

# SUMBER ENERGI TURBIN ANGIN

Pertemuan 010 MK. Arsitektur Hijau Dasar



Baju Arie Wibawa, S.T., M.T.

# Tujuan instruksional

1. Menjelaskan pengertian sumber energi dari angin
2. Menjelaskan proses kerja sistem pembangkit listrik dari turbin angin
3. Menjelaskan kelebihan dan kelemahan pembangkit listrik turbin angin
4. Menghitung kapasitas listrik turbin angin
5. Menerapkan sistem turbin angin pada bangunan arsitektur



1

**LATAR BELAKANG**

# Potensi Energi Angin

- Berdasarkan data dari GWEC, potensi sumber angin dunia diperkirakan sebesar **50,000 TWh/tahun**.
- Total potensial ini dihitung pada daratan dengan kecepatan angin rata-rata diatas 5,1 m/s dan pada ketinggian 10 m.
- Data ini setelah direduksi sebesar 10% sebagai toleransi yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kepadatan penduduk, dan lain-lain.

Daerah	Grubb and Meyer [4]	Wijk and Coelingh [5]
Afrika	10 600	-
Australia	3 000	1 638
Amerika Utara	14 000	3 762
America Latin	5 400	-
Eropa Barat	500	520
Europe Timur	10 600	-
Asia	4 900	-
Perkiraan Total	<b>50 000</b>	<b>20 000 (+area lain)</b>

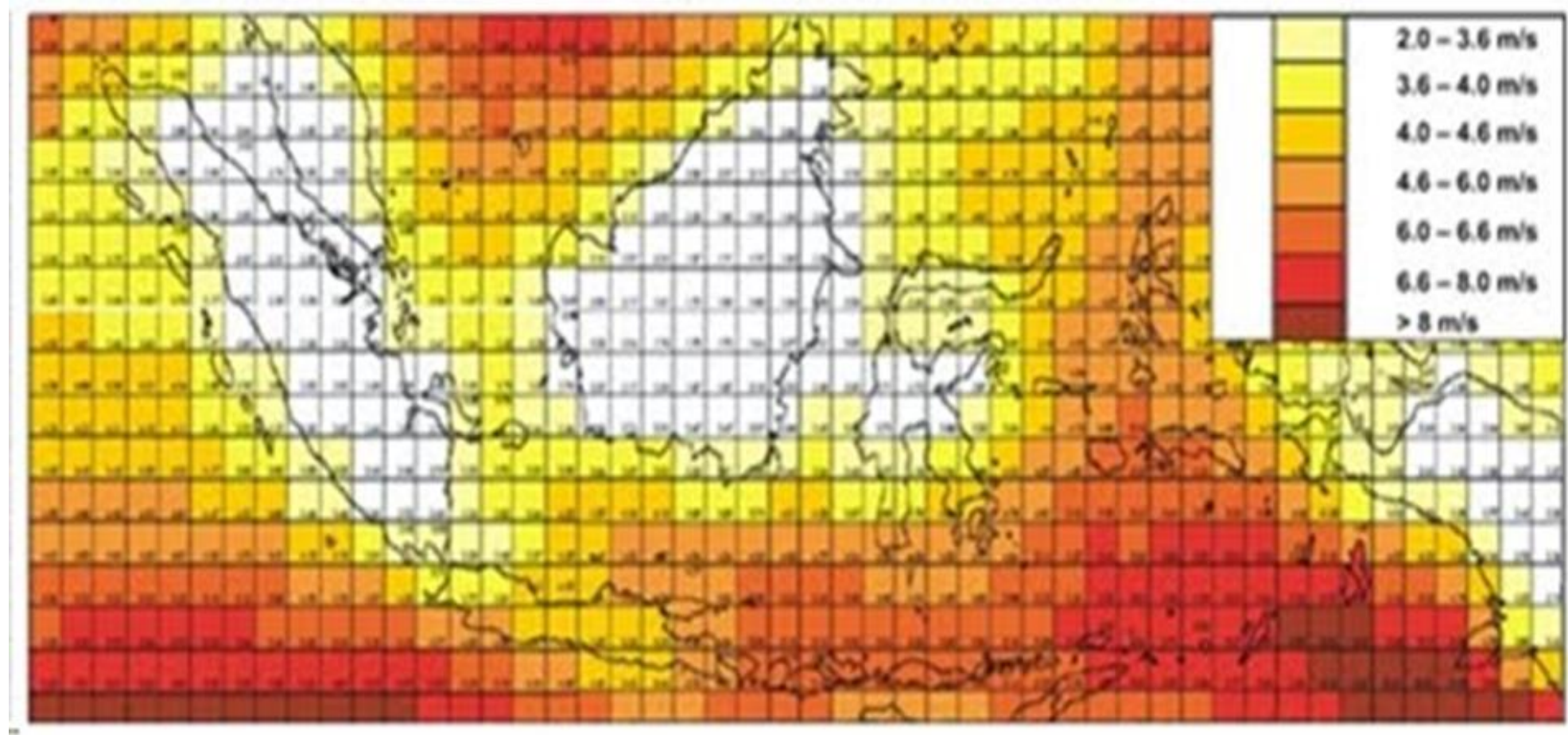
# Tabel Kekuatan Angin

Kekuatan Angin	Kecepatan Angin		Nama	Keterangan
Skala Beaufort	m/dt	km/jam		
0	0,0-0,5	0-1	angin reda	tiang asap tegak
1	0,6-1,7	2-6	angin sepoi-sepoi	tiang asap miring
2	1,8-3,3	7-12	angin lemah	daun-daun bergerak
3	3,4-5,2	13-18	angin sedang	ranting-ranting bergerak
4	5,3-7,4	19-26	angin tegang	dahan-dahan bergerak
5	7,5-9,8	27-35	angin keras	batang pohon bergerak
6	9,9-12,4	36-44	angin keras sekali	batang pohon bsr bergerak
7	12,5-15,2	45-54	angin ribut	dahan-dahan patah
8	15,3-18,2	55-65	angin ribut hebat	pohon-pohon kecil patah
9	18,3-21,5	66-77	angin badai	pohon-pohon besar patah
10	21,6-25,1	78-90	angin badai hebat	rumah-rumah roboh
11	25,2-29,0	91-104	angin taifun	benda berat berterbangan
12	29 ke atas	105 ke atas	angin taifun hebat	benda berat berterbangan hingga beberapa km

**Tabel kondisi angin**

<b>kelas angin</b>	<b>kecepatan angin m/d</b>	<b>kecepatan angin km/jam</b>	<b>Kecepatan angin knot/jam</b>
1	0.3 ~ 1.5	1 ~ 5.4	0.58 - 2.92
2	1.6 ~ 3.3	5.5 ~ 11.9	3.11 - 6.42
3	3.4 ~ 5.4	12.0 ~ 19.5	6.61 - 10.5
4	5.5 ~ 7.9	19.6 ~ 28.5	10.7 - 15.4
5	8.0 ~ 10.7	28.6 ~ 38.5	15.6 - 20.8
6	10.8 ~ 13.8	38.6 ~ 49.7	21 - 26.8
7	13.9 ~ 17.1	49.8 ~ 61.5	27.7 - 33.3
8	17.2 ~ 20.7	61.6 ~ 74.5	33.5 - 40.3
9	20.8 ~ 24.4	74.6 ~ 87.9	40.5 - 47.5
10	24.5 ~ 28.4	88.0 ~ 102.3	47.7 - 55.3
11	28.5 ~ 32.6	102.4 ~ 117.0	55.4 - 63.4
12	>32.6	>118	63.4

# POTENSI ANGIN



Peta diatas menunjukan besar potensi angin di Indonesia, bisa kita lihat bahwa daerah yang memiliki kecepatan angin yang signifikan adalah pulau NTT (Nusa Tenggara Timur) dengan kecepatan angin sekitar 8 - 8,6 m/s, pulau NTT dipilih sebagai lokasi pembangkit listrik tenaga angin karena sangat ideal.



# Wind Power Facts

**2**

# **PENGERTIAN DAN JENIS SOLAR ENERGI**

# TENAGA TURBIN/KINCIR ANGIN



- Pembangkit Listrik Tenaga Angin atau sering juga disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah salah satu pembangkit listrik energi terbarukan yang ramah lingkungan dan memiliki efisiensi kerja yang baik jika dibandingkan dengan pembangkit listrik energi terbarukan lainnya.
- Prinsip kerja PLTB adalah dengan memanfaatkan energi kinetik angin yang masuk ke dalam area efektif turbin untuk memutar baling-baling/kincir angin, kemudian energi putar ini diteruskan ke generator untuk membangkitkan energi listrik.

