

DESAIN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TURBIN VERTIKAL KAPASITAS 50 W SEBAGAI SUMBER LISTRIK RUMAH TANGGA

JAMALUDIN

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Tangerang
Jl. Perintis Kemerdekaan I/33, Cikokol, Kota Tangerang
Email: *jamaludinpermana14@yahoo.com*

ABSTRAK

Turbin angin vertikal adalah salah satu alat yang dapat mengkonversi energi angin menjadi energi mekanis dan selanjutnya dapat diubah kedalam energi listrik. Selain murah dan sederhana dalam pembuatannya, alat ini juga mudah dalam perawatannya dan cocok untuk diaplikasikan sebagai sumber listrik untuk kalangan rumah tangga serta daerah-daerah pedalaman yang belum terjangkau oleh jaringan listrik. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah perancangan turbin angin vertikal dengan kapasitas 50 Watt dengan kecepatan angin 5,5-6 m/s (data BMG) yang merupakan kecepatan angin rata-rata yang berhembus di daerah Jabodetabek dapat dijadikan sebagai acuan perancangan turbin angin ini. Berdasarkan dari hasil perhitungan secara estimasi untuk rancangan turbin angin vertikal dengan daya rencana 50 watt menghasilkan torsi yang dihasilkan untuk 3 sudu gaya torsi terendah 0,85 Nm pada kecepatan angin 8 m/s sampai dengan maksimum 10,46 Nm pada kecepatan angin 4 m/s, Untuk 5 sudu gaya torsi terendah 1,10 Nm pada kecepatan angin 8 m/s sampai dengan maksimum 13,5 Nm pada kecepatan angin 4 m/s dan untuk 6 sudu gaya torsi terendah 1,20 Nm pada kecepatan angin 8 m/s dan 14,79 Nm pada kecepatan angin 4 m/s. Dengan demikian berdasarkan kecepatan angin rata-rata Jabodetabek yaitu 5,5-6 m/s, maka desain yang optimal untuk menghasilkan daya 50 watt: Torsi = 5,24 Nm, $V = 6$ m/s, $B = 6$ buah, $C_p = 0,18$, $d = 1,61$ m, $r = 1,61$, luas tangkapan rotor = 2,09 m² dan tinggi rotor = 1,3 m.

Kata Kunci: Turbin Angin, Turbin Vertikal, Torsi, Kecepatan Angin.

1. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang Masalah

Keterbatasan energi listrik dan tingginya ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang sudah mulai menipis, membuat pemerintah harus mencari alternatif lain sebagai sumber energi. Potensi Sumber Daya Alam yang berlimpah, baik air, angin, maupun matahari merupakan alternatif peluang yang seharusnya dimanfaatkan sebaik-baiknya oleh pemerintah. Angin merupakan salah satu sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik dan tidak dapat habis untuk diperbaharui kembali, oleh karena itu energi angin adalah energi alternatif yang memiliki prospek baik untuk memenuhi kekurangan energi listrik selain

keberadaannya yang selalu tersedia, energi angin juga merupakan energi yang ramah lingkungan. Ketersediaan Sumber Daya Angin di daerah pesisir diharapkan mampu membantu masyarakat di wilayah tersebut untuk mengatasi masalah krisis listrik yang terjadi. Angin dapat dikonversikan menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Pemodelan menggunakan program komputer adalah pilihan yang dapat mempermudah, mempercepat, dan lebih hemat biaya. Penelitian ini membahas tentang penggunaan turbin angin jenis vertikal yang bisa dimanfaatkan oleh rumah tangga.

2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, pe-

nulis mengidentifikasi beberapa masalah yang akan dijadikan bahan penelitian:

1. Pemanfaatan sumber energi angin skala rendah untuk memenuhi kebutuhan listrik skala rumah tangga.
2. Pemanfaatan turbin ventilator sebagai penghasil listrik skala rumah tangga.

3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Diantara tujuan penelitian ini adalah pertama, membuat alat yang dapat memanfaatkan energi angin untuk keperluan penerangan dalam skala rumah tangga; dan kedua, tersedianya listrik di daerah terpencil terutama untuk listrik rumah tangga.

