

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Sebelum melakukan proses perancangan, pembuatan dan pengujian, tentunya harus diawali dengan melakukan pendekatan pemecahan masalah. Pendekatan pemecahan masalah tersebut merupakan dasar yang dijadikan acuan dalam melakukan proses Rancang Bangun Turbin Angin *Savonius* Untuk Aerator Tambak Udang. Dengan kata lain pendekatan pemecahan masalah merupakan dasar teori yang didapat dari beberapa sumber yang berisi bahasan yang berkaitan dan dapat dijadikan pemecah masalah.

2.1 Tambak

Istilah budidaya perairan berasal dari bahasa Inggris "*Aquaculture*" yang berarti pengusaha budidaya organisme akuatik termasuk udang, ikan, moluska dan tumbuhan akuatik. Kegiatan budidaya menyiratkan semacam intervensi dalam proses pemeliharaan untuk meningkatkan produksi seperti penebaran yang teratur, pemberian pakan, perlindungan terhadap pemangsa (*predator*) pencegahan terhadap serangan penyakit dan sebagainya (Pusat Riset Perikanan Budidaya, 2001). Kegiatan budidaya dapat dilaksanakan di lingkungan air payau, air tawar dan air laut. Pemilihan jenis (*spesies*) tertentu akan berkaitan langsung dengan lingkungan perairan sebagai habitat dari spesies yang dipelihara. Tambak dalam budidaya udang adalah kolam buatan, biasanya di daerah pantai, yang diisi air dan dimanfaatkan sebagai sarana budidaya perairan. Hewan yang dibudidayakan adalah hewan air, terutama udang, ikan, serta kerang. Penyebutan "Tambak" ini biasanya dihubungkan dengan air payau atau air laut. Kolam yang berisi air tawar biasanya disebut kolam saja atau empang. Tambak merupakan salah satu jenis habitat yang dipergunakan sebagai tempat untuk kegiatan budidaya air payau yang berlokasi di daerah pesisir. Secara umum tambak biasanya dikaitkan langsung dengan pemeliharaan udang, walaupun sebenarnya masih banyak spesies yang dapat dibudidayakan di tambak misalnya ikan, kerang dan sebagainya. Tetapi tambak lebih dominan digunakan untuk kegiatan budidaya udang. Udang merupakan

produk perikanan yang memiliki nilai ekonomis tinggi berorientasi ekspor. Tingginya harga udang cukup menarik perhatian para pengusaha untuk terjun dalam usaha budidaya tambak udang. Para pengusaha dibidang lainnya sebelumnya tidak pernah terjun dalam usaha budidaya tambak udang secara beramai-ramai membuka lahan baru tanpa memperhitungkan aturan-aturan yang berkenaan dengan kelestarian lingkungan sehingga menimbulkan masalah. Masalah yang menonjol adalah terjadinya degradasi lingkungan pesisir akibat dari pengelolaan yang tidak benar, penurunan mutu lingkungan pesisir akibat membawa dampak yang sangat serius terhadap produktivitas lahan bahkan sudah sampai ancaman terhadap kelangsungan hidup kegiatan budidaya tambak udang. Permasalahan yang dihadapi oleh para petambak udang saat ini sangat kompleks, antara lain penurunan produksi yang disebabkan oleh berbagai penyakit, adanya berbagai pungutan liar di jalan sampai pada harga udang yang tidak stabil. Semuanya ini merupakan dilematis bagi para petambak, pada hal potensi sumberdaya alam pesisir yang dapat digarap untuk dimanfaatkan sebagai tambak udang masih cukup besar. Timbulnya permasalahan tersebut disebabkan oleh pengelolaan kawasan pesisir yang tidak benar.

2.2 Aerasi

Prinsip kerja *aerasi* adalah penambahan oksigen ke dalam air sehingga oksigen terlarut di dalam air akan semakin tinggi dengan cara memperluas areal permukaan yang kontak dengan udara, mencampur air dengan udara atau bahan lain sehingga air yang beroksigen rendah kontak dengan oksigen atau udara, mencampurkan air yang beroksigen rendah. Aerasi termasuk pengolahan secara fisika, karena lebih mengutamakan unsur mekanisme dari pada unsur biologi. Prinsip kerjanya adalah membuat kontak antara air dan oksigen. Banyak teknologi yang telah diterapkan oleh para ahli, mulai dari yang sederhana sampai yang paling canggih. Penambahan oksigen kedalam air melalui beberapa tahap antara lain sebagai berikut : 1. Transfer oksigen ke gas liquid interface atau gas (udara ini menyentuh lapisan permukaan air). 2. Gas atau oksigen memotong pada permukaan film (lapisan air). 3. Gas atau oksigen masuk kedalam badan air.

2.3 Energi Angin

Angin merupakan udara yang bergerak disebabkan adanya perbedaan tekanan udara. Udara akan mengalir dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Perbedaan tekanan udara disebabkan oleh perbedaan suhu udara akibat pemanasan atmosfer yang tidak merata oleh sinar matahari. Daerah yang banyak terkena paparan sinar matahari akan memiliki temperatur yang lebih tinggi daripada daerah yang sedikit terkena paparan sinar matahari. Menurut hukum gas ideal, temperatur berbanding terbalik dengan tekanan, dimana temperatur yang tinggi akan memiliki tekanan yang rendah, sedangkan temperatur yang rendah akan memiliki tekanan yang tinggi.