# Energi Angin



- Sebuah turbin angin mendapatkan tenaga masukan dengan cara mengubah gaya angin menjadi torsi (gaya putar) yang beraksi pada sudu rotor.
- Jumlah energi yang ditransferkan angin ke rotor tergantung pada berat jenis angin, luasan rotor dan kecepatan angin.
- Berdasarkan hukum newton II tentang gerak, sebuah benda yang bergerak dengan kecepatan tertentu akan mempunyai energi kinetik sebesar:

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

Jumlah massa dengan berat jenis  $\rho$  yang melewati suatu alasan A dalam satuan waktu dirumuskan :

$$m = \rho A v \dots\dots\dots(2)$$

Persaman 2 dapat ditulis menjadi :

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

dengan :

$E_k$  = daya kinetik angin (watt)

$m$  = massa udara (kg)

$\rho$  = berat jenis udara (kg/ m<sup>3</sup>)

$A$  = luasan udara (m<sup>2</sup> )

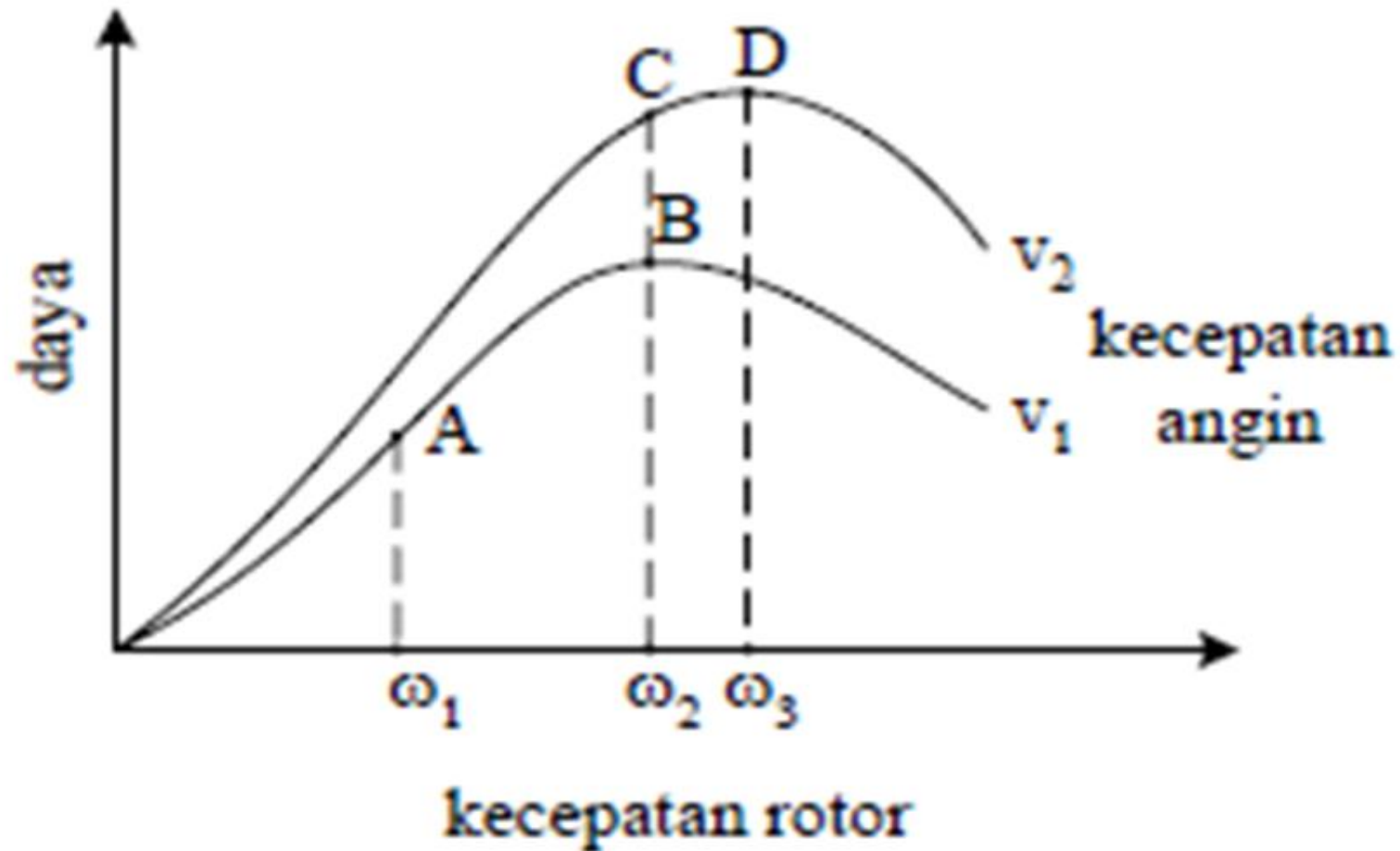
$v$  = kecepatan angin (m/s)

# Karakteristik Angin

Beberapa hal penting mengenai karakteristik angin yang perlu kita ketahui adalah Massa Jenis Angin.

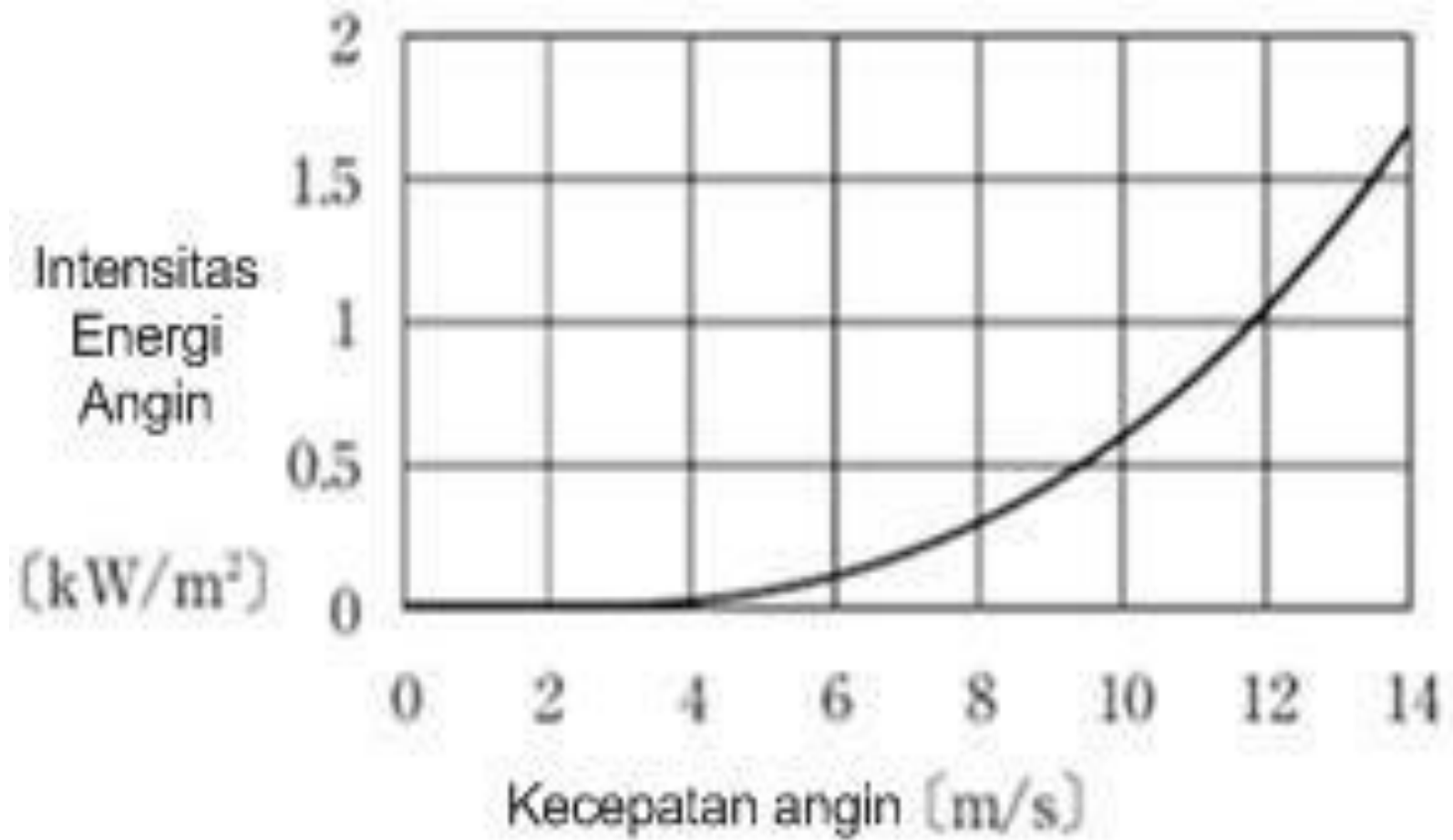
- Definisi dari density atau massa jenis angin adalah massa dari suatu fluida dalam satu satuan volume, atau  $\rho = m/v$ , lain, yaitu  $T$  (temperature) dan  $S$  (salinity: untuk kasus air laut).
- Kenaikan  $T$  memberikan kontribusi penurunan kerapatan pada sebuah *boundary* sistem yang seragam.
- Kerapatan udara kering yang diambil sebagai konstanta pada perhitungan daya keluaran sebuah pembangkit listrik tenaga angin adalah 1,225 kg/m<sup>3</sup>.

Kurva Hubungan antara kecepatan angin, kecepatan rotor turbin dan daya turbin angin.



