

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori penunjang dari peralatan yang di rencanakan. Teori penunjang ini akan membahas tentang komponen dan peralatan pendukung pada alat yang dibuat. Pokok pembahasan pada bab ini adalah:

- 1 Kincir angin (VAWT)
- 2 Generator

2.2 Angin

Angin adalah udara yang bergerak dari tekanan udara yang lebih tinggi ke tekanan udara yang lebih rendah. Perbedaan tekanan udara disebabkan oleh perbedaan suhu udara akibat pemanasan atmosfer yang tidak merata oleh sinar matahari. Karena bergerak angin memiliki energi kinetik. Energi angin dapat dikonversi atau ditrasfer ke dalam bentuk energi lain seperti listrik atau mekanik dengan menggunakan kincir atau turbin angin. Oleh karena itu, kincir atau turbin angin sering disebut sebagai Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Daya angin berbanding lurus dengan kecepatan udara, menurut ilmu energi kinetik dari sebuah benda dengan massa (m) dan kerapatan (ρ) dirumuskan sesuai dengan rumus berikut, dengan ketentuan kecepatan (v) tidak mendekati kecepatan cahaya (Kusbiantoro, Andri dkk)

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

E = Energi dari udara (joule)

m = massa udara (kg)

v = kecepatan angin (m/s)

Rumus di atas juga berlaku untuk angin yang merupakan udara yang bergerak. Jika suatu “blok” udara memiliki penampang, A Dan

bergerak dengan kecepatan v maka jumlah massa yang melewati suatu tempat dapat dilihat pada rumus berikut :

$$m = p \cdot A \cdot v \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

m = laju alir masa udara (kg/s)

p = kecepatan udara (kg/m³)

A = luas penampang (m²)

$$A = d \times h \dots\dots\dots(2.3)$$

d = diameter sudu (m)

h = tinggi sudu (m)

v = kecepatan udara (m/s)

Dengan demikian maka energi yang dapat dihasilkan persatuan waktu adalah sesuai dengan rumus berikut :

Power = Work (energi angin) / time

$$= \left(\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \right) / t \dots\dots\dots(2.4)$$

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

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

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

Dimana :

P = daya angin (W)

E = energi angin (joule)

t = waktu (s)

p = kecepatan angin (kg/m³)

A = luas penampang (m²)

v = kecepatan angin (m/detik)

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

Dimana :

P = Daya Mekanik (Watt)

C_p = Maksimum Power Coefficient (0,25-0,45)

ρ = Massa Jenis Udara (kg/m³)

v = Kecepatan Angin (m/s)

A = Luas Penampang (m²)

Dari persamaan di atas dapat disimpulkan bahwa daya listrik yang dihasilkan sebuah kincir angin di pengaruhi oleh kecepatan angin dan luas daerah sapuan kincir. Sehingga semakin besar nilai kedua variabel tersebut maka semakin besar daya listrik yang dihasilkan. Daya angin maksimum yang dapat dikeluarkan oleh kincir angin dengan luas sapuan rotor A adalah,

$$P = \frac{16}{27} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot A \dots \dots \dots (2.6)$$

Konstanta 16/27 (=59.3%) ini disebut batas Betz (*betz limit*). Angka ini secara teori menunjukkan efisiensi maksimum yang dapat dicapai oleh rotor kincir angin tipe sumbu vertical. Pada kenyataannya karena rugi-rugi gesekan dan kerugian di ujung sudu, efisiensi aerodinamik dari rotor, η rotor ini sksn lebih kecil lagi yaitu bekisar pada harga maksimum 0.45 saja untuk sudu yang dirancang dengan sangat baik

2.3 Kincir Angin Sumbu Vertical (VAWT)

Kincir angin sumbu vertikal/tegak (VAWT) 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(Kusbiantoro, Andri dkk)

.Dengan sumbu yang vertikal lebih mudah diakses untuk keperluan perawatan. Tapi ini menyebabkan sejumlah desain menghasilkan tenaga putar yang berdenyut. Karena sulit dipasang di atas

menara , kincir sumbu tegak sering dipasang lebih dekat ke dasar tempat ia diletakkan, seperti puncak atau atap sebuah bangunan