Sedangkan manfaat Penelitian ini adalah pemanfaatan turbin ventilator sebagai sumber tenaga listrik diharapkan mampu menjadi salah satu alat pembangkit listrik tenaga angin dengan skala rendah untuk menjadi sumber tenaga listrik skala rumah tangga.

2. LANDASAN TEORI

1. Energi Angin

Pada dasarnya angin terjadi karena adanya perbedaan suhu antara udara panas dan dingin. Di daerah Khatulistiwa yang panas, udaranya menjadi panas, mengembang dan menjadi ringan, menaik ke atas dan bergerak 30° hingga 60° ke daerah yang lebih dingin misalnya daerah Kutub. Sebaliknya di daerah Kutub yang dingin, udaranya menjadi dingin dan turun ke bawah dengan demikian terjadi suatu perputaran udara berupa perpindahan udara dari Kutub Utara ke Garis Khatulistiwa menyusuri permukaan bumi sekitar 30° hingga 60°, dan sebaliknya suatu perpindahan udara dari Garis Khatulistiwa kembali ke Kutub Utara, melalui lapisan udara yang lebih tinggi.

2. Kapasitas Turbin Angin

Kapasitas turbin angin dikategorikan pada tiga kapasitas antara lain

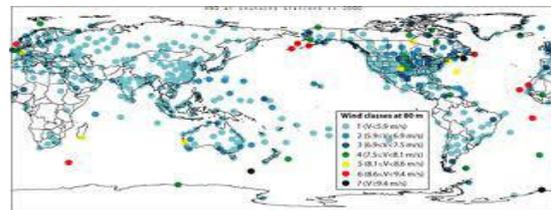
- 1) Kapasitas kecil : sampai 10 kW
- 2) Kapasitas sedang : 10 kW s/d 100 kW
- 3) Kapasitas besar : di atas 100 kW

3. Potensi Angin Berdasarkan Kecepatan Angin di Indonesia

1. Kelompok I: Lokasi dengan kecepatan angin rata-rata 1 - 2,5 m/det, daya yang dihasilkan antara 0-200 kWh/m² se-

tahun. Kondisi angin tersebut kurang baik untuk didayagunakan.

2. Kelompok II: Lokasi dengan kecepatan angin rata-rata 2,5 – 4 m/det, daya yang dihasilkan antara 201 – 1000 kWh/m² setahun. Kondisi ini cukup baik sebagai penggerak sistem konversi energi listrik skala kecil dan untuk keperluan pemompaan.
3. Kelompok III: Lokasi dengan kecepatan angin rata-rata 4,5–12 m/det, daya yang dihasilkan lebih dari 1000 kWh/m² setahun. Kondisi ini amat memadai untuk dikembangkan kemanfaatannya baik untuk pembangkit skala kecil maupun besar.



Gambar 1 Peta Energi Angin di Indonesia

Pemanfaatan energi angin untuk menggerakkan kincir angin yang selanjutnya di konversi ke bentuk energi yang lain, sangat diperlukan data kecepatan angin, arah angin dalam kurun waktu yang cukup lama. Energi angin adalah merupakan suatu energi kinetis atau energi akibat kecepatan angin dan selanjutnya energi kinetis inilah yang dapat digunakan untuk memutar sudu-sudu kincir angin. Energi tersebut dapat dihitung dengan formula

$$E = \frac{1}{2} m \cdot V \dots\dots\dots \text{(Joule)}$$

Dimana:

E = adalah energi kinetis (joule)

m = adalah massa udara (kg)

V = adalah kecepatan angin (m/s)

Jika suatu blok udara yang mempunyai penampang A (m²) dan bergerak dengan kecepatan V (m/s), maka jumlah massa udara yang mengalir tiap detik adalah:

$$m = A \cdot V \cdot \rho \dots\dots\dots \text{(Kg/detik)}$$

Dimana:

m = massa udara yang mengalir (kg/detik)

ρ = kerapatan udara (kg/m³)

A = penampang udara (m²)

V = kecepatan angin (m/detik)