Dari Gambar tersebut diketahui bahwa jika kecepatan angin  $v_1$  dan turbin beroperasi pada A (untuk kecepatan rotor  $\omega_1$ ), daya maksimal yang bisa diperoleh pada saat kecepatan angin  $v_1$  adalah pada titik kerja A. Sehingga agar daya yang dikonversi bisa maksimal, kecepatan rotor harus diubah menjadi  $\omega_2$  sehingga titik kerja turbin menjadi di titik B. Jika kemudian kecepatan angin berubah menjadi  $v_2$ , maka titik kerja turbin akan berpindah ke titik C. perpindahan titik kerja ini menyebabkan daya yang diperoleh menjadi tidak maksimal, daya akan maksimal dengan memindahkan titik kerja turbin angin dari titik C ke titik D dengan cara mengubah kecepatan rotor menjadi  $\omega_3$ . Hal ini menunjukkan bahwa untuk mendapatkan daya secara maksimal, kecepatan rotor harus berubah mengikuti perubahan dari kecepatan angin.

Kurva intensitas energi kinetik angin berdasarkan fungsi dari kecepatan angin.

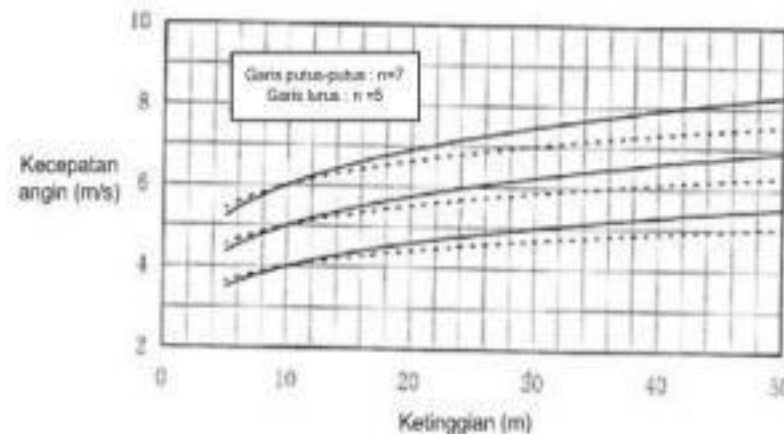


Tabel 1 menunjukkan besarnya nilai  $n$  sebagai faktor perbedaan jenis permukaan tanah yang mempengaruhi kecepatan angin.

Jenis permukaan tanah	$n$	$1/n$
Padang rumput datar	7 ~ 10	0.10 ~ 0.14
Pesisir pantai	7 ~ 10	0.10 ~ 0.14
Sawah dan perkebunan	4 ~ 6	0.17 ~ 0.25
Daerah perkotaan	2 ~ 4	0.25 ~ 0.50

Nilai  $n$  di ambil dari jenis permukaan tanah

Gambar 3 menunjukkan hasil perhitungan kecepatan angin berdasarkan ketinggian, dengan garis putus-putus menggunakan asumsi  $n = 7$ , sedangkan garis lurus dengan asumsi  $n = 5$ .

