

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Untuk menunjang penyelesaian permasalahan yang terjadi maka terdapat bab II yaitu tinjauan Pustaka. Bab II tinjauan Pustaka pada laporan ini berisi tentang Turbin Angin, Pengatur Arah, dan komponen terkait.

2.1. Energi Angin

Energi Angin merupakan energi yang berasal dari udara yang bergerak, yang terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara. Udara bergerak dari tempat yang bertekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah atau dari tempat bersuhu tinggi ke tempat yang bersuhu rendah. Angin di Negara Indonesia mempunyai kecepatan dan arah yang selalu berubah-ubah. Potensi energi angin dapat dimanfaatkan secara maksimal dengan menggunakan turbin angin sumbu vertikal yang dapat menangkap angin dari segala arah dan menghasilkan energi yang cukup besar (Afrizal, 2005). Energi angin merupakan salah satu energi terbarukan yang pemanfaatannya sangat penting karena tidak akan menimbulkan polusi.

2.2. Turbin Angin

Turbin angin merupakan suatu alat yang berfungsi untuk merubah energi mekanik yang dihasilkan dari gerakan angin menjadi gerakan berputar, biasanya gerakan berputar turbin angin akan dimanfaatkan untuk menggerakkan generator dan menghasilkan listrik. Sebelum banyak digunakan sebagai pembangkit listrik, turbin angin pada awalnya dimanfaatkan sebagai penggerak untuk melakukan penggilingan padi serta keperluan irigasi.

Turbin angin memiliki berbagai macam jenis turbin angin, namun secara umum, berdasarkan orientasi sumbu rotasinya, turbin angin dapat dikategorikan menjadi dua jenis utama: turbin angin sumbu vertikal (TASV) dan turbin angin sumbu horizontal (TASH). Turbin angin sumbu vertikal (TASV) merupakan jenis turbin angin yang mampu berputar dengan kecepatan angin yang relatif rendah.

Keunggulan dari Turbin angin sumbu vertikal (TASV) adalah arah turbinnya tidak harus diarahkan sesuai dengan arah angin serta kemampuannya berputar secara efisien pada kecepatan angin rendah karena torsinya yang tinggi (Putri, 2023). Akan tetapi turbin angin sumbu vertikal juga memiliki beberapa kelemahan yaitu efisiensinya lebih rendah jika dibandingkan dengan turbin angin sumbu horizontal (TASH) serta turbin angin sumbu vertikal mempunyai hambatan udara.

2.3. Daya Angin

Daya angin (Pa) adalah jumlah energi yang dihasilkan oleh angin. Energi ini dihitung dengan mengalikan seberapa banyak angin yang bergerak (massa aliran) dengan energi gerak yang terkandung dalam angin tersebut (energi kinetik). Energi angin dapat dikonversikan oleh turbin angin bergantung pada luas penampang turbin dari turbin angin tersebut (Saputro, 2024). Berikut ini adalah rumus menentukan Daya Angin.

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

Dimana :

Pa = daya angin (watt).

ρ = densitas udara ($1,2 \text{ kg/ m}^3$).

A = luas penampang turbin (m^2).

v = kecepatan udara (m/s).

2.4. Luas Penampang Turbin

Span area atau Luasan Penampang adalah luas proyeksi lingkaran yang terbentuk dari ujung ke ujung baling-baling turbin angin ketika berputar. Luas area ini merupakan parameter penting dalam perhitungan daya yang dihasilkan oleh turbin angin. Berikut adalah rumus menentukan luas penampang (Dharma and Masherni, 2017).

$$A = t \times b$$

Dimana :

A = Luas penampang sudu setelah dilengkungkan = luas penampang sapuan (m^2).

t = panjang sudu (m).

b = lebar setelah dilengkungkan (m).

2.5. Kecepatan Sudut

Kecepatan sudut, atau sering disebut kecepatan ujung sudu, adalah seberapa cepat ujung bilah turbin berputar dalam satu putaran penuh per detik. Ini mengukur seberapa sering bilah turbin menyelesaikan putaran.

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

Dimana :

ω = kecepatan sudut (rad/s).

n = kecepatan rotor (rpm).

2.6. Torsi

Torsi adalah gaya pada gerak translasi menunjukkan kemampuan sebuah gaya untuk membuat benda melakukan gerak rotasi atau berputar (Buyung, 2018). Berikut ini adalah rumus torsi menurut (Nawir *et al.*, 2023), dan torsi didapat berdasarkan gaya dikali jari jari turbin angin menurut (Saputro, 2024).

$$T = F \times r$$

Dimana :

T = Torsi (N.m).

