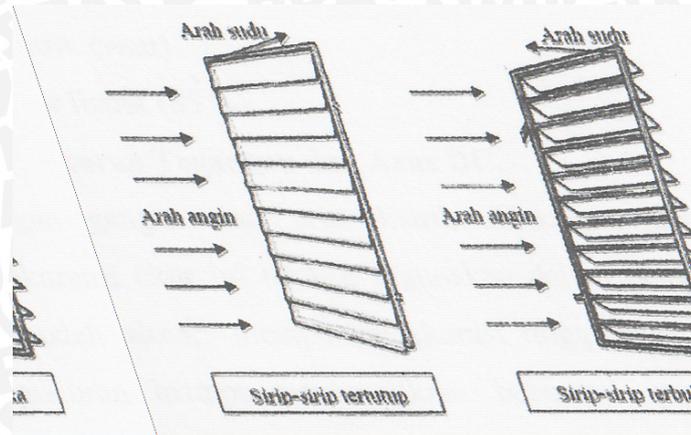


Gambar 2.6 model turbin angin bilah bersirip
Sumber: Marnoto, 2011

2.4.2 Prinsip Kerja Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Bilah Bersirip

Turbin angin jenis ini memiliki prinsip kerja sama dengan turbin pada umumnya. Dimulai dari pemanfaatan energi kinetik yang dimiliki oleh angin, yang kemudian dikonversikan oleh bilah menjadi energi mekanik pada poros atau *rotor*.

Perbedaan yang mencolok antara turbin angin poros vertikal tipe bilah bersirip dengan turbin angin lainnya adalah mekanisme buka-tutup sirip. Dimana sistem buka tutup ini dimaksudkan untuk mengurangi gaya hambat yang dapat menyebabkan berkurangnya putaran poros. Pada gambar 2.7 Dibawah ini adalah ilustrasi saat sirip membuka dan menutup.



Gambar 2.7 Ilustrasi Pergerakan Sirip Saat Membuka Dan Menutup.
 Sumber: Marnoto, 2011

Dari gambar diatas terlihat bahwa pada saat *tailwind* sirip-sirip tertutup dan *headwind* sirip-sirip terbuka. *Tailwind* adalah kondisi dimana arah bilah sama dengan arah angin. Sedangkan *headwind* terjadi ketika arah bilah berlawanan dengan arah angin masuk. Kondisi *headwind* cenderung memperlambat rotasi.

2.5 Unjuk Kerja Turbin Angin Vertikal Tipe Bilah Bersirip

Dalam pembahasan kali ini, parameter-parameter dari performasi turbin angin yang dibahas adalah *Brake Horse Power* (BHP), torsi, dan efisiensi.

2.5.1 *Brake Horse Power* (BHP)

Brake Horse Power (BHP) adalah daya turbin yang diukur sebelum mengalami kerugian energi yang disebabkan oleh *gearbox*, pompa ataupun perangkat tambahan lainnya. Dalam percobaan nantinya *Brake Horse Power* (BHP) diukur dengan menggunakan motor listrik. Dengan mengukur besarnya tegangan dan arus yang dihasilkan maka bisa diketahui besarnya daya, dengan menggunakan hukum ohm seperti pada rumusan.

$$P_{gen} = V.I \quad (\text{Fox and McDonald, 1994: 565}) \quad (2-4)$$

dengan:

- P_{gen} : daya generator listrik (Watt)
- V : tegangan generator listrik (Volt)
- I : arus listrik (A)

Setelah didapatkan besarnya harga P_{motor} maka dapat dihitung besarnya BHP, seperti pada rumus berikut

$$\text{BHP} = \frac{P_{\text{generator}}}{\eta_{\text{generator}}} \quad (\text{Giancoli; 1995; 177}) \quad (2-5)$$

dengan:

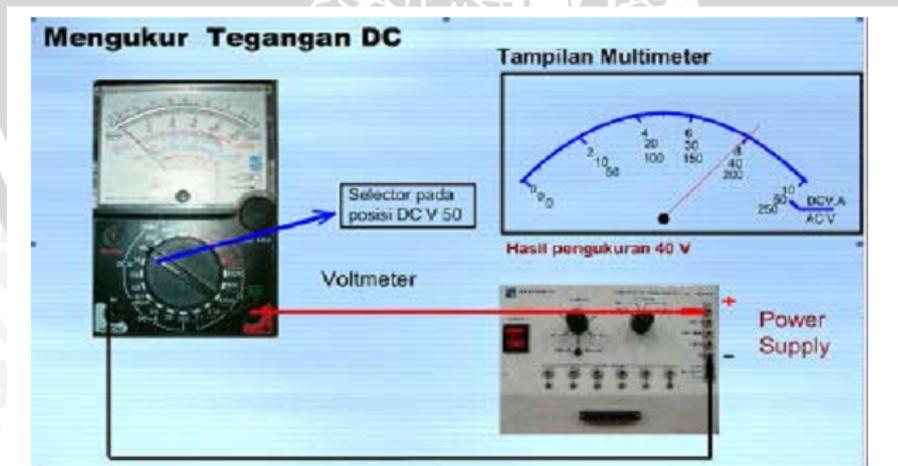
BHP : daya poros generator listrik (Watt)
 $P_{\text{generator}}$: daya generator listrik (Watt)
 $\eta_{\text{generator}}$: efisiensi generator listrik (80%)

- **Prinsip Pengukuran Tegangan Dan Arus DC**

Pengukuran tegangan dan arus listrik dilakukan dengan menggunakan digital multimeter. Alat ukur ini banyak digunakan dalam pengukuran tegangan dan arus listrik karena praktis, mempunyai akurasi tinggi dan mudah dioperasikan. Digital multimeter mampu menampilkan beberapa pengukuran untuk arus miliAmpere, temperature °C, tegangan milivolt, resistansi ohm, frekuensi Hz, daya listrik mW sampai kapasitansi.

- ❖ **Pengukuran Tegangan DC**

Tegangan DC dapat diukur dengan menggunakan Voltmeter. Prinsip kerjanya yaitu semakin tinggi arus listrik yang melewati voltmeter, maka semakin besar pula medan magnet yang dihasilkan. Sehingga pembacaan pada layar juga akan semakin besar, dapat dilihat pada gambar 2.8.



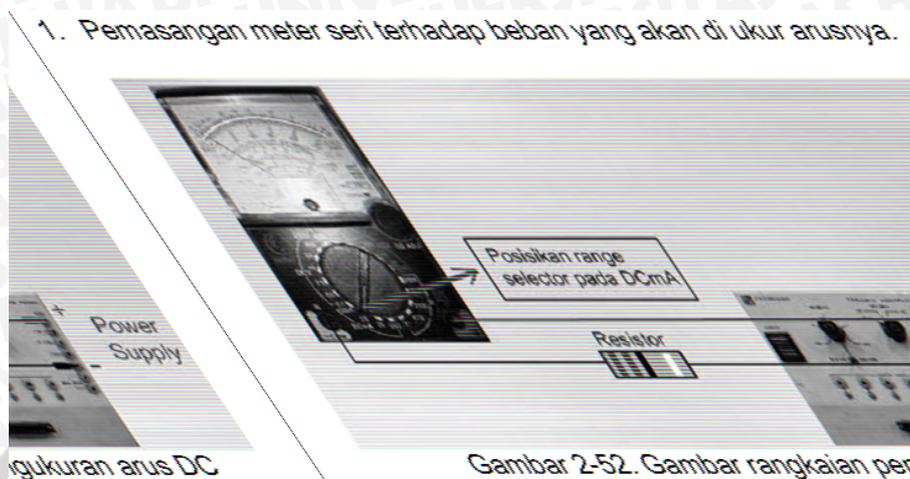
Gambar 2-46. Penunjukan pengukuran tegangan DC

Gambar 2.8 Pengukuran Tegangan DC

Sumber: Sri (2008 : 78)

- ❖ **Pengukuran Arus DC**

Untuk pengukuran arus DC itu sendiri dapat diukur dengan menggunakan Amperemeter dengan dihubungkan pada resistor seperti pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Pengukuran Arus DC
Sumber: Sri (2008:85)