Energi angin merupakan energi terbarukan yang sangat fleksibel. Energi dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan misalnya pemompaan air untuk irigasi, pembangkit listrik, pengeringan atau pencacah hasil panen, pendingin ikan pada perahu-perahu nelayan, penggerak aerator untuk tambak udang/ikan dan lain-lain. Selain itu, pemanfaatan energi angin dapat dilakukan dimana-mana, baik di daerah landai maupun dataran tinggi, bahkan dapat diterapkan di laut.

Pemanfaatan energi angin selain dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, diharapkan juga meningkatkan produktifitas masyarakat pertanian. Walaupun pemanfaatan energi angin dapat dimana saja, daerah-daerah yang memiliki potensi energi angin ini lebih kompetitif dibandingkan dengan energi alternatif lainnya. Oleh karena itu studi potensi pemanfaatan energi angin ini sangat tepat dilakukan guna mengidentifikasi daerah-daerah berpotensi.¹⁷ Udara yang memiliki massa (m) dan kecepatan (v) akan menghasilkan energi kinetik sebesar:

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \text{ (watt) } \dots\dots\dots(2.1)^4$$

¹⁷Permana Edo, Rancang Bangun Pembangkit Tenaga Angin, 2012: Palembang. Hal. 05.

⁴<http://gurumuda.wordpress.com/2012/11/21/rumus-energi-kinetik/> (akses 16 juni 2020)

Dimana:

E_k = energi kinetik (watt)

\dot{m} = laju alir massa (kg/sec)

v = kecepatan angin (m/s)

Volume udara per satuan waktu (debit) yang bergerak dengan kecepatan v dan melewati daerah seluas A adalah:

$$V = v A \dots \dots \dots (2.2)^{15}$$

Massa udara (M) yang bergerak dalam satuan waktu dengan kerapatan (ρ), yaitu:

$$\dot{m} = \rho V = \rho v A \dots \dots \dots (2.3)^{15}$$

Dimana:

\dot{m} = massa udara (kg)

V = volume udara (debit)

ρ = densitas udara ($\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$)

A = luas penampang turbin (m^2)

Sehingga energi kinetik angin yang berhembus dalam satuan waktu (daya angin) adalah:

$$E_k = \frac{1}{2} (\rho A v) C_p \dots \dots \dots (2.4)^{15}$$

Sedangkan untuk perhitungan daya kincir (turbin angin) untuk simulasi pembangkit listrik tenaga angin yang menggunakan mekanisme servo sebagai pengganti energi angin adalah sebagai berikut:

$$E_k = \frac{Pm}{C_p} \dots \dots \dots (2.5)^{15}$$

Besar daya di atas adalah daya yang dimiliki oleh angin sebelum dikonversi atau sebelum melewati turbin angin. Dari daya tersebut tidak semuanya dapat dikonversi menjadi menjadi energi mekanik oleh turbin. Untuk perhitungan daya kincir (turbin angin) dengan konstanta kincir ($C_p = 0,592$) adalah sebagai berikut:

$$Pm = C_p \frac{1}{2} (\rho A v^3) \dots \dots \dots (2.6)^{15}$$

¹⁵ Lustia Dewi, Marizka, Analisis Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius
(L) untuk Optimis Kinerja Turbin, 2010 : Surakarta. Hal 04.

Dimana:

P_a = daya angin (watt)

P_m = daya turbin angin (watt)

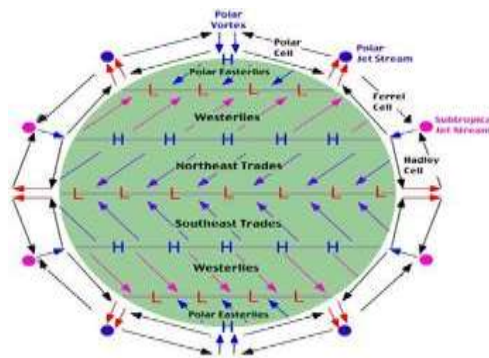
ρ = densitas udara ($\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$)

A = luas penampang turbin (m^2)

v = kecepatan udara (m/s)

C_p = konstanta turbin angin (0,592)

2.3.1 Jenis-jenis Angin



Gambar 2.1 Pola Sirkulasi Udara Akibat Rotasi Bumi¹⁸

Angin timbul akibat sirkulasi di atmosfer yang dipengaruhi oleh aktifitas matahari dalam menyinari bumi yang berotasi. Dengan demikian, daerah khatulistiwa akan menerima energi radiasi matahari lebih banyak daripada di daerah kutub, atau dengan kata lain, udara di daerah khatulistiwa akan lebih tinggi dibandingkan dengan udara di daerah kutub. Perbedaan berat jenis dan tekanan udara inilah yang akan menimbulkan adanya pergerakan udara. Pergerakan udara inilah yang didefinisikan sebagai angin. Gambar 2.1 merupakan pola sirkulasi pergerakan udara akibat aktifitas matahari dalam menyinari dalam menyinari bumi yang berotasi.