F = Gaya (N).

r = jari-jari puli (m).

m = massa pembebanan (kg).

g = gravitasi (m/s^2).

2.7. Daya Turbin

Daya turbin adalah energi yang dihasilkan oleh turbin ketika angin mendorong bilah-bilahnya, menyebabkan bilah-bilah tersebut berputar. Energi putar inilah yang kemudian diubah menjadi bentuk energi lain, seperti listrik.

Berikut ini adalah rumus untuk mencari daya turbin menurut (Nawir *et al.*, 2023).

$$P_t = T \omega$$

Dimana :

P_t = Daya yang dihasilkan turbin (watt).

T = Torsi (Nm).

ω = Kecepatan sudut (rad/detik).

2.8. Koefisien Daya Turbin Angin Vertikal

Efisiensi turbin angin dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$C_p = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

Dimana :

C_p = koefisien daya.

P_a = Daya angin (Watt)

P_t = Daya Turbin (Watt).

2.9. Sudu atau Bilah Turbin (*Blade Turbine*)

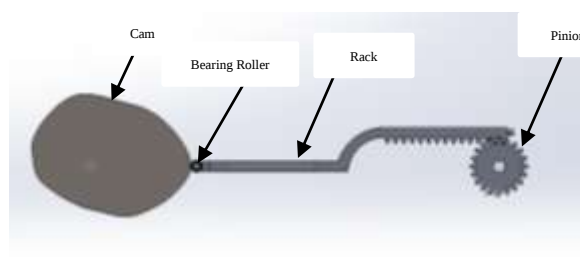
Sudu atau bilah turbin (*Blade Turbine*) merupakan bagian dari turbin angin yang berfungsi sebagai media yang menerima dorongan energi kinetik dari angin yang kemudian diteruskan ke poros untuk menjadikan gerakan angin menjadi gerakan putaran. Pada turbin angin sumbu vertikal biasanya minimal sudu atau baling-baling turbin ini berjumlah lebih dari satu. Bentuk dan ukuran dari sudu atau

baling-baling turbin sangat mempengaruhi kinerja dari turbin angin.

Turbin angin sederhana dengan skala kecil tidak terlalu memperhatikan jenis airfoil yang dipakai. Untuk turbin angin sumbu horizontal biasanya menggunakan bentuk foil yang sederhana mulai dari pelat datar atau airfoil tipis berstandar NACA (National Advisory Committee for Aeronautics) seri 4 atau 5 digit. Airfoil sederhana tersebut bisa saja digunakan dengan rugi performa yang sedikit (Hugh Piggott, 1997).

2.10. Mekanisme *Cam* Pengatur Sudut *Pitch* Bilah Turbin

Mekanisme *cam* pengatur merupakan sebuah mekanisme yang digunakan untuk mengatur arah bilah atau *blade* turbin sehingga turbin angin dapat berputar dengan efisiensi yang tinggi. Pada turbin angin horizontal juga terdapat mekanisme pengatur yang dinamakan *yaw drive*, yang mengatur rotor agar selalu menghadap arah angin yang bergerak. Sedangkan mekanisme pengatur yang akan di desain adalah mekanisme *cam* yang akan mengatur atau menggerakkan arah bilah berdasarkan bentuk *cam* yang meninggi dan kadang merendah sesuai kebutuhan.



Gambar 2.1 Mekanisme pengatur sudut *pitch* bilah turbin.

2.11. Noken as atau *camshaft*

Noken as atau *camshaft* merupakan komponen krusial pada mesin motor empat tak. Fungsinya adalah mengontrol aliran campuran bahan bakar dan udara agar bisa masuk ke dalam ruang pembakaran, serta memastikan gas buang dari hasil pembakaran bisa keluar dari ruang bakar. Berikut adalah parafrasa dari teks yang Anda berikan, disajikan dalam bentuk poin-poin yang lebih ringkas dan mudah dipahami.

a. Durasi

Durasi adalah lamanya katup terbuka dan tertutup dalam satu siklus kerja mesin. Waktu ini diukur berdasarkan putaran poros engkol dalam satuan derajat. Penelitian menunjukkan bahwa durasi yang optimal sangat bergantung pada kondisi jalanan dan volume silinder mesin.