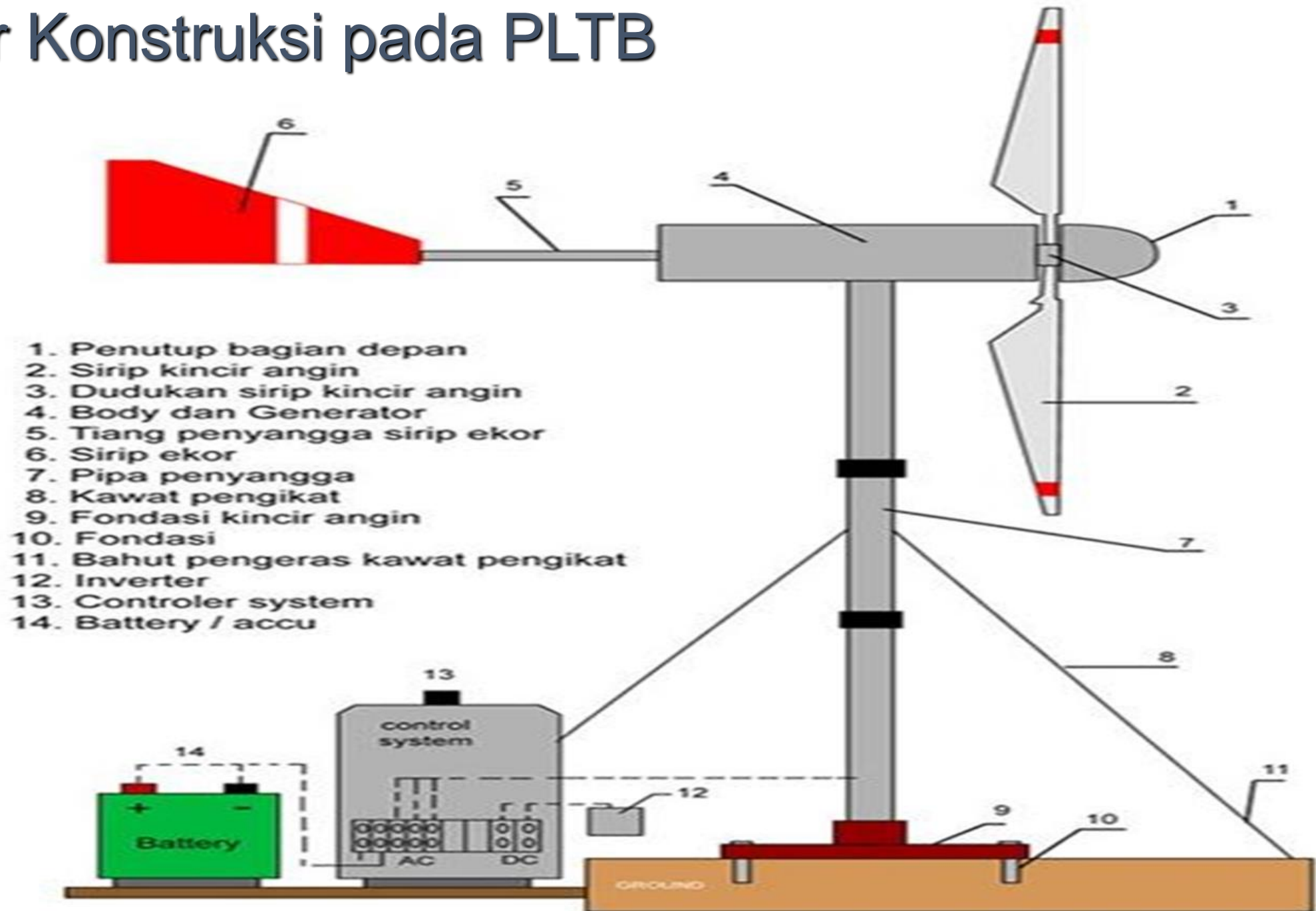


**Gambar 3** Kecepatan angin berdasarkan ketinggiannya dari permukaan tanah

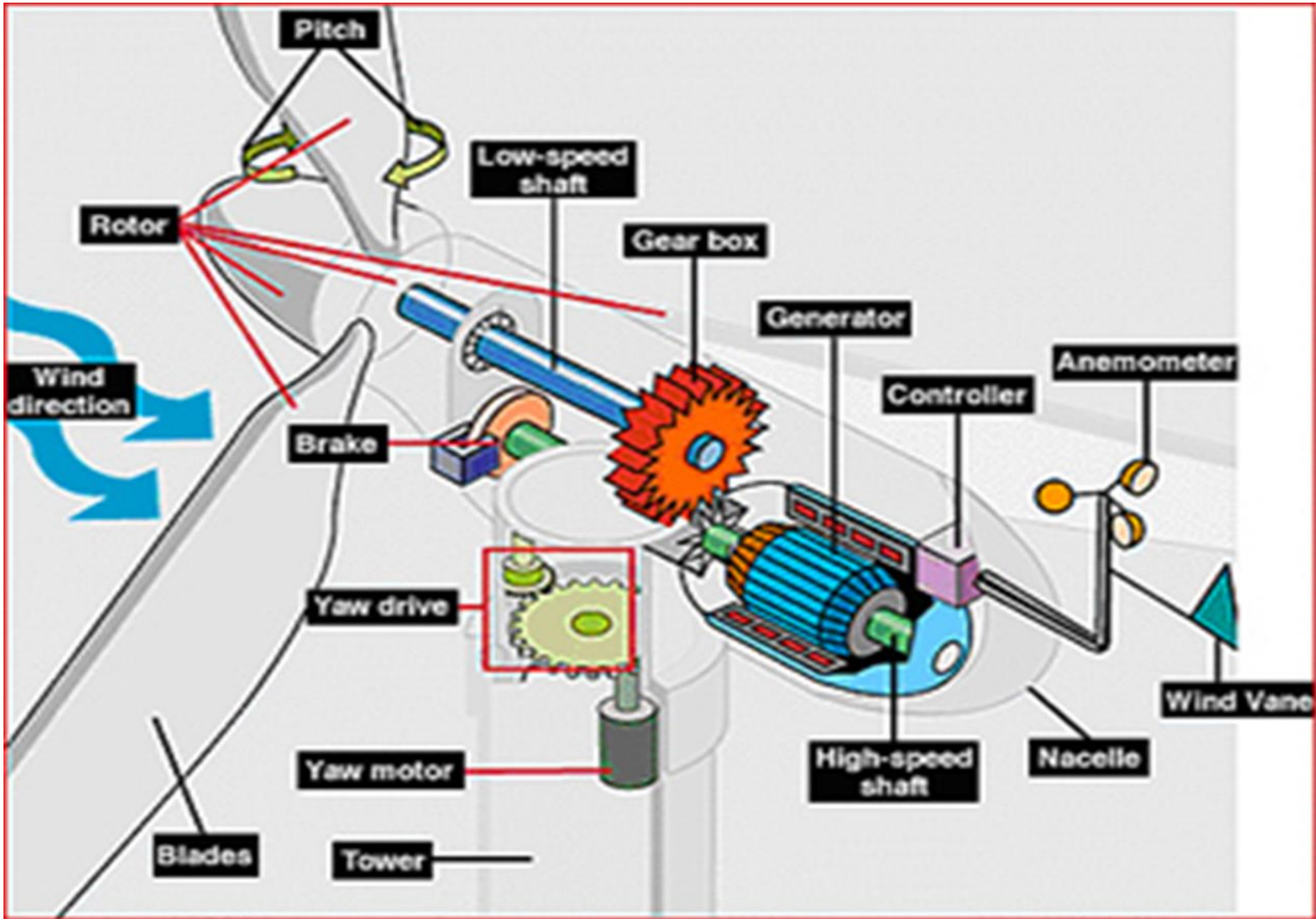
3

## **KOMPONEN TURBIN ANGIN**

# Gambar Konstruksi pada PLTB



# Gambar Komponen





- **Blades (Bilah Kipas)**

Kebanyakan turbin angin mempunyai 2 atau 3 bilah kipas, angin yang menghembus menyebabkan turbin tersebut berputar.

- **Pitch (Sudut Bilah Kipas)**

Bilah kipas bisa diatur sudutnya untuk mengatur kecepatan rotor yang dikehendaki, tergantung angin terlalu rendah atau terlalu kencang.

- **Rotor**

Bilah kipas bersama porosnya

- **Low-speed shaft (Poros Putaran Rendah)**

Poros turbin yang berputar kira-kira 30-60 rpm.

- **Gear box (Roda Gigi)**

Alat ini berfungsi untuk mengubah putaran rendah pada kincir menjadi putaran tinggi.



- **Sistem Pengereman (Brake)**

Digunakan untuk menjaga putaran pada poros setelah gearbox agar bekerja pada titik aman saat terdapat angin yang besar. Alat ini perlu dipasang karena generator memiliki titik kerja aman dalam pengoperasiannya. Kehadiran angin diluar batas kemampuannya akan menyebabkan kerusakan pada generator.

- **Generator**

Generator adalah devais utama dalam pembuatan sistem turbin angin. Generator berfungsi untuk mengubah energigerak menjadi energi listrik. Prinsip kerjanya dapat dipelajari dengan menggunakan teori medan elektromagnetik.

- **High-speed shaft ( Poros Putaran Tinggi)**

Berfungsi untuk menggerakkan generator.

- **Controller (Alat Pengontrol)**

Alat pengontrol ini menstart turbin pada kecepatan angin kira-kira 12-25 km/jam , dan mematikannya pada kecepatan 90 km/jam. Turbin tidak beroperasi di atas 90 km/jam, karena angin terlalu kencang dan dapat merusaknya.



- **Anemometer**  
Mengukur kecepatan angin, dan mengirim data angin ini ke alat pengontrol.
- **Wind vane (Tebeng Angin)**  
Mengukur arah angin, berhubungan dengan penggerak arah yang memutar arah turbin disesuaikan dengan arah angin.
- **Nacelle (Rumah Mesin)**  
Rumah mesin ini terletak di atas menara .Di dalamnya berisi gear-box, poros putaran tinggi / rendah, generator, alat pengontrol, dan alat pengereman.
- **Yaw drive (Penggerak Arah)**  
Penggerak arah memutar turbin ke arah angin untuk desain turbin yang menghadap angin. Untuk desain turbin yang mendapat hembusan angin dari belakang tak memerlukan alat ini.
- **Yaw motor (Motor Penggerak Arah)**  
Motor listrik yang menggerakkan penggerak arah.
- **Tower**  
Konstruksi yang digunakan sebagai penyangga komponen turbin bagian atas seperti rotor, tail, transmisi, dan generator.Menara bisa dibuat dari pipa baja, beton, rangka besi. Karena kencangnya angin bertambah dengan ketinggian, maka makin tinggi menara makin besar tenaga yang didapat.

# WIND TURBINE



[www.LearnEngineering.org](http://www.LearnEngineering.org)

A **YouTube** PARTNER...

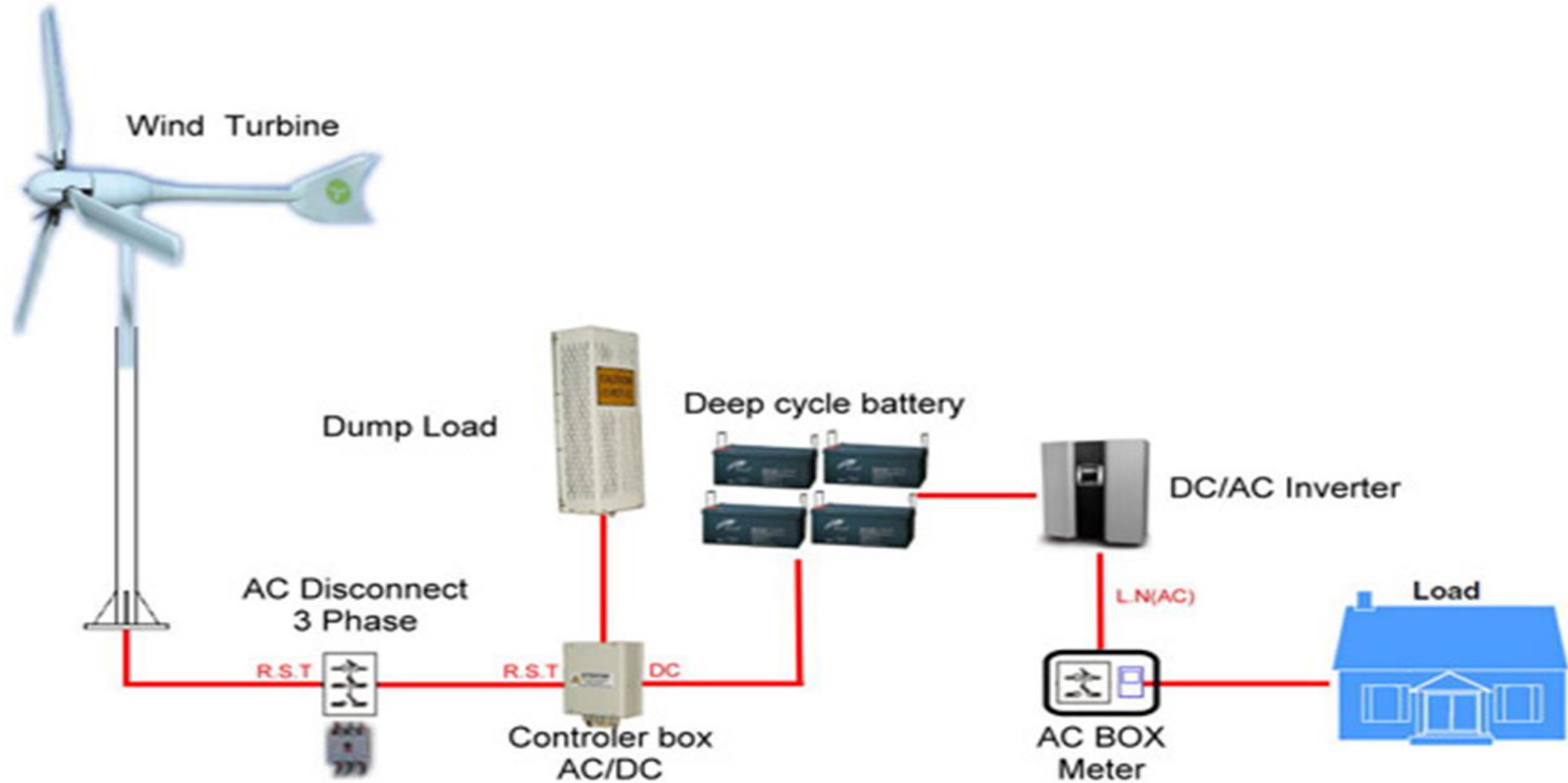
# What's inside a wind turbine?