¹⁸ Sumber: Blog Konversi ITB, Energi Angin dan Potensiya (akses 16 juni 2020)

Berdasarkan prinsip dari terbentuknya angin, maka angin dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Angin Laut dan Angin Darat

Angin laut adalah angin yang timbul akibat adanya perbedaan suhu antara daratan dan lautan. Seperti yang kita ketahui bahwa sifat air dalam melepaskan panas dari radiasi sinar matahari lebih lambat dari pada daratan, sehingga suhu laut pada malam hari akan lebih tinggi dibandingkan dengan daratan. Semakin tinggi suhu, tekanan udara akan semakin rendah. Akibat adanya perbedaan suhu ini akan menyebabkan terjadinya tekanan udara di atas daratan dan lautan. Hal ini yang menyebabkan angin akan bertiup dari arah daratan ke laut. Sebaliknya, pada siang hari dari pukul 09.00 sampai dengan pukul 16.00 angin akan berhembus dari laut ke darat akibat sifat air yang lebih lambat menyerap panas matahari.¹⁷

2. Angin Lembah

Angin Lembah adalah angin yang bertiup dari arah lembah ke arah puncak gunung yang biasa terjadi pada siang hari. Prinsip terjadinya hampir sama dengan angin darat dan angin laut yaitu akibat adanya perbedaan suhu antara lembah dan puncak gunung.¹⁷

3. Angin Musim

Angin Musim dibedakan menjadi 2, yaitu angin musim barat dan angin musim timur. Angin Musim Barat (Angin Muson Barat) adalah angin yang mengalir dari Benua Asia (musim dingin) ke Benua Australia (musim panas). Apabila angin ini melawati tempat yang luas, seperti perairan dan samudra, maka angin ini mengandung curah hujan yang tinggi. Angin Musim Barat menyebabkan Indonesia mengalami musim hujan. Angin ini terjadi pada bulan Desember, Januari dan Februari, maksimal pada bulan Januari dengan kecepatan 3 m/s

Angin Musim Timur adalah angin yang mengalir dari Benua Australia (musim dingin) ke Benua Asia (musim panas). Angin ini menyebabkan Indonesia mengalami musim kemarau karena melewati celah-celah sempit dan berbagai gunung

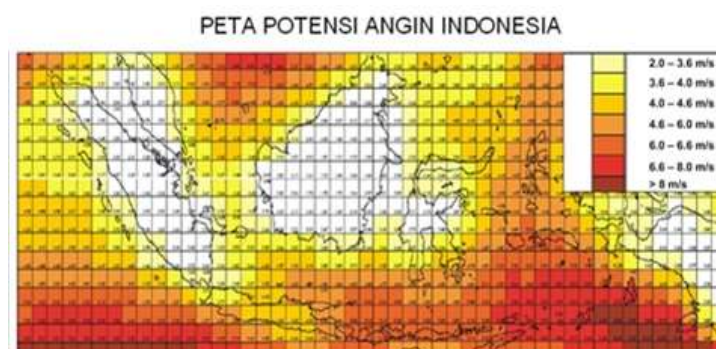
(Gibson, Australia Besar, dan Victoria). Musim kemarau di Indonesia terjadi pada bulan Juni, Juli, dan Agustus, maksimal pada Juli.¹⁷

4. Angin Permukaan

Kecepatan dan arah angin ini dipengaruhi oleh perbedaan yang diakibatkan oleh material permukaan bumi dan ketinggiannya. Secara umum, suatu tempat dengan perbedaan tekanan udara yang tinggi akan memiliki potensi angin yang kuat. Ketinggian mengakibatkan pusat tekanan menjadi lebih intensif. Selain itu perbedaan tekanan udara, material permukaan bumi juga mempengaruhi kuat lemahnya kekuatan angin karena adanya gaya gesek antara angin dan material permukaan bumi juga mempengaruhi kemampuan dalam menyerap dan melepaskan panas yang diterima dari sinar matahari. Sebagai contoh, belahan bumi utara didominasi oleh dataran, sedangkan selatan didominasi oleh lautan. Hal ini saja sudah mengakibatkan angin dibelahan bumi utara dan selatan menjadi tidak seragam.¹⁷

2.3.2 Potensi Energi Angin Di Indonesia

Berikut ini adalah peta potensi energi angin di Indonesia yang dapat digunakan sebagai referensi dalam mengembangkan pembangkit listrik tenaga angin di Indonesia. Perbedaan kecepatan udara terlihat pada perbedaan warnanya. Kuning pucat menyatakan kecepatan udara rendah, sedangkan kuning, emas, merah, dan coklat menyatakan semakin besarnya kecepatan angin.



Gambar 2.2 Peta Potensi Angin Indonesia⁷

Tabel 2.1 Kondisi Angin di Indonesia¹²

Tabel kondisi angin			
kelas angin	kecepatan angin m/d	kecepatan angin km/jam	Kecepatan angin knot/jam
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 ~ 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

Bersasarkan sumber di bawah ini, kecepatan angin yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga angin adalah angin kelas 3 – 8 dengan kecepatan 3,4 – 20,7 m/s.