Gambar 2.1. Kincir angin vertikal savonius

2.4 Kelebihan Kincir Angin Sumbu Vertical (VAWT)

- a. Tidak membutuhkan struktur menara yang besar.
- b. Kincir angin vertikal (VAWT) bisa diletakkan lebih dekat ke tanah, membuat pemeliharaan atau perawatan lebih mudah.
- c. Disain kincir angin vertikal (VAWT) berbilah lurus dengan potongan melintang berbentuk kotak atau persegi empat panjang memiliki wilayah tiupan yang lebih besar untuk diameter tertentu daripada wilayah tiupan berbentuk lingkarannya horisontal.
- d. Kincir angin vertikal (VAWT) memiliki kecepatan awal angin yang lebih rendah daripada kincir angin horisontal (HAWT).
- e. Kincir angin vertikal (VAWT) harus diubah posisinya jika arah angin berubah.

2.5 Kelemahan Kincir Angin Sumbu Vertical (VAWT)

- a. Kebanyakan kincir angin vertikal (VAWT) memproduksi energi hanya 59.3 % dari efisiensi kincir angin horisontal (HAWT) karena *drag* tambahan yang dimilikinya saat kincir berputar.
- b. Kincir angin vertikal (VAWT) tidak mengambil keuntungan dari angin yang melaju lebih kencang di elevasi yang lebih tinggi.
- c. Kebanyakan kincir angin vertikal (VAWT) mempunyai torsi awal yang rendah, dan membutuhkan energi untuk mulai berputar.

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:

$$\lambda = \frac{\pi D n}{60 v} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

- λ = Tipe speed Ratio
- D = Diameter Rotor (m)
- n = Putaran Rotor (rpm)
- v = Kecepatan Angin (m/s)

2.7 Torsi

Torsi bisa disebut juga momen atau gaya yang menyatakan benda berputar pada satu sumbu. Torsi bisa juga didefinisikan ukuran keefektifan gaya tersebut dalam menghasilkan putaran atau rotasi mengelilingi sumbu tersebut. Hal ini dapat di rumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$T = \frac{P}{2\pi n} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana:

T = Torsi (Nm)

$P_{generator}$ = Daya generator (Watt)

$n_{generator}$ = Putaran generator (rpm)

2.8 Generator Aksial

kontruksi generator aksial adalah bentuk kontruksi generator dengan arah medan magnet searah dengan aksis generator. Kutub-kutub medan serta kumparan-kumparan terletak sejajar dengan aksis. Kumparan-kumparan dipasang pada piringan kumparan yang akan menjadi stator dan diletakan di antara kutub-kutub magnetik. Kutub-kutub medan dipasang pada piringan kutub yang sekaligus menjadi rotor dan di letakkan ke aksis sehingga ketika aksis berputar, kutub-kutub medan ikut berputar(Prasetyadi, A . 2012)

. Berputarnya kutub-kutub medan mengakibatkan medan magnetik di antara kutub-kutub tadi itu ikut berputar dan melewati kumparan-kumparan yang yang terletak di antaranya. Dengan menyusun kutub-kutub medan secara berurutan antaran kutub utara dan selatan, maka arah medan mangnet yang melewati kumparan-kumparan akan berubah-ubah sehingga menimbulkan induksi magnet yang menghasilkan GGL pada ujung-ujung kumparan. Semakin cepat putaran kutub-kutub mangetik, akan semakin tinggi pula GGL induksi yang dihasilkan oleh kumparan-kumparan yang dilewati oleh kutub medan tersebut.

Generator aksial mempunyai keuntungan dalam bentuk kontruksi yang sederhana. Kelemahan generator jenis ini adalah piringan kutub perlu sangat kuat. Karena pada saat bersamaan menahan gaya tarik menarik seluruh pasangan kutub yang di punyai. Selain itu, untuk ukuran yang besar, kontruksi jenis ini membutuhkan ukuran yang sangat besar(Prasetyadi, A . 2012).