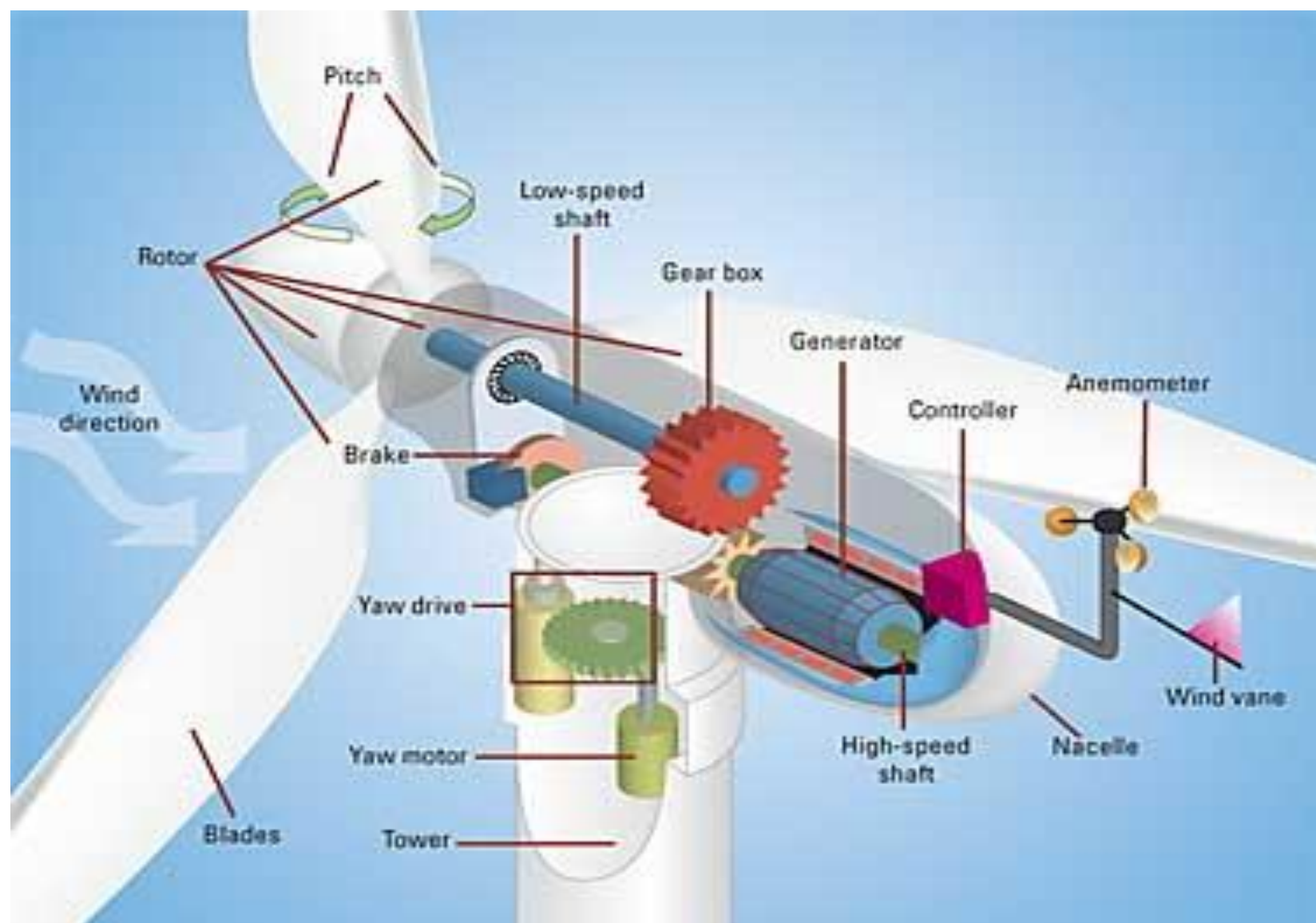


**4**

## **CARA KERJA SISTEM ELEKTIRK**

# Flow Diagram







# Cara Kerja Turbin Angin

- Pembangkit Listrik Tenaga Angin mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin.
- Cara kerjanya cukup sederhana, energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibagian belakang turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik.
- Energi Listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan.

# Sub Sistem turbin angin :

1. Gearbox  
Alat ini berfungsi untuk mengubah putaran rendah pada kincir menjadi putaran tinggi
2. Brake System  
digunakan untuk menjaga putaran pada poros agar bekerja pada titik aman saat terdapat angin yang besar.
3. Generator  
Berfungsi untuk mengubah energi gerak menjadi energi listrik
4. Penyimpan energi  
Karena keterbatasan ketersediaan akan energi angin (tidak sepanjang hari angin akan selalu tersedia) maka ketersediaan listrik pun tidak menentu. Oleh karena itu digunakan alat penyimpan energi yang berfungsi sebagai back-up energi listrik
5. Rectifier-inverter  
Rectifier berarti penyearah. Rectifier dapat menyearahkan gelombang sinusoidal(AC) yang dihasilkan oleh generator menjadi gelombang DC

Perhitungan daya yang dapat dihasilkan oleh sebuah turbin angin dengan diameter kipas  $r$  :

$$P = \frac{1}{2} \rho \pi R^2 v^3$$

$\rho$  = kerapatan angin pada waktu tertentu

$v$  = kecepatan angin pada waktu tertentu

### 3.1 Kincir Angin

Secara umum kincir angin dapat di bagi menjadi 2, yaitu kincir angin yang berputar dengan sumbu horizontal, dan yang berputar dengan sumbu vertikal.

#### ■ Baling-baling yang berputar secara horizontal-axis



A. Multi-blade



B. Sail wing



C. Tipe Belanda



D. Propeller

#### ■ Baling-baling yang berputar secara vertikal-axis



1. Cross-flow



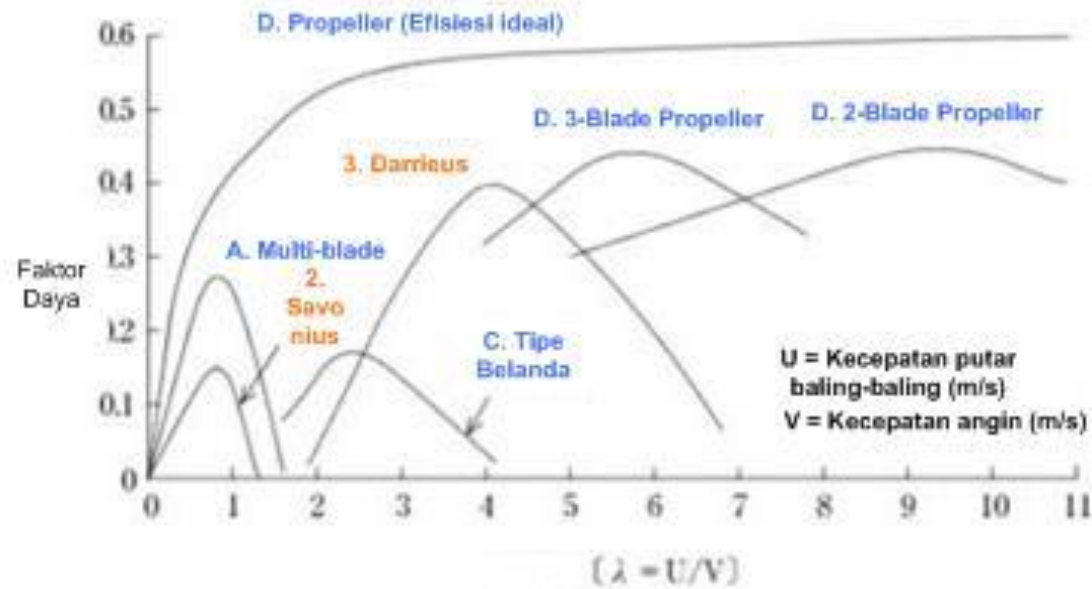
2. Savonius



3. Darrieus



4. Giromill



Gambar 6 Karakteristik kincir angin

Sedangkan gambar 6 menunjukkan karakteristik setiap kincir angin sebagai fungsi dari kemampuannya untuk mengubah energi kinetik angin menjadi energi putar turbin untuk setiap kondisi kecepatan angin. Dari gambar 5 dapat disimpulkan bahwa kincir angin jenis *multi-blade* dan *Savonius* cocok digunakan untuk aplikasi PLTB kecepatan rendah. Sedangkan kincir angin tipe *Propeller*, paling umum digunakan karena dapat bekerja dengan lingkup kecepatan angin yang luas.

## 3.2 Gearbox

Alat ini berfungsi untuk mengubah putaran rendah pada kincir menjadi putaran tinggi. Biasanya *Gearbox* yang digunakan sekitar 1:60.

## 3.3 Brake System

Alat ini diperlukan saat angin berhembus terlalu kencang yang dapat menimbulkan putaran berlebih pada generator. Dampak dari kerusakan akibat putaran berlebih diantaranya : *overheat*, rotor *breakdown*, terjadi arus lebih pada generator.

### 3.4 Generator

Ada berbagai jenis generator yang dapat digunakan dalam sistem turbin angin, antara lain generator serempak (*synchronous generator*), generator tak-serempak (*unsynchronous generator*), rotor sangkar maupun rotor belitan ataupun generator magnet permanen.

Penggunaan generator serempak memudahkan kita untuk mengatur tegangan dan frekuensi keluaran generator dengan cara mengatur-atur arus medan dari generator. Sayangnya penggunaan generator serempak jarang diaplikasikan karena biayanya yang mahal, membutuhkan arus penguat dan membutuhkan sistem kontrol yang rumit.

Generator tak-serempak sering digunakan untuk sistem turbin angin dan sistem mikrohidro, baik untuk sistem *fixed-speed* maupun sistem *variable speed*.