Tabel 2.2 Kecepatan Angin¹²

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	asap bergerak mengikuti arah angin
4	3.4 ~ 5.4	wajah terasa ada angin, daun bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak
5	5.5 ~ 7.9	debu jalan, kertas beterbangan, ranting pohon bergoyang.
6	8.0 ~ 10.7	ranting pohon bergoyang, bendera berkibar.
7	10.8 ~ 13.8	ranting pohon besar bergoyang, air plumpang berombak kecil
8	13.9 ~ 17.1	Ujung pohon melengkung, hembusan angin terasa di telinga
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

⁷ [http://konversi.wordpress.com/2008/11/06 permasalahan-yang-sering-terjadi-pada-sistem-wind-turbine-di-indonesia/](http://konversi.wordpress.com/2008/11/06_permasalahan-yang-sering-terjadi-pada-sistem-wind-turbine-di-indonesia/) (akses 16 juni 2020)

¹² http://www.penaaksi.com/2011/02/alternatif-energi-indonesia_25.html (akses 16 juni 2020)

2.3.2.1 Data Kecepatan Angin

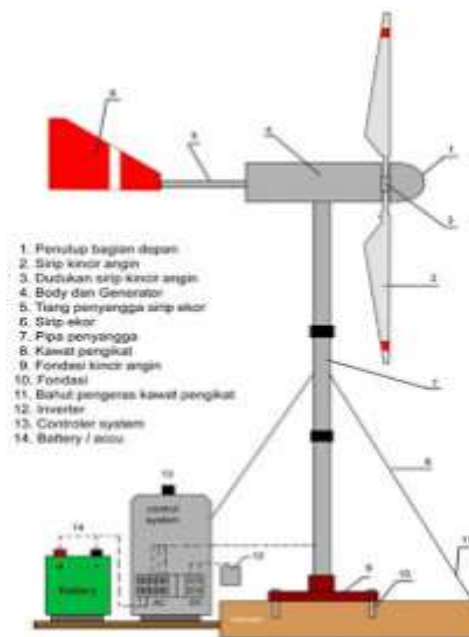
Data kecepatan angin rata-rata berdasarkan Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Selatan tahun 2019.²

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata kec. Angin} &= \frac{\text{jan}+\text{feb}+\text{mar}+\text{apr}+\text{mei}+\text{jun}+\text{jul}+\text{ags}+\text{spt}+\text{okt}+\text{nov}+\text{des}}{12} \\
 &= \frac{4,40+3,41+3,81+3,14+3,51+3,56+4,02+4,85+4,89+4,50+3,20+3,90}{12} \\
 &= 3,93 \text{ knot} \\
 &= 2,02 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

2.4 Turbin Angin

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk menggerakkan generator sebagai pembangkit tenaga listrik. Turbin angin ini awalnya dibuat untuk mengakomodasikan kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dan lain-lain. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lain yang lebih dikenal dengan Windmill. Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasikan kebutuhan listrik masyarakat, dengan adanya prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat dipengaruhi oleh angin.

²<https://sumsel.bps.go.id/dynamictable/2016/09/19/89/rata-rata-kecepatan-angin-menurut-bulan-di-provinsi-sumatera-selatan-2015.html> (akses 16 juni 2020)



Gambar 2.3 Turbin Angin¹

Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (seperti PLTD, PLTU, PLTG, dan lain-lain), turbin angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam yang tak terbarui seperti batubara, minyak bumi, gas alam, sebagai bahan dasar untuk membangkitkan energi listrik. Perhitungan daya yang dapat dihasilkan oleh sebuah turbin angin dengan diameter kipas R adalah :

$$P = \rho \frac{1}{2} R^2 v^3 \dots \dots \dots (2.7)^{17}$$

Dimana :

P = daya (watt)

ρ = kerapatan angin pada waktu tertentu

v = kecepatan angin pada waktu tertentu (m/s)

R = diameter kipas turbin angin

Umumnya daya efektif yang dapat di panen oleh sebuah turbin angin sebesar 20% - 30%. Jadi rumus di atas dapat dikalikan dengan 0,2 atau 0,3 untuk

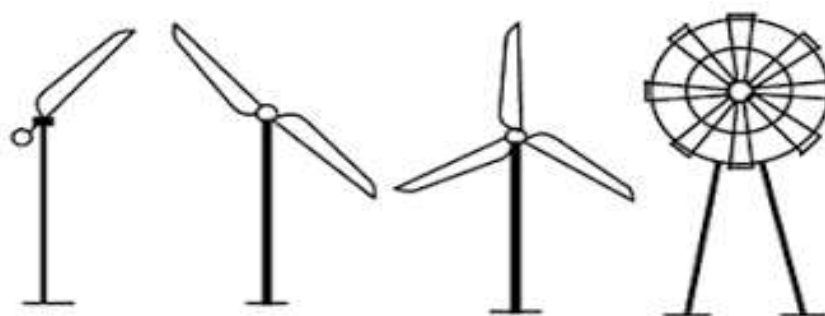
¹ <https://achmadjaelani89.wordpress.com/2016/10/09/432/> (akses 17 juni 2020)

mendapatkan hasil yang cukup besar. Prinsip dasar kerja turbin angin adalah mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator yang akhirnya akan menghasilkan listrik.

2.4.1 Jenis jenis Turbin Angin

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

1. Horizontal



Gambar 2.4 Jenis jenis turbin Angin¹

Turbin angin dengan sumbu horizontal mempunyai sudu yang berputar dalam bidang vertikal seperti halnya *propeler* pesawat terbang seperti pada gambar 2.4