Selanjutnya didapatkan energi yang dihasilkan persatuan waktu adalah:

$$P = E / \text{satuan waktu}$$

$$= \frac{1}{2} A \cdot V^3 \cdot \rho \dots\dots\dots (\text{watt})$$

Menurut Brown, C.K. and Warne (1975) daya efektif dari angin yang mungkin dihasilkan oleh suatu kincir angin dapat dihitung dengan formula:

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot D^2 \cdot V^3 \dots\dots\dots (\text{watt})$$

Dimana:

E_a = daya efektif yang dihasilkan kincir angin (watt)

C_p = koefisien daya

D = diameter kincir angin (m)

V = kecepatan angin (m/s)

Selanjutnya sistem konversi energi angin untuk membangkitkan tenaga listrik dihitung dengan formula:

$$\left(\frac{P_{syst}}{A}\right) wp = C_p \times \eta_{tr} \times \eta_g \times \eta_b \times \frac{1}{2} \rho \times V^3 \dots\dots\dots (\text{watt/m}^2)$$

Dimana:

C_p = Koefisien daya = 0,4

η_{tr} = Koefisien transmisi = 0,95

η_g = Koefisien generator = 0,85

η_b = Koefisien baterai = 0,75

ρ = Kerapatan udara = 1,2 kg/m³

V = Kecepatan angin ($\frac{m}{detik}$)

Dengan mensubstitusikan harga-harga tersebut diatas ke persamaan diatas maka didapatkan energi listrik yang dapat dibangkitkan/satuan luas penampang sudu kincir angin adalah:

$$\left(\frac{P_{syst}}{A}\right) wp = 0,1454 \times V^3 \dots\dots\dots \text{watt/m}^2$$

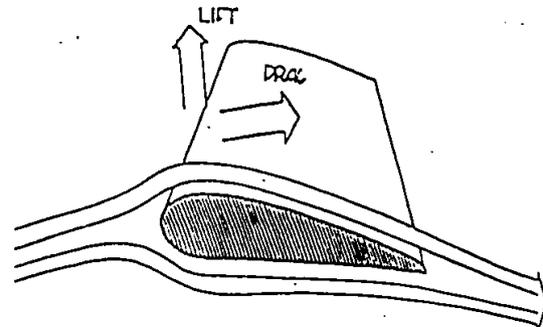
Dan untuk selang waktu dt didapat.

$$\left(\frac{P_{syst}}{A}\right) wp = 0,1454 \times V^3 \times dt \dots\dots\dots \text{watt/m}^2$$

4. Cara kerja kincir angin.

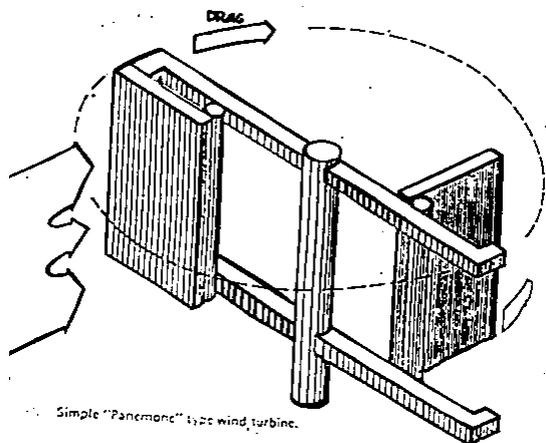
Prinsip kerja kincir angin adalah terjadinya perputaran sudu kincir akibat adanya gaya yang ditimbulkan oleh angin yang berpengaruh. Angin yang bergerak dengan kecepatan tertentu akan menghasilkan gaya pada sudut kincir angin sebagai berikut:

1. *Drag Force* (Gaya seret)
2. *Lift Force* (Gaya angkat) penampang dari sudu kincir angin yang mendapat pengaruh gaya seret dan gaya angkat dapat dilihat pada:



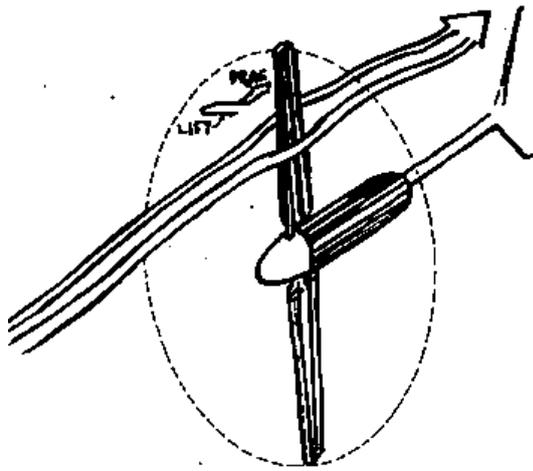
Gambar 1. Gaya-gaya yang berlaku pada sudu kincir angin.

Gaya *lift* merupakan komponen gaya tegak lurus arah kecepatan angin sedangkan *drag force* merupakan komponen gaya yang sejajar arah kecepatan angin. Kombinasi dari gaya tersebut dihasilkan tenaga angin untuk memutar sendiri sudu kincir angin. Dibawah ini digambarkan kincir angin jenis Panemone yang memanfaatkan keseluruhan komponen gaya seret (*Drag Force*).

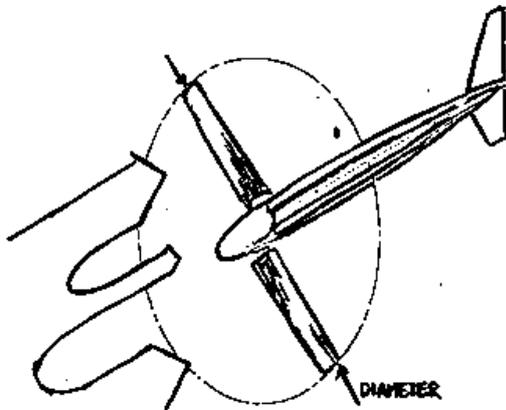


Gambar 2. Kincir angin jenis Panemone

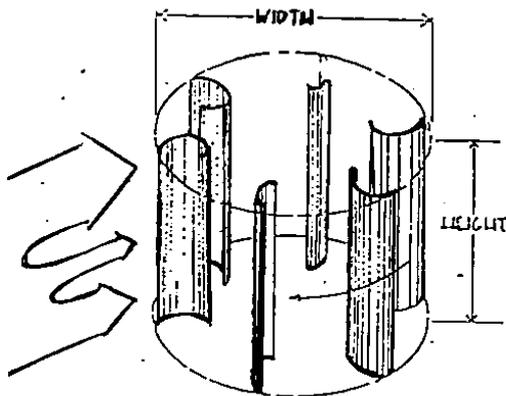
Kincir Angin yang memanfaatkan gaya lift untuk menghasilkan tenaga diperlihatkan pada Gambar 3. Gaya angkat diusahakan semaksimal mungkin dan gaya seret seminimal mungkin karena gaya seret dapat menumbangkangkan menara.



Gambar 3 Kincir Angin poros horizontal tenaga angkat.



Gambar 4. Kincir angin poros horizontal



Gambar 5. Turbin angin poros vertikal

3. METODE PENELITIAN

Dalam laporan penelitian analisa pemanfaatan turbin ventilator sebagai sumber listrik skala rumah tangga dengan kapasitas 50 Watt peneliti melakukan beberapa tahapan diantaranya: studi pustaka, pengambilan data, analisa, pembuatan alat dan uji coba. Pembuatan rancangan alat bertujuan untuk memastikan data yang diperoleh dari hasil

studi literatur dan studi lapangan sesuai dengan analisa perhitungan.

1. Mulai

Pada tahap ini penulis mulai penelitian dengan dosen yang serumpun bertujuan untuk mendapatkan pengarahan dari dosen serumpun dalam penyusunan sistematika laporan penelitian dan bentuk yang baik serta koreksi dan masukan materi selama proses pembuatan dan penyusunan penelitian ini.

2. Studi Kepustakaan

Metode ini untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan topik penelitian yang dapat diambil dari skripsi, jurnal, studi lapangan yang digunakan sebagai referensi untuk melakukan penelitian dan menyusun laporan.