### 3.5 Penyimpan energi

Pada sistem *stand alone*, dibutuhkan baterai untuk menyimpan energi listrik berlebih yang dihasilkan turbin angin. Contoh sederhana yang dapat dijadikan referensi sebagai alat penyimpan energi listrik adalah aki mobil. Aki 12 volt, 65 Ah dapat dipakai untuk mencatu rumah tangga selama 0.5 jam pada daya 780 watt.

**5**

## **FAKTOR PENGARUH TURBIN ANGIN**

# KRITERIA YANG HARUS DIPENUHI

- ☐ Kecepatan angin
- ☐ Kestabilan angin

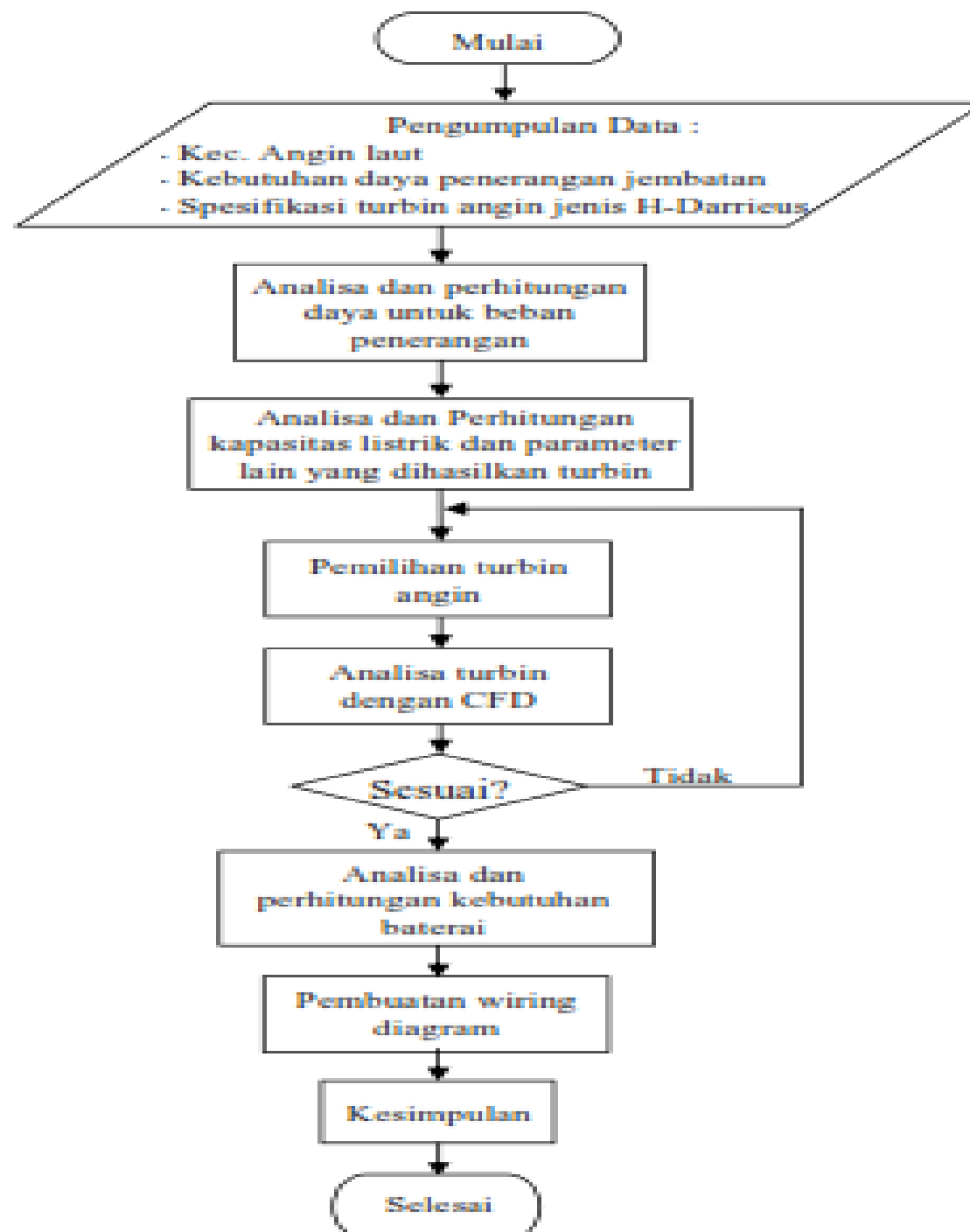
- Kecepatan angin yang diharapkan biasanya berkisar antara 2 hingga 17 m/s dan konstan.
- Jika terlalu pelan, listrik yang dihasilkan tidak terlalu besar. Bahkan turbin sendiri tidak dapat berputar.
- Tapi jika terlalu besar, maka bisa merusak ataupun malah menumbangkan turbin itu sendiri.

Tingkat Kecepatan Angin 10 meter di atas permukaan Tanah		
Kelas Angin	Kecepatan Angin m/d	Kondisi Alam di Daratan
1	0.00 ~ 0.02	_____
2	0.3 ~ 1.5	angin tenang,Asap lurus ke atas.
3	1.6 ~ 3.3	<b>asap bergerak mengikuti arah angin</b>
4	3.4 ~ 5.4	<b>wajah terasa ada angin, daun2 bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak</b>
5	5.5 ~ 7.9	<b>debu jalan, kertas beterbangan, ranting pohon bergoyang.</b>
6	8.0 ~ 10.7	<b>ranting pohon bergoyang, bendera berkibar.</b>
7	10.8 ~ 13.8	<b>ranting pohon besar bergoyang, air plumpang berombak kecil</b>
8	13.9 ~ 17.1	<b>Ujung pohon melengkung,hembusan angin terasa di telinga</b>
9	17.2 ~ 20.7	dpt mamatahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin
10	20.8 ~ 24.4	dpt mematahkan ranting pohon, rumah rubuh
11	24.5 ~ 28.4	dpt merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	28.5 ~ 32.6	menimbulkan kerusakan parah
13	32.7 ~ 36.9	tornado

Angin kelas 3 adalah batas minimum dan angin kelas 8 adalah batas maksimum energi angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

6

## **PERENCANAAN PANEL SURYA**



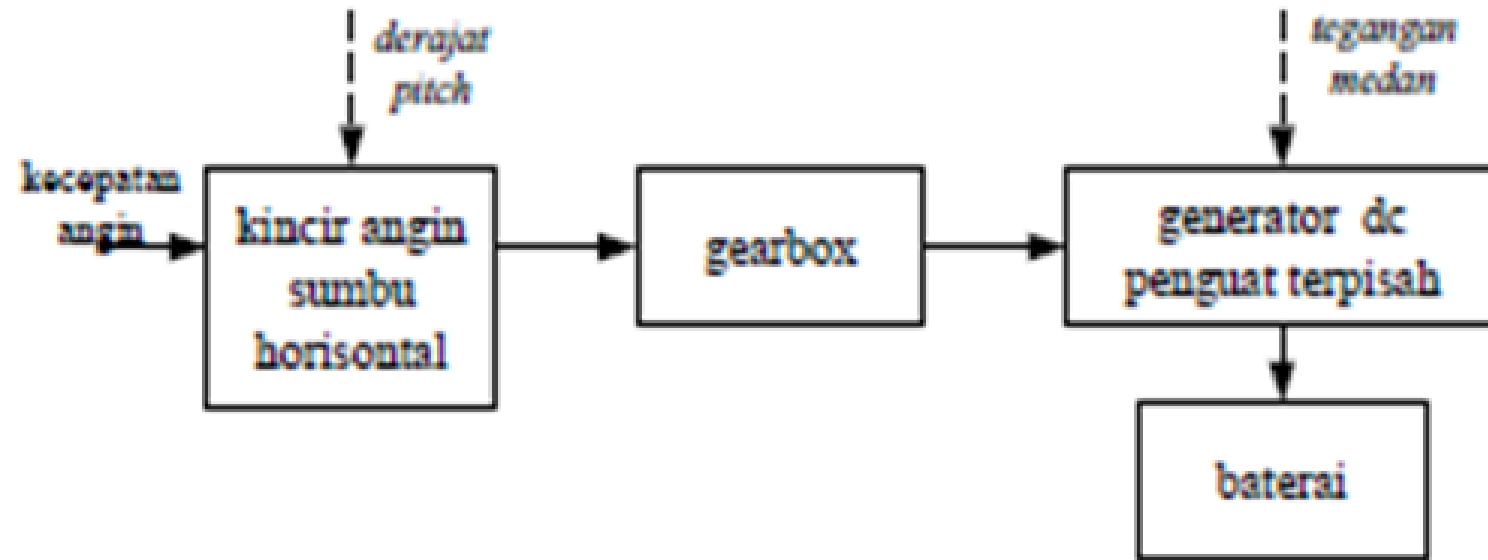
# Merancang Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin)

## 1. Konsep Perancangan

Pembangkit listrik tenaga angin secara garis besar di bagi menjadi dua berdasarkan posisi poros utamanya yaitu turbin angin dengan poros horizontal atau Horizontal Axil Wind Turbin (HAWT) dan turbin angin dengan poros vertical atau Vertical Axis Wind Turbine (VAWT).

Pada perancangan ini, sistem turbin angin yang dimisalkan adalah jenis Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) yang tersusun dari kincir angin, gearbox, generator dc dan baterai seperti pada Gambar dibawah ini, menunjukkan diagram fungsional sistem turbin angin dengan sumbu horisontal.