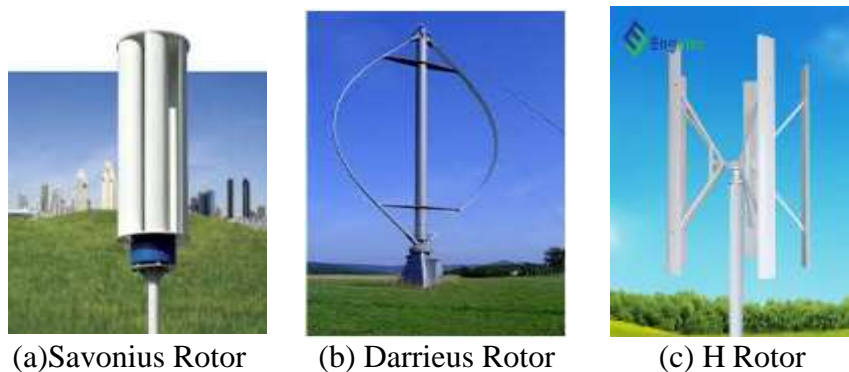
Turbin angin biasanya mempunyai sudu dengan bentuk irisan melintang khusus dimana aliran udara pada salah satu sisinya dapat bergerak lebih cepat dari aliran udara di sisi yang lain ketika angin melewatinya. Fenomena ini menimbulkan daerah tekanan rendah pada belakang sudu dan daerah tekanan tinggi di depan sudu. Perbedaan ini membentuk gaya yang menyebabkan sudu berputar.

⁸<http://nugrohadi.wordpress.com/2008/05/03/pembangkit-listrik-tenaga-angin-di-indonesia/> (akses 16 juni 2020)

¹⁷Permana Edo, Rancang Bangun Pembangkit Tenaga Angin, 2012: Palembang. Hal 12.

¹Daryanto, 2007. "Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin" Yogyakarta : Balai PPTAGG (akses 16 juni 2020)

2. Vertikal



Gambar 2.5 Turbin Angin Sumbu Vertikal¹⁶

Turbin angin dengan sumbu vertikal bekerja dengan prinsip yang sama seperti halnya kelompok horizontal. Namun sudunya berputar dalam bidang yang paralel dengan tanah, seperti Mixer, Kocokan Telur, dan lain lain. Jika dikaitkan dengan sumber daya angin, turbin angin dengan jumlah sudu banyak lebih cocok digunakan pada daerah dengan potensi energi angin yang rendah karena kecepatan rotasi angin tercapai pada putaran rotor dan kecepatan angin yang tidak terlalu tinggi. Sedangkan turbin anging dengan sudu sedikit (untuk pembangkit listrik) tidak akan beroperasi secara efisien pada daerah dengan kecepatan rata-rata kurang dari 4 m/s. Dengan demikian daerah dengan potensi energi angin rendah cocok untuk dikembangkan turbin angin keperluan mekanikal jenis turbin angin yang cocok untuk keperluan ini antara lain tipe *multi blade*, *Cretan sail* dan *savonius*.

¹⁶ Mittal, 2001. Pembangkit Listrik Angin: Jakarta.

2.5 Perencanaan Poros



Gambar 2.6 Poros¹

A. Pengertian Poros

Poros adalah suatu bagian stasioner yang berputar, biasanya berpenampang bulat dimana terpasang elemen-elemen seperti roda gigi (*gear*), *pulley*, *flywheel*, *engkol*, *sprocket* dan elemen pemindah lainnya. Poros bisa menerima beban bengkok, beban tarikan, beban tekan atau beban puntiran yang bekerja sendiri-sendiri atau berupa gabungan satu dengan lainnya.

Poros merupakan salah satu bagian terpenting setiap mesin, begitu juga pada turbin angin berfungsi untuk meneruskan bersama-sama dengan putaran atau yang sering disebut transmisi. Jadi poros adalah komponen mesin yang berfungsi untuk memindahkan atau meneruskan putaran dari satu bagian ke bagian lain dalam suatu mesin. Berdasarkan bebannya poros dibedakan menjadi, yaitu:

1. Poros transmisi (*Shaft*)

Poros macam ini mendapat beban puntir murni dan puntir lentur. Daya ditransmisikan kepada poros ini melalui kopling, roda gigi, puli sabuk atau sproket rantai dan lain lain

2. Poros *Spindle*

Poros utama yang relatif pendek seperti poros utama mesin perkakas, dimana beban utamanya berupa puntiran. Syarat yang dipenuhi

¹ <http://teknik-mesin1.blogspot.com/2011/05/poros.html> (akses 17 juni 2020)

poros ini adalah deformasinya harus kecil dan bentuk maupun ukurannya harus teliti.

3. Gandar (*Axle*)

Poros ini adalah poros seperti yang dipasang diantara roda-roda kereta barang, dimana tidak mendapatkan beban puntir, bahkan kadang-kadang tidak boleh berputar. Gandar ini hanya mendapatkan beban lentur, kecuali jika digerakkan oleh penggerak mula dimana akan mengalami beban puntir. Menurut bentuknya, poros dapat digolongkan atas poros lurus umum, poros engkol sebagai poros utama dari mesin totak, kemudian poros luwes untuk transmisi daya kecil agar terdapat kebebasan bagi perubahan arah dan lain lain.

B. Jenis-jenis Poros

Poros dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan bentuknya yaitu:

1. Poros Lurus (Pejal)
2. Poros Engkol (*Crenkshaft*)

C. Bahan Poros

Oleh karena digunakan untuk mendukung beban atau memindahkan putaran, biasanya poros ditumpu atau didukung oleh bantalan (*Bearing*) yang berfungsi untuk membatasi gerakan dari poros tersebut. Sehingga bahan poros harus mempunyai kekuatan serta kekerasan yang memadai, untuk itu bahan yang dipakai harus lebih kuat dan lebih keras dari bahan bantalan.