$$\text{Durasi Katup} = \text{waktu katup membuka} + \text{waktu katup} + 180 \text{ Derajat}$$

b. Lift

Lift mengacu pada seberapa tinggi katup terangkat dari posisi tertutup penuh hingga terbuka penuh. Tinggi angkatan ini diukur dari selisih antara kedua posisi tersebut. Besar kecilnya lift katup dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: diameter katup (biasanya 0,32 dari diameter katup), rasio *rocker arm*, serta kualitas bahan dan pegas katup.

$$\text{Ketinggian Katup} = \text{Ketinggian Cam} \times \text{Rasio Lengan Penggerak}$$

c. Profil

Profil adalah bentuk fisik dari *camshaft*. Meskipun dua *camshaft* memiliki

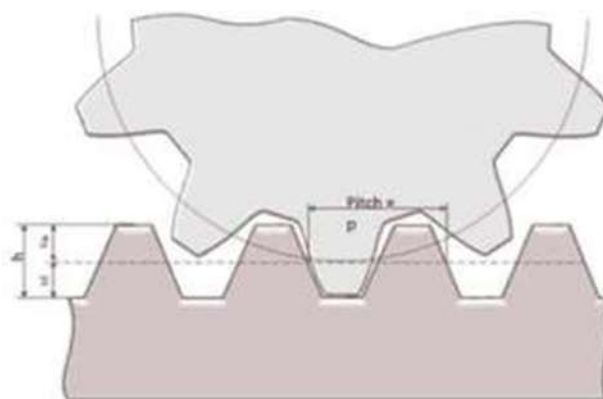
durasi dan lift yang sama, karakteristiknya bisa berbeda karena perbedaan pada bagian *flank* dan *nose*-nya

d. *Lobe Separation Angle (LSA)*

LSA adalah jarak sudut antara puncak tonjolan (*lobe*) *cam intake* dan *cam exhaust*, diukur dalam derajat poros engkol. LSA berhubungan dengan sudut *overlap camshaft* dan sangat memengaruhi karakter tenaga mesin. Semakin kecil nilai LSA, rentang tenaga (*power band*) yang dihasilkan mesin akan semakin sempit, dengan puncak tenaga (*peak power*) yang dicapai pada putaran mesin (RPM) tinggi. Sebaliknya, semakin besar nilai LSA, karakteristiknya juga akan berbeda.

2.12. Rack dan Pinion

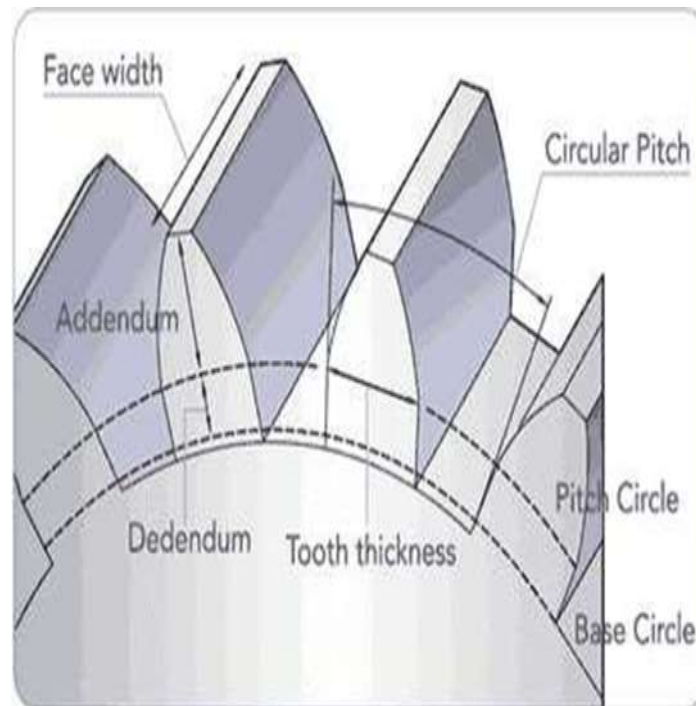
Rack dan *pinion* merupakan sebuah komponen yang berfungsi untuk menggerakkan sudu atau blade turbin dengan perintah cam pengatur. Rack dan pinion bekerja dengan cara merubah gerakan horizontal dan akan merubahnya menjadi gerakan putaran.



Gambar 2.2 Sistem roda gigi *rack and pinion*.

Agar dapat membuat mekanisme dengan sistem roda gigi *rack*, kita perlu

memahami istilah-istilah yang berkaitan dengan roda gigi *rack* sebagai komponen mekanis. Berikut ini adalah istilah dari bagian bagian rodak gigi *rack*.



Gambar 2.3 Bagian Roda Gigi *Pinion*.