Gambar Sistem Turbin Angin Dengan Sumbu Horizontal



## 2. Spesifikasi design

Energi Listrik Yang dibutuhkan sebesar 20.000 Watt atau setara dengan 20 kW. Jika rumah penduduk dipasoki energy listrik sebesar 900 watt maka akan terpenuhi kira-kira 20 rumah, sangat cocok digunakan untuk daerah-daerah terpencil.

## 3. Defenisi Komponen

Komponen-komponen yang dibutuhkan dalam pembangkit ini adalah :

- Bangunan Sipil : Bangunan pendukung untuk sebuah pembangkit
- Turbin Angin
  - ❖ Rotor : Bilah kipas bersama porosnya
  - ❖ Blades : Bilah kipas/sirip kipas
  - ❖ Gearbox : Untuk mentransmisikan daya dari poros utama ke generator
  - ❖ Generator : Mengubah energi mekanik menjadi energi listrik
  - ❖ Brake : Sistem pengereman

# Menghitung daya angin

## Daya Total

Daya total aliran angin adalah sebanding dengan tenaga kinetik aliran udara:

$$P_{\text{total angin}} = m \text{ KE}_i = m \frac{v_i^2}{2 g_c}$$

Massa aliran udara per detik dapat dihitung dengan persamaan:

$$m = \rho A V_i$$

Dimana:

$\rho$  = massa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)

A = luas penampang turbin (m<sup>2</sup>)

Sehingga didapatkan:

$$P_{\text{tot}} = \frac{1}{2 g_c} \rho A V_i^3$$

Dimana :

$P_{tot}$  = daya total aliran udara (watt)

$g_c$  = faktor konversi (1.0 Kg/Ns<sup>2</sup>)

$\rho$  = massa jenis udara (1.2 Kg/m<sup>3</sup>)

$A$  = luas penampang turbin (m<sup>2</sup>)

$V_i$  = kecepatan angin (m/s)

### **DAYA MAKSIMUM**

Daya maksimum angin (watt) yang dapat d

$$P_{\max} = \frac{8}{27} \rho A V_i^3$$

linyatakan dengan persamaan:

## **DAYA NYATA**

Daya nyata adalah daya yang dapat dimanfaatkan oleh turbin untuk dijadikan sebuah energi baru. Daya ini dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$P = \eta \frac{1}{2g_c} \rho A V_i^3$$

## **TORSI**

Pada semua benda yang berputar selalu terdapat torsi, yaitu gaya yang menyebabkan sebuah tetap dapat berputar pada kecepatan putarnya. Besarnya torsi dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{\pi \times D \times P_{tot}}{v}$$

Dimana :

T = torsi (Nm)

P = daya (watt)

D = diameter poros (m)

v = kecepatan angin (m/s)

$\pi = 3.14$

### **Jumlah Turbin Terpasang (N)**

Harga N merupakan pembulatan dari n. untuk mendapatkan n, terlebih dahulu dihitung besarnya daya yang dihasilkan turbin kemudian dibagi dengan daya masing-masing turbin akibat kecepatan angin. Persamaan yang digunakan adalah:

$$n = \frac{P}{P_{nyata}}$$

P = beban tiap zona (watt)

P<sub>nyata</sub> = daya turbin (watt)

## **BATERAI**

Baterai adalah alat listrik-kimiawi yang menyimpan energy dan mengeluarkannya dalam bentuk listrik. Baterai terdiri dari tiga komponen penting, yaitu :

- Batang karbon sebagai anoda (kutub positif baterai)
- Seng (Zn) sebagai katoda (kutub negative baterai)
- Pasta sebagai elektrolit (penghantar)

Kapasitas yang diperlukan :

$$n_Q = \frac{Q_{\text{tot}}}{Q_{\text{batt}}}$$

Setelah kapasitas total diketahui, maka untuk selanjutnya dilakukan analisa pemilihan baterai yang terdapat dipasaran. Parameter yang digunakan untuk memilih baterai adalah besarnya kapasitas (ampere hour) serta tegangan. Persamaan yang digunakan untuk menentukan jumlah baterai adalah :

Kebutuhan baterai untuk pemenuhan kapasitas :

$$Q_{tot} = \frac{P \times t}{V_{charger}}$$

Dimana :

nQ = jumlah baterai untuk pemenuhan kapasitas

Q<sub>batt</sub> = kapasitas baterai yang digunakan (Ah)

Q<sub>tot</sub> = kapasitas total baterai (Ah)

P = daya tiap zona (watt)

t = waktu penggunaan (jam)

V<sub>charger</sub> = tegangan dc dipakai (volt)

Kebutuhan baterai untuk pemenuhan tegangan :

$$n_v = \frac{V_{charger}}{V_{batt}}$$

Dimana:

n<sub>v</sub> = jumlah baterai

V<sub>batt</sub> = tegangan baterai (volt)

Total Kebutuhan baterai :

$$n = n_Q \times n_v$$

Dimana:

n = jumlah total baterai

$\rho$

Dalam perhitungan perancangan PLTB yang mengasumsikan daya sebesar 20 kw

Diketahui :  $V_i = 8,6 \text{ m/s}$

$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

$A = 7 \text{ m}^2$

Nama zat	$\rho$ dalam $\text{kg/m}^3$	$\rho$ dalam $\text{gr/cm}^3$
Air (4 derajat Celcius)	1.000 $\text{kg/m}^3$	1 $\text{gr/cm}^3$
Alkohol	800 $\text{kg/m}^3$	0,8 $\text{gr/cm}^3$
Air raksa	13.600 $\text{kg/m}^3$	13,6 $\text{gr/cm}^3$
Aluminium	2.700 $\text{kg/m}^3$	2,7 $\text{gr/cm}^3$
Besi	7.900 $\text{kg/m}^3$	7,9 $\text{gr/cm}^3$
Emas	19.300 $\text{kg/m}^3$	19,3 $\text{gr/cm}^3$
Kuningan	8.400 $\text{kg/m}^3$	8,4 $\text{gr/cm}^3$
Perak	10.500 $\text{kg/m}^3$	10,5 $\text{gr/cm}^3$
Platina	21.450 $\text{kg/m}^3$	21,45 $\text{gr/cm}^3$
Seng	7.140 $\text{kg/m}^3$	7,14 $\text{gr/cm}^3$
Udara (27 derajat Celcius)	1,2 $\text{kg/m}^3$	0,0012 $\text{gr/cm}^3$
Es	920 $\text{kg/m}^3$	0,92 $\text{gr/cm}^3$

## 1. Daya total angin

Daya total aliran angin adalah sebanding dengan tenaga kinetik aliran udara:

$$P_{\text{tot}} = \frac{1}{2 \cdot g_c} \cdot \rho \cdot A \cdot V_i^3$$

$$\begin{aligned} P_{\text{tot}} &= \frac{1}{2 \cdot 1,0} \cdot 1,2 \cdot 7 \cdot (8,6)^3 \\ &= 2671,43 \text{ w} \end{aligned}$$

## 2. Daya maksimal kincir

Daya maksimum angin (watt) yang dapat diserap oleh sudu rotor dapat dinyatakan dengan persamaan

$$P_{\max} = \frac{18}{27} \cdot \rho \cdot A \cdot V_i^3$$

$$\begin{aligned} P_{\max} &= \frac{18}{27} \cdot 1,2 \cdot 7 \cdot (8,6)^3 \\ &= 1522,72 \text{ w} \end{aligned}$$

### 3.Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{\max}}{P_{\text{tot}}}$$
$$= \frac{1522,72}{2671,43}$$
$$= 0,57$$

#### 4. Daya nyata

Daya nyata adalah daya yang dapat dimanfaatkan oleh turbin untuk dijadikan sebuah energi baru. Daya ini dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$P_{\text{nyata}} = \eta \frac{1}{2 \cdot g_c} \cdot \rho \cdot A \cdot V_i^3$$

$$\begin{aligned} P_{\text{nyata}} &= 0,57 \frac{1}{2 \cdot 1,0} \cdot 1,2 \cdot 7 \cdot (8,6)^3 \\ &= 1522,72 \text{ w} \end{aligned}$$

## 5.Torsi

Pada semua benda yang berputar selalu terdapat torsi, yaitu gaya yang menyebabkan sebuah tetap dapat berputar pada kecepatan putarnya. Besarnya torsi dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\begin{aligned} T &= \frac{P}{\omega} = \frac{\pi \cdot D \cdot P_{tot}}{v} \\ &= \frac{3,14 \cdot 3.2671,43}{8,6} = 2926,14 \text{ Nm} \end{aligned}$$

## 6. Jumlah turbin terpasang

Harga N merupakan pembulatan dari n. untuk mendapatkan n, terlebih dahulu dihitung besarnya daya yang dihasilkan turbin kemudian dibagi dengan daya masing-masing turbin akibat kecepatan angin. Persamaan yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned} n &= \frac{P}{P_{nyata}} \\ &= \frac{20000}{1522,72} \\ &= 13,13 \approx 13 \end{aligned}$$