D. Rumus Dasar Perhitungan Poros

1. Momen puntir rencana:

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \frac{pd}{n} \dots \dots \dots (2.8)^{18}$$

Dimana: $T =$ Torsi (N.m)

$pd =$ Daya rencana (kW)

$n =$ Putaran motor (rpm)

2. Tegangan lentur yang diizinkan:

$$\tau a = \frac{\tau b}{sf1 \times sf2} \dots\dots\dots(2.9)^{18}$$

Dimana: *sf* 1 = faktor keamanan untuk baja karbon
 sf 2 = faktor keamanan untuk baja karbon pada pulley
 τb = kekuatan tarik dari bahan poros (kg/mm²)

3. Untuk diameter poros yang diizinkan:

$$Ds \geq \left[\left(\frac{5,1}{\tau a} \right) Kt Cb T \right] \frac{1}{3} \dots\dots\dots(2.10)^{18}$$

Dimana: *Kt* = faktor koreksi untuk tumbukan
 Cb = faktor beban lentur (1,2-2,3)

M (momen lentur) = $\frac{\text{beban total}}{2} \times \text{lebar bearing} \dots\dots\dots(2.11)^{18}$

2.6 Pemilihan Bantalan Blok Bearing



Gambar 2.7 Bantalan Blok Bearing²

Bantalan adalah elemen mesin yang membatasi gerak relatif hanya pada gerakan yang diinginkan, dan mengurangi gesekan antar bagian yang bergerak. Bantalan putar menahan komponen yang berputar seperti poros atau as roda dalam sistem mekanis, dan mentransfer beban aksial dan radial dari sumber beban ke struktur yang menopangnya. Jenis bahan yang digunakan pada pembuatan bantalan ini adalah baja paduan tahan aus yang memiliki struktur *pearlit* dengan jumlah *grafit* normal (HB = 170-229).

1). Beban radial bantalan dapat dihitung dengan rumus:

$$Pr = X.v.Fr \dots\dots\dots(2.12)^{18}$$

Dimana: *Pr* = beban ekivalen dinamis
 X = faktor kondisi untuk beban radial = 1

F_r = beban radial

V = faktor koreksi putar : 1,2

2). Kecepatan didapat:

$$F_n = \frac{33,3}{n} \dots\dots\dots(2.13)^{18}$$

Dimana: n = putaran poros (rpm)

3). Faktor umum bantalan:

$$F_h = F_n \frac{c}{p.r} \dots\dots\dots(2.14)^{18}$$

Dimana: C = kapasitas dinamik spesifik

P_r = beban ekivalen

4). Faktor kecepatan:

$$F_n = \left(\frac{3,3}{n}\right) 1/3 \dots\dots\dots(2.15)^{18}$$

5). Faktor umur:

$$f_h = f_n \frac{c}{p} \dots\dots\dots(2.16)^{18}$$

6). Umur nominal bantalan:

$$L_h = 500. F_h^3 \dots\dots\dots(2.17)^{18}$$

Dimana: C = beban nominal dinamis spesifik

P = beban ekivalen dinamis

L_h = umur bantalan

N = putaran poros

P = faktor kecepatan untuk bantalan bola

Faktor kecepatan untuk bantalan roll = 10/3

7). Keandalan umur bantalan:

$$L_n = a_1.a_2.a_3.L_h \dots\dots\dots(2.18)^{18}$$

Dimana: a_1 = faktor keandalan

¹⁸ B.H. Amstead, P.F. Ostwald, dan Begeman, M.L.,1995,*Teknologi Mekanik*, jilid 1 Edisi Ketujuh, terj. Djaprie S, Jakarta: Erlangga.

² <https://www.emersonbearing.com/> (akses 17 juni 2020)

a2 = faktor beban

a3 = faktor kerja

2.7 Proses Permesinan

1. Proses pemotongan dengan gerinda

Rumus kecepatan keliling roda gerinda yang dihitung secara teoritis:

$$POS = n \times \frac{\pi \cdot d}{1000 \cdot 60} \text{ meter/detik} \dots \dots \dots (2.19)^{20}$$

Dimana: POS = periperhal operating speed atau kecepatan keliling roda gerinda dalam satuan (meter/detik)

n = kecepatan putar roda gerinda/menit (rpm)

d = diameter roda gerinda dalam satuan milimeter

60 = konversi satuan menit ke detik

1000 = konversi satuan meter ke milimeter

2. Perhitungan kekuatan sambungan las

Perhitungan dasar kekuatan sambungan las diddasarkan atas luas las minimum terhadap beban atau beban geseran.

$$A = \frac{h}{\sqrt{2}} I = 0,708 h I \dots \dots \dots (2.20)^{20}$$

Dimana: h = tebal las

I = panjang efektif las

A = luas lebar las

3. Proses pembubutan

$$V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \text{ m/menit} \dots \dots \dots (2.21)^{20}$$

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times d} \dots \dots \dots (2.22)^{20}$$

Dimana: Vc = kecepatan pemotongan (m/menit)

n = putaran potong kerja (rpm)

d = diameter benda kerja (mm)

Kecepatan makan:

$$V_f = f \times n \dots \dots \dots (2.23)^{20}$$

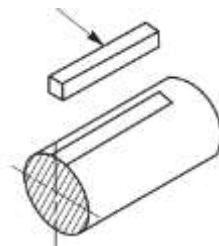
Dimana: f = kecepatan pemakanan
 n = putaran mesin