- Lingkaran Addendum:

Lingkaran addendum bisa diartikan sebagai batas terluar dari gigi roda gigi, dimana ujung-ujung gigi tersebut berada. Ini adalah lingkaran khayal yang melewati puncak setiap gigi.

- Dedendum

Dedendum menunjukkan kedalaman dari dasar gigi. Ini adalah tinggi dari dasar alur gigi hingga lingkaran pitch.

- Lingkaran Dedendum

Kebalikan dari lingkaran addendum, ini adalah batas terdalam dari alur gigi. Lingkaran khayal yang melewati dasar setiap alur gigi.

- **Lingkaran Dasar**

Dalam pembuatan gigi involute (bentuk gigi yang umum), ini adalah lingkaran awal pembentukan bentuk gigi. Di bawah lingkaran ini, bentuk gigi bukan lagi kurva involute.

- **Pitch Melingkar**

Mengukur jarak antara titik yang sama pada dua gigi yang berdekatan. Diukur sepanjang lingkaran *pitch*.

- **Tebal Gigi**

Tebal gigi diukur pada lingkaran *pitch*. Menentukan seberapa tebal gigi tersebut.

- **Lingkaran *Pitch*:**

Lingkaran referensi penting di tengah-tengah gigi. Membagi tinggi gigi menjadi *addendum* dan *dedendum*. Pada dua roda gigi yang berpasangan, lingkaran *pitch* mereka bersentuhan.

- **Diameter *Pitch*:**

Diameter dari lingkaran *pitch*. Dapat diukur kira-kira dari puncak satu gigi ke dasar gigi yang berlawanan.

Modul adalah satuan ukuran yang menunjukkan seberapa besar atau kecilnya roda gigi. Ini adalah rasio atau perbandingan dari Diameter referensi gigi dibagi dengan jumlah gigi.

Rumus dasar:

- $t = Z \cdot \pi$

- $Z = t / \pi$

Keterangan :

z = jumlah gigi,

d = diameter lingkaran tusuk, t = tusuk gigi,

h_k = tinggi kepala gigi, h_t = tinggi kaki gigi,

factor t / π disebut modulus atau modul (m)

Bila

$$m = t / \pi, \text{ maka}$$

$$d = Z \cdot m, \text{ dan}$$

$$m = d / Z$$

Jadi: Modul = Diameter : Jumlah gigi Jarak antar gigi *rack (pitch)*

$$p = \pi \times \text{Modul.}$$

2.13. Bantalan

Bantalan atau bearing berfungsi sebagai tumpuan bagi komponen mesin yang bergerak, memungkinkan terjadinya pergerakan rotasi atau linear antara komponen tersebut. Selain itu, bantalan juga berfungsi meredam gesekan dan keausan yang terjadi akibat kontak antara permukaan komponen (Khurmi and Gupta, 2005).

Adanya gerakan relatif pada permukaan yang saling bersentuhan menimbulkan gaya gesek yang menghambat pergerakan. Pelumas digunakan untuk mengurangi gaya gesek ini dan meningkatkan efisiensi sistem. Untuk mendapatkan bantalan yang tepat, kita harus memulai dengan menghitung diameter terkecil poros yang digunakan. Dalam pemilihan bantalan, kita cenderung memilih dimensi yang lebih besar dari hasil perhitungan untuk menyesuaikan dengan standar ukuran bantalan yang umum tersedia di pasaran. Berdasarkan mekanisme gesekannya, bantalan dapat dikategorikan menjadi dua yaitu (Khurmi and Gupta, 2005).

2.12.1 Bantalan Luncur

Bantalan luncur adalah jenis bantalan yang paling sederhana. Ia bekerja dengan cara dua permukaan langsung bersentuhan dan saling bergeser. Bantalan ini cocok untuk beban berat dan putaran cepat, tapi menghasilkan panas dan gesekan yang tinggi sehingga perlu pelumas yang baik. Berikut ini pada gambar adalah contoh konstruksi bantalan luncur.



Gambar 2.4 Bantalan Luncur.

2.12.2 Bantalan Gelinding

Bantalan gelinding adalah bantalan yang memanfaatkan elemen gelinding seperti bola atau silinder untuk meminimalkan gesekan, merupakan pilihan yang baik untuk aplikasi dengan beban ringan dan dimensi yang terbatas. Konstruksi yang lebih kompleks menyebabkan biaya produksi lebih tinggi, namun perawatannya relatif mudah. Sayangnya, suara bising yang dihasilkan oleh elemen gelinding menjadi kekurangannya. Berikut ini pada gambar adalah contoh konstruksi bantalan gelinding.