3. Pengambilan Data

Metode ini dilakukan untuk mendapatkan data-data yang akan dianalisa dengan cara melakukan observasi dilapangan dan wawancara.

4. Analisa

Data dari hasil observasi dilapangan dan wawancara kemudian dianalisa untuk menentukan spesifikasi turbin.

5. Pembuatan Alat

Pembuatan alat ini adalah untuk memastikan data yang diperoleh dari hasil studi literatur dan studi lapangan yang telah dianalisa sesuai dengan hasil perhitungan dan analisa penulis.

6. Pengujian

Pengujian alat dilakukan untuk memastikan bahwa turbin ventilator dapat bekerja sebagai penggerak turbin angin untuk menghasilkan listrik.

4. ANALISA PEMBAHASAN

1. Analisa Kecepatan Angin

Dalam proyek penelitian ini pengukuran di lakukan untuk mengetahui besar kecepatan angin. Data tersebut sebagai berikut:

1. Asumsi aliran udara dinamis dan *incompressible*.
2. Temperatur lingkungan kerja (T): $30^{\circ}\text{C} = 303\text{ K}$ dan di asumsikan konstan selama pengambilan data berlangsung.
3. Massa jenis (ρ) = $1,176\text{ kg/m}^3$

Tabel 1 Data Pengukuran Kecepatan Angin

	13.00		14.00		15.00		16.00		17.00		Rata2	Rata2
	Kec	Rpm	Kec	Rpm	Kec	Rpm	Kec	Rpm	Kec	Rpm	Rpm	Kec
28/08	2,8	712,7	2,66	677,1	4,2	1069	3,36	855,3	2,1	534,6	769,7	3,024
29/08	2,1	534,6	2,8	712,7	4,06	1033	4,2	1069	2,52	641,5	798,2	3,136
30/09	1,26	320,7	3,36	855,3	4,9	1247	2,1	534,6	2,66	677,1	726,9	2,856
Rata-Rata Keseluruhan											764,9	3,005

Perhitungan energi yang dihasilkan oleh energi angin, memenuhi persamaan daya listrik yang dihasilkan, udara yang bergerak dikonversi menjadi energi listrik melalui turbin. Sehingga daya atau energi persatuan waktu dari angin dapat ditunjukkan dengan persamaan :

$$P_t = \frac{1}{2} \times 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times (3,14 \times (0,33)^2 \text{m}^2 \times 3,005^3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}^3})$$

$$= 5,57 \frac{\text{kg}}{\text{s}^3} \text{m}^3 \cong 5,57 \text{ watt}$$

Besar torsi yang dihasilkan poros ventilator adalah:

$$T = \frac{P \cdot 60}{2\pi N} = \frac{5,57 \text{ watt} \cdot 60}{2\pi \times 764,9 \text{ rpm}} = 0,069 \text{ Nm}$$

2. Analisa Konstruksi Turbin Ventilator

Komponen alat uji coba ini adalah sebagai berikut:

a). Analisa Bahan Poros

Pada pemesanan pembuatan poros, masih terdapat ketidak jelasan akan nama bahan yang ada dipasaran. Setelah poros selesai, maka poros tersebut akan kembali di uji agar mendapatkan tipe bahan poros sebagaimana mestinya.

Untuk mengetahui tegangan tarik dari poros tersebut dapat dilakukan uji kekerasan melalui uji kekerasan lekukan (*indentation hardness*). Untuk pengujian kekerasan ini kami menggunakan uji kekerasan *brinell* dengan menggunakan sistem alat uji *Universal Hardness Tester*. Indentor yang digunakan adalah bola baja dengan diameter (*D*) 5 mm. Beban penekanan (*P*) pada alat uji yaitu 300 kg (2940 N).

Data pengujian Brinell didapat dari hasil pengujian di Lab Puspipetek Serpong Tangerang, di dapat data pengujian dan dengan mengacu berdasarkan persamaan rumus (2.12) maka diperoleh harga keke-rasan *brinell* (Tabel 4.2) sebagai berikut.