Waktu pemotongan:

$$T_c = \frac{lt}{vf} \dots\dots\dots(2.24)^{20}$$

Dimana: T_c = waktu pemotongan
 l = panjang efektif las
 A = luas lebar las

2.8 Pemilihan Pasak



Gambar 2.8 pasak poros³

Pasak adalah suatu elemen mesin yang dipakai untuk menetapkan bagian-bagian mesin seperti roda gigi, sproket, kopleng, puli dan lain lain pada poros. Momen diteruskan dari poros ke naf atau dari naf ke poros. Fungsi yang serupa dengan pasak dilakukan pula oleh seplain (*sepline*) dan gerigi yang mempunyai gigi luar pada poros dan gigi dengan jumlah gigi yang sama pada naf dan saling terkait yan satu dengan yang lain. Gigi pada *sepline* adalah besar-besar, sedangkan pada gerigi adalah kecil-kecil dengan jarak bagi yang kecil pula. Kedua-duanya dapat digeser secara aksial pada waktu menerkan daya.

²⁰ B.H. Amstead, P.F. Ostwald, dan Begeman, M.L.,1995,*Teknologi Mekanik*, jilid 1 Edisi Ketujuh, terj. Djaprie S, Jakarta: Erlangga.

³ <http://teknikmesinpedia.blogspot.com/2018/10/pasak-bulat.html> (akses 17 juni 2020)

2.9 Dasar Teori *Maintenance*

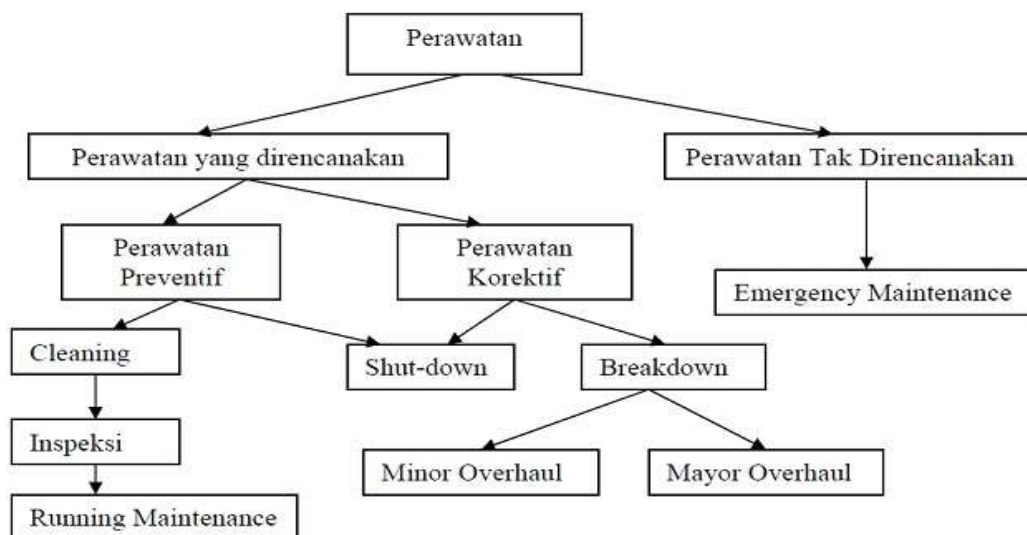
Perawatan merupakan salah satu usaha yang dilakukan dengan tujuan untuk menjaga peralatan/mesin agar dapat berfungsi secara optimal seperti yang dikehendaki.

Perbaikan adalah pemeliharaan suatu kondisi peralatan/mesin yang telah mengalami kerusakan atau penurunan fungsi sehingga kembali atau mendekati keadaan semula.

Secara umum, ditinjau dari saat pelaksanaan pekerjaan perawatan, dapat dibagi menjadi dua macam:

1. Perawatan yang direncanakan (*Planned Maintenance*)
2. Perawatan yang tidak direncanakan (*Unplanned Maintenance*)

Adapun jenis-jenis perawatan yang sering digunakan yaitu seperti skema dibawah ini



Gambar 2.9 Diagram *Maintenance*¹

¹ <http://mechanicalsains.blogspot.com/2010/11/perawatan-mesin.html> (akses 17 juni 2020)

1. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Perawatan Pencegahan atau kadang disebut juga *Preventative Maintenance* adalah jenis *Maintenance* yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada mesin selama operasi berlangsung. Contoh Perawatan Pencegahan adalah melakukan penjadwalan untuk pengecekan (*inspection*) dan pembersihan (*cleaning*) atau pergantian suku cadang secara rutin dan berkala.² Perawatan Pencegahan terdiri dua jenis, yakni:

a). Perawatan Berkala (*Periodic Maintenance*)

Perawatan berkala ini diantaranya adalah perawatan berkala yang terjadwal dalam melakukan pembersihan mesin, Inspeksi mesin, meminyaki mesin dan juga pergantian suku cadang yang terjadwal untuk mencegah terjadi kerusakan mesin secara mendadak yang dapat mengganggu kelancaran produksi. Perawatan berkala biasanya dilakukan dalam harian, mingguan, bulanan ataupun tahunan.

b). Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*)

Perawatan prediktif adalah perawatan yang dilakukan untuk mengantisipasi kegagalan sebelum terjadi kerusakan total. Perawatan prediktif ini akan memprediksi kapan akan terjadinya kerusakan pada komponen tertentu pada mesin dengan cara melakukan analisa trend perilaku mesin/peralatan kerja. Berbeda dengan Perawatan berkala yang dilakukan berdasarkan waktu (*Time Based*), perawatan prediktif lebih menitikberatkan pada Kondisi Mesin (*Condition Based*).