## 7. Perhitungan baterai yang digunakan

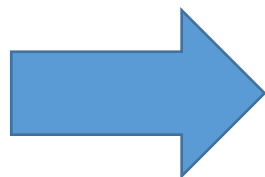
Baterai adalah alat listrik-kimiawi yang menyimpan energy dan mengeluarkannya dalam bentuk listrik. Baterai terdiri dari tiga komponen penting, yaitu :

- Batang karbon sebagai anoda (kutub positif baterai)
- Seng (Zn) sebagai katoda (kutub negative baterai)
- Pasta sebagai elektrolit (penghantar)

$$Q = \frac{p * t}{V_{\text{charger}}}$$
$$Q = \frac{1522,72 * 2}{24}$$
$$= 126,893 \text{ Ah}$$

**7**

**APLIKASI PANEL SURYA**



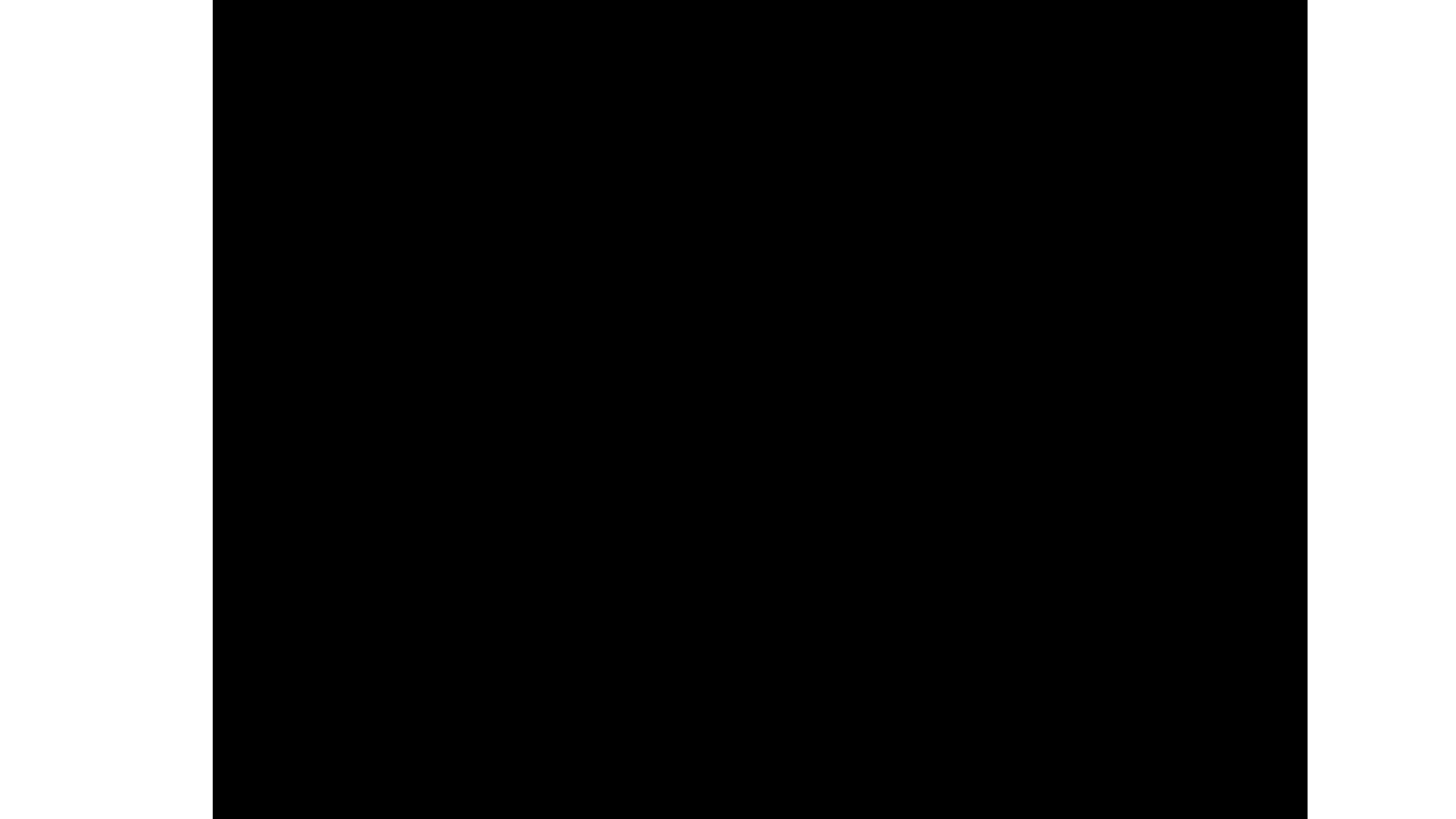
Daya	50W pada 4 m/s, 100W pada 6 m/s, 150W pada 8 m/s
Tegangan pengisian aki	12V/24V DC
Mulai menghasilkan listrik	2,5 m/s
Diameter rotor	1,12 m
Jenis generator	PMG
Jumlah bilah sudu	6
Bahan bilah sudu	Glass reinforced polypropylene
Proteksi putaran berlebihan	Elektronik
Bobot	10,5 kg
Lain-lain	

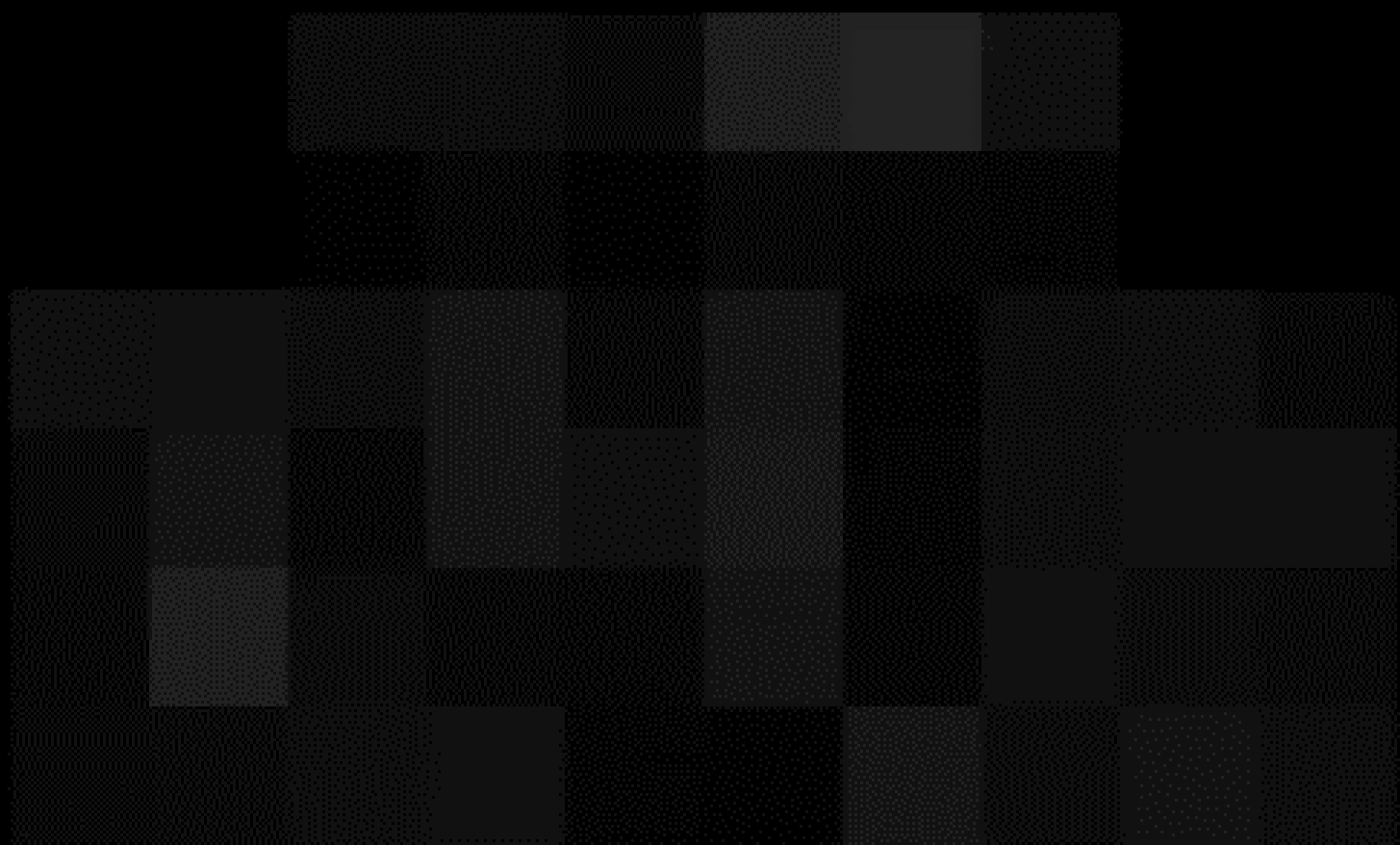
# Turbin Angin di Bandung



# Turbin Angin untuk Pompa Air di Jogjakarta













**Designed Vadym Volos**





Baju Arie Wibawa, ST, MT.  
Kaprodri Arsitektur  
Fakultas Teknik  
Universitas PGRI Semarang  
E-mail: *bayu.ariwibawa@gmail.com*

Terima kasih