Gambar 2.5 Bantalan Gelinding.

2.14. Poros

Poros adalah batang logam yang berputar, yang berfungsi menyalurkan tenaga atau daya dari satu bagian yang bergerak ke bagian lain, di mana daya tersebut dihasilkan oleh gaya tangensial atau momen puntir. Karena poros berfungsi mentransmisikan daya putar yang menimbulkan momen puntir, maka pemilihan dimensi dan material poros sangat krusial. Desain poros harus memastikan bahwa poros mampu menahan beban torsi

tanpa mengalami deformasi atau patah, sehingga menjamin keamanan dan kelancaran operasi mesin.



Gambar 2.6 Poros

Persamaan berikut digunakan untuk menentukan diameter minimum poros pejal agar dapat mentransmisikan daya tanpa mengalami deformasi plastis (Khurmi and Gupta, 2005).

2.15. Pasak

Pasak adalah komponen penghubung yang terbuat dari logam, biasanya berbentuk silinder, yang dimasukkan ke dalam lubang yang sudah dibuat pada poros dan hub. Pasak berfungsi sebagai elemen pengikat sementara yang dirancang dengan kekuatan lebih rendah dibandingkan poros atau hub. Tujuannya adalah agar pasak mengalami kerusakan terlebih dahulu saat terjadi kelebihan beban, sehingga melindungi komponen utama. Fungsinya adalah untuk mencegah terjadinya pergerakan antara kedua komponen tersebut akibat gaya yang bekerja. Dalam menentukan dimensi pasak yang tepat, kita mengacu pada standar internasional BS 4235:1967 "*Metric Keys and Keyways*". Pada standar tersebut memberikan data dimensi yang lengkap dan telah teruji, sehingga dapat memastikan pemilihan pasak yang sesuai dengan aplikasi yang diinginkan, yang disajikan pada Tabel 2.6 di

bawah ini.



Gambar 2.7 Pasak.

Tabel 2.1 Dimensi pasak dan alur metris menurut BS 4235:1967

Shaft		Key	Keyway			
Diameter		Section	Width	Depth		
Over	To	b x h	Shaft and hub	Shaft	Hub	
					Parallel	Taper
6	8	2x2	2	1,2	1,0	0,5
8	10	3x3	3	1,8	1,4	0,9
10	12	4x4	4	2,5	1,8	1,2
12	17	5x5	5	3,0	2,3	1,7
17	22	6x6	6	3,5	2,8	2,2
22	30	8x7	8	4,0	3,3	2,4
30	38	10x8	10	5,0	3,3	2,4
38	44	12x8	12	5,0	3,3	2,4
44	50	14x9	14	5,5	3,8	2,9
50	58	16x10	16	6,0	4,3	3,4
58	65	18x11	18	7,0	4,4	3,4
65	75	20x12	20	7,5	4,9	3,9
75	85	22x14	22	9,0	5,4	4,4
85	95	25x14	25	9,0	5,4	4,4
95	110	28x16	28	10,0	6,4	5,4
110	130	32x18	32	11,0	7,4	6,4
130	150	36x20	36	12,0	8,4	7,1
150	170	40x22	40	13,0	9,4	8,1
170	200	45x25	45	15,0	10,4	9,1
200	230	50x28	50	17,0	11,4	10,1
230	260	56x32	56	20,0	12,4	11,1
260	290	63x32	63	20,0	12,4	11,1
290	330	70x36	70	22,0	14,4	13,1
330	380	80x40	80	25,0	15,4	14,1
380	440	90x45	90	28,0	17,4	16,1
440	500	100x50	100	31,0	19,5	18,1

Sumber: <https://www.btsrotables.com/>

Perhitungan dimensi pasak dapat dilakukan dengan

menerapkan rumus berikut:

$$L_p = \frac{2T}{w\tau D}$$

dan

$$L_p = \frac{4T}{w\sigma D}$$

Dimana :

L_p = Panjang pasak (mm)

T = Torsi pada poros (Nmm)

w = Lebar pasak (mm)

t = Tinggi pasak (mm)

τ = Tegangan geser material (N/mm²)

σ = Tegangan tekan material (N/mm²)

Tujuan penggunaan kedua persamaan tersebut adalah untuk menghitung ukuran satu dimensi minimal pasak yang masih dapat menjamin kekuatan sambungan. Nilai terbesar dari kedua perhitungan tersebut akan dijadikan acuan dalam penentuan dimensi akhir pasak (Khurmi and Gupta, 2005).