2. Perawatan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Perawatan korektif adalah Perawatan yang dilakukan dengan cara mengidentifikasi penyebab kerusakan dan kemudian memperbaikinya sehingga mesin atau peralatan produksi dapat beroperasi normal kembali. Perawatan korektif biasanya dilakukan pada mesin atau peralatan produksi yang sedang beroperasi secara abnormal (Mesin masih dapat beroperasi tetapi tidak optimal).

Bisa dikatakan bahwa perawatan korektif adalah pekerjaan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi fasilitas/peralatan sehingga mencapai standar yang dapat diterima.²

3. Perawatan setelah terjadi kerusakan (*Breakdown Maintenance*)

Breakdown Maintenance adalah perawatan yang dilakukan ketika sudah terjadi kerusakan pada mesin atau peralatan kerja sehingga Mesin tersebut tidak dapat beroperasi secara normal atau terhentinya operasional secara total dalam kondisi mendadak. *Breakdown Maintenance* ini harus dihindari karena akan terjadi kerugian akibat berhentinya Mesin produksi yang menyebabkan tidak tercapai Kualitas ataupun *Output* Produksi.²

4. Perawatan Darurat (*Emergency Maintenance*)

Perawatan darurat adalah pekerjaan perbaikan yang harus segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tidak terduga.

Selain jenis-jenis perawatan yang telah disebutkan diatas, terdapat juga beberapa jenis pekerjaan lain yang bisa dianggap merupakan jenis pekerjaan perawatan seperti:

a. Perawatan dengan cara penggantian (*Replacement instead pf maintenance*)

Perawatan dilakukan dengan cara mengganti peralatan tanpa dilakukan perawatan, karena harga peralatan pengganti lebih murah bila dibandingkan dengan biaya perawatannya. Alasan lainnya adalah apabila perkembangan teknologi sangat cepat, peralatan tidak dirancang untuk waktu yang lama, atau banyak komponen rusak tidak memungkinkan lagi diperbaiki.

b. Perawatan yang direncanakan (*Planned Replacement*)

Dengan ditentukan waktu mengganti peralatan dengan peralatan yang baru, berarti industri tidak memerlukan waktu lama untuk melakukan perawatan, kecuali untuk melakukan perawatandasar yang ringan seperti pelumasan dan penyetelan.ketika peralatan telah menurun

kondisinya langsung diganti dengan yang baru. Cara penggantian ini mempunyai keuntungan antara lain, pabrik selalu memiliki peralatan yang baru dan siap pakai.²

Tujuan Perawatan/Pemeliharaan (*Mintenance*):

1. Mesin dapat menghasilkan *Output* sesuai dengan kebutuhan yang direncanakan.
2. Kualitas produk yang dihasilkan oleh Mesin dapat terjaga dan sesuai dengan harapan.
3. Mencegah terjadinya kerusakan berat yang memerlukan biaya perbaikan yang lebih tinggi.
4. Untuk menjamin keselamatan tenaga kerja yang menggunakan mesin yang bersangkutan.
5. Tingkat Ketersediaan Mesin yang maksimum (berkurangnya downtime)
6. Dapat memperpanjang masa pakai mesin atau peralatan kerja.²

² <https://ilmumanajemenindustri.com/jenis-maintenance-perawatan-mesin-peralatan-kerja/>
(akses 17 juni 2020)

Istilah-istilah dalam perawatan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Istilah Umum Dalam Perawatan³

No	Istilah Umum Perawatan	Pengertian
1	Availability	Perioda waktu dimana fasilitas/peralatan dalam keadaan siap untuk dipakai/dioperasikan.
2	Downtime	Perioda waktu dimana fasilitas/peralatan dalam keadaan tidak dipakai.
3	Check	Menguji dan membandingkan terhadap standar yang ditunjuk.
4	Facility Register	alat pencatat data fasilitas/peralatan, istilah lain bisa juga disebut inventarisasi peralatan/fasilitas.
5	Maintenance management	Organisasi perawatan dalam suatu kebijakan yang sudah disetujui bersama.
6	Maintenance Schedule	Suatu daftar menyeluruh yang berisi kegiatan perawatan dan kejadian-kejadian yang menyertainya.
7	Maintenance planning	Suatu perencanaan yang menetapkan suatu pekerjaan serta metoda, peralatan, sumber dayam manusia dan waktu yang diperlukan untuk dilakukan dimasa yang akan datang.
8	Overhaul	Pemeriksaan dan perbaikan secara menyeluruh terhadap suatu fasilitas atau bagian dari fasilitas sehingga mencapai standar yang dapat diterima.
9	Test	Membandingkan keadaan suatu alat/fasilitas terhadap standar yang dapat diterima.
10	User	Pemakai peralatan/fasilitas.
11	Owner	Pemilik peralatan/fasilitas.
12	Vendor	Seseorang atau perusahaan yang menjual peralatan/perlengkapan, pabrik-pabrik dan bangunan-bangunan.

13	Trip	Mati sendiri secara otomatis (istilah dalam listrik).
14	Shut-in	Sengaja dimatikan secara manual (istilah dalam pengeboran minyak).
15	Shut-down	Mendadak mati sendiri / sengaja dimatikan

³ <http://harryangodo.blogspot.com/2012/03/istilah-istilah-yang-umum-dalam.html> (akses 18 juni 2020)