2.5.2 Torsi

Torsi juga bisa disebut dengan momen atau momen gaya yang menyebabkan suatu benda berputar pada sumbu tertentu. Torsi juga dapat didefinisikan sebagai keefektifan gaya tersebut dalam menghasilkan putaran atau rotasi mengelilingi sumbu tersebut (Bueche, 1998). Besarnya torsi juga dapat dihitung dengan menggunakan rumus (2-6).

$$T = \frac{\text{BHP}}{2\pi \cdot \frac{n_{\text{turbin}}}{60}} \quad (\text{Giancoli; 1995; 181}) \quad (2-6)$$

dengan:

T : torsi (Nm)
BHP : daya poros generator listrik (Watt)
n : putaran generator listrik (rpm)

2.5.3 Efisiensi

Efisiensi merupakan perbandingan antara efek manfaat yang digunakan dengan pengorbanan yang dilakukan (Fox and McDonald, 1994) yang biasanya digunakan untuk menyatakan performa suatu mesin. Lebih sederhananya, efisiensi adalah perbandingan antara input dan output yang dinyatakan dalam persen. Seperti pada rumus 2-7 berikut ini,

$$\eta = \frac{\text{BHP}}{P_{\text{angin}}} \times 100\% \quad (\text{Giancoli; 1995; 185}) \quad (2-7)$$

dengan:

- η : efisiensi (%)
 BHP : *Brake Horse Power* (Watt)
 P_{angin} : Daya angin (Watt)

2.6 Teori dan Persamaan

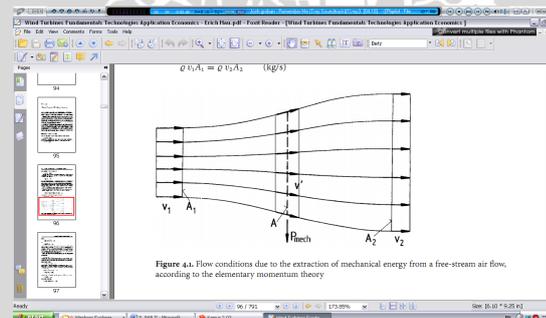
2.6.1 Teori betz

Betz merupakan seorang sarjana yang dianggap telah pertama kali memperkenalkan teori tentang turbin angin, ia mengasumsikan bahwa suatu turbin ideal merupakan rotor tanpa naf (hub) dan mempunyai bilah-bilah yang tak terhingga jumlahnya tanpa hambatan (Reksoatmodjo, 2004). Juga diasumsikan bahwa aliran udara di depan dan di belakang rotor memiliki kecepatan yang seragam (laminar). Jika V_1 = kecepatan di depan rotor, V_2 = kecepatan di belakang rotor, dan V = kecepatan angin pada saat melewati rotor, maka berdasarkan persamaan kontinuitas:

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \quad (\text{Reksoatmodjo; 2004; 67}) \quad (2-8)$$

dengan:

- A : Luas penampang (m^2)
 V : kecepatan alir udara (m/s)



Gambar 2.10 Asumsi Teori Betz
 Sumber: Hau (2005 : 82)

2.6.2 Coefficient of Power (Cp)

C_p atau power faktor dapat didefinisikan sebagai rasio antara daya turbin pada poros (P_t) dengan daya angin (P_w) karena energi kinetiknya sebelum mengenai permukaan bilah turbin (Sargolzaei, 2007), berikut ini adalah persamaannya:

$$C_p = P_t / P_w \quad (\text{Sargolzaei, 2007:52}) \quad (2-9)$$

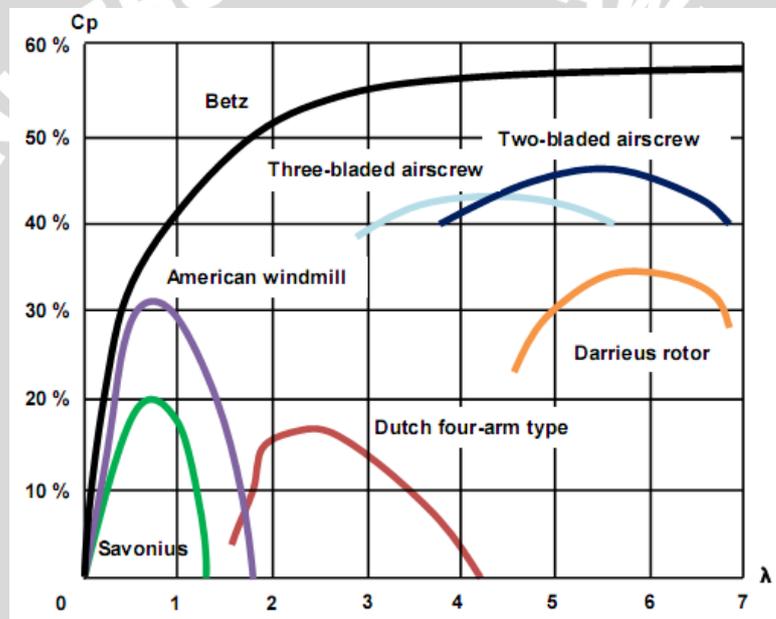
dengan:

- C_p : Coefficient of power
 P_t : daya pada poros turbin (Watt)
 P_w : daya angin (Watt)

Hasil dari persamaan di atas adalah bilangan tanpa satuan yang menyatakan factor keefektifan dari daya yang dihasilkan dengan arah putaran turbin yang sama. Sehingga bentuk dari bilah sangat berpengaruh pada C_p .

2.6.3 Daya pada Turbin Angin Bilah Bersirip

Besarnya gaya yang dapat dibangkitkan dari putaran rotor turbin angin bilah bersirip dapat dihitung melalui pendekatan sebuah teori, yaitu teori Betz. Percobaan Betz itu sendiri dapat dilihat pada gambar 2.11 berikut ini



Gambar 2.11 Performance of Main Conventional Wind Machines
 Sumber: Menet, 2004

Berdasarkan teori Betz yang divisualisasikan dalam bentuk grafik pada gambar 2.11 di atas, menjelaskan bahwa suatu turbin angin terbaik dengan tipe apapun tidak mungkin akan menghasilkan efisiensi rotor yang melebihi angka 56%. Nilai dari efisiensi 56% ini juga sering disebut juga dengan Betz Limit.

Nilai C_p untuk satu tipe turbin angin tidak selalu sama hal ini dikarenakan nilai C_p merupakan fungsi dari tip speed ratio atau λ . Untuk mengetahui nilai C_p maksimal yang mampu dihasilkan oleh sebuah turbin angin, maka sangat perlu diketahui terlebih dahulu besarnya nilai tiap speed ratio yang dihasilkan dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$\lambda = \frac{\omega \cdot R}{v} \quad (\text{Fox and McDonald, 1994: 579}) \quad (2-20)$$

dengan :

- ω : kecepatan bilah = $\frac{2\pi \cdot n}{60}$
 R : radius rotor (m)
 v : kecepatan angin (m/s)

Dengan diketahuinya besar nilai dari λ dapat ditarik suatu garis lurus vertical pada grafik gambar 2.11 untuk mengetahui berapa besarnya bilai dari C_p maksimum. Pada turbin angin *Savonius* dengan tinggi rotor H, serta jari-jari rotor R, dan dikenai aliran angin berkecepatan V, maka daya maksimumnya adalah seperti persamaan berikut:

$$P_{\text{aktual}} = C_p \cdot \rho \cdot R \cdot H \cdot v^3 \quad (\text{Menet, 2004: 20}) \quad (2-21)$$

dengan:

- P_{aktual} : daya actual pada turbin (Watt)
 C_p : coefficient of power
 ρ : massa jenis udara (Kg/m^3)
 R : jari-jari bilah (m)
 H : tinggi bilah (m)
 v : kecepatan angin (m/s)

Kemudian untuk P_{teoritis} , besarnya nilai daya maksimum dapat diketahui dari putaran poros rotor turbin angin *Savonius* saat mengkonversikan energi kinetik aliran angin.

2.7 Hipotesa

Semakin meningkatnya lebar bilah turbin angin bertipe bilah bersirip maka akan semakin bertambah putaran pada rotor dikarenakan luas daerah terpaan angin pada bilah bertambah, sehingga bertambahnya putaran rotor akan mengakibatkan daya poros juga akan bertambah begitu juga dengan efisiensi dari turbin angin vertikal tipe bilah bersirip akan bertambah, begitu juga sebaliknya.