2.8.1 Bagian Generator

Generator dibagi menjadi dua bagian yaitu, bagian generator yang berputar dan bagian yang tidak berputar. Generator yang berputar disebut rotor dan bagian generator yang tidak berputar disebut stator (Sukmadi, Tejo dkk):



Gambar 2.2. Generator aksial 1 fasa AC

2.8.2 Rasio Per Menit (Rpm)

Hubungan antar kecepatan putar dan frekuensi generator dapat dirumuskan pada persamaan berikut ini:

$$n = \frac{120 \cdot f}{p} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

- n = putaran (rpm)
- f = frekuensi (Hz)
- p = jumlah kutub

2.8.3 Magnet Permanen

Magnet permanen digunakan untuk menghasilkan fluks magnet magnet permanen yang digunakan adalah magnet batang *neodymium-iron-boron* (NdFeB).



Gambar 2.3. Magnet jenis *neodymium-iron-boron* NdFeB

Fluks magnet adalah ukuran total medan magnet yang menembus bidang. Secara matematis fluks magnetik didefinisikan sebagai perkalian skala antara induksi magnetik dengan luas bidang yang tegak lurus pada induksi magnetik tersebut. Hal ini dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned} P &= 5 \text{ cm} \\ l &= 1,5 \text{ cm} \\ t &= 0,6 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$B_{max} = Br \frac{lm}{lm+\delta} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

B_r = Residual Induction (T)
 l_m = Tinggi Magnet (m)
 δ = Lebar Celah Udara (m)
 B_{max} = fluks magnet (T)

2.8.4 Rangka Rotor

Rotor merupakan bagian yang berputar pada generator. Rotor berfungsi sebagai kumparan medan, dan untuk menghasilkan medan magnet di gunakan magnet permanen. Magnet permanen yang digunakan adalah magnet batang berjenis *neodymium-iron-boron* (NdFeB).



Gambar 2.4. Komposisi Magnet

Hal ini dapat di rumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$A_{magn} = \frac{\pi(ro^2 - ri^2) - \tau f(ro - ri)Nm}{Nm} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

A_{magn} : luasan magnet (m^2)
 r_o : radius luar magnet (m)
 r_i : radius dalam magnet (m)
 τf : jarak antar magnet (m)
 N_m : jumlah magnet

2.8.5 Stator

Stator merupakan bagian yang tetap pada generator. Pada tugas akrilik ini stator berfungsi sebagai kumparan jangkar yang menghasilkan tegangan keluaran generator. Kawat tembaga yang digunakan berdiameter 1 mm. Kawat digunakan membentuk kumparan linkaran dengan jumlah lilitan adalah 100 tiap kumparan.



Gambar 2.5. Stator

2.8.6 Fluks Maksimum

$$\Phi_{max} = A_{magn} \cdot B_{max} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana :

Φ_{magn} = Fluks maksimum

A_{magn} = Luasan Magnet

B_{max} = Kerapatan fluks

2.8.7 Tegangan Induksi

Tegangan induksi generator dapat dihitung melalui persamaan berikut :

$$E_{rms} = 4.44 \cdot N \cdot f \cdot \Phi_{max} \cdot N_s \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana :

- N : jumlah lilitan
- F : frekuensi (Hz)
- Φ_{max} : fluks maksimal (Wb)
- N_s : jumlah kumparan

2.8.8 Celah Udara

Celah udara pada generator antara rotor dan setator dimana area ini merupakan tempat perpindahannya fluks magnet pada magnet permanen dan menginduksi ke kumparan di stator. Besar atau lebarnya celah udara mempengaruhi penginduksian ke kumparan stator. Pada generator fluks aksial celah udara bisa saja lebih dari satu tergantung banyaknya stator atau rotor yang digunakan pada generator tersebut yang tentunya berbeda dengan celah udara pada generator konvensional pada umumnya (Sukmadi, Tejo dkk)

[Halaman Ini Sengaja Dikosongkan]