Tabel 2 Harga Kekerasan *Brinell* Pada Bahan Poros

No.	Bahan	Diameter indentasi (mm)	Harga kekerasan <i>Brinell</i> (kg/mm ²)	Rata-rata (kg/mm ²)
1.	Poros	1,325	540,50	540,48
2.	Poros	1,295	540,91	
3.	Poros	1,360	540,02	

Dengan memasukkan harga kekerasan *brinell* rata-rata ke dalam persamaan rumus (2.13) di atas maka diperoleh harga kekuatan tarik bahan poros tersebut.

$$\sigma_B = 0,345 \times HB$$

$$= 0,345 \times 540,48 \text{ N/mm}^2$$

$$= 186,46 \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan hitungan di atas bahan tersebut mempunyai kekuatan tarik sebesar 186,46 N/mm² Berdasarkan klasifikasi baja karbon, bahan tersebut digolongkan sebagai baja karbon medium (*mild steel*). Berdasarkan tabel baja konstruksi umum menurut DIN 17100 (terlampir) bahan tersebut digolongkan ke dalam baja *ST 60*. dengan No. Bahan 1,0540 dan Jenis Baja Fe60-1 (*Euronoom 25*). Bahan ini dapat diketahui sifat mekanis melalui tegangan tariknya dan sifat-sifat penting yang berpengaruh pada lingkungan. Bahan poros ini keras, ulet, mampu mesin, tangguh, mampu las, tahan terhadap torsi, dan tahan karat.

b). Analisa Poros Ventilator

Pada perencanaan, poros ventilator berupa poros pejal, adapun dalam menentukan besarnya poros sesuai persamaan (2.7):

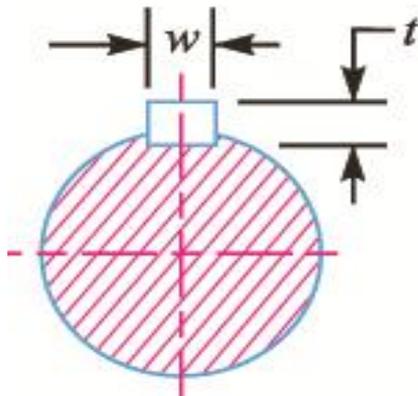
$$d = \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi\tau}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{16 \times 69 \text{ Nmm}}{\pi \times 60 \text{ N/mm}^2}}$$

$$= 14,35 \text{ mm}$$

c). Analisa Perencanaan Pasak Pada Poros Ventilator

Pasak yang digunakan adalah jenis "pasak benam segiempat". Pasak inilah yang dipergunakan untuk menyambung antara poros motor listrik dan pulli.



Gambar 6 Tipe dan Ukuran Pasak

Berdasarkan ketentuan ukuran pasak (*Khurmi Gupta*), dimana untuk nilai w dan t adalah sebagai berikut:

$$w = \frac{d}{4} = \frac{12 \text{ mm}}{4} = 3 \text{ mm}$$

Dengan perhitungan diatas didapat ketebalan pasak (w) adalah 3 mm, tetapi untuk keamanan poros motor dan berdasarkan tabel, maka dianjurkan ambil pasak berketebalan 5 mm. Dari Tabel tersebut didapat juga untuk tinggi pasak (t) tersebut sebesar 5 mm.

Dalam perencanaan, besar torsi yang terjadi pada poros harus lebih besar dari torsi yang dipindahkan. Analisa sebagai berikut:

$$T_p = k \times T$$

$$= 1,25 \times 0,069 \text{ Nm} = 0,086 \text{ Nm}$$

Pada perencanaan pasak tersebut diatas, diperkirakan pada pasak tersebut akan terjadi 2 hal, yaitu:

a. Pasak Akan Putus Terhadap Gaya Gesek

Dengan asumsi ini, maka pasak akan mengalami gaya keliling, ini terjadi karena poros berputar. Maka panjang pasak yang diperlukan adalah sebagai berikut:

$$L = \frac{2 \times 86 \text{ Nmm}}{5 \text{ mm} \times 42 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 12 \text{ mm}} = 0,07 \text{ mm}$$

b. Pasak Akan Rusak Akibat Tekanan Bidang

Berdasarkan asumsi tersebut, maka panjang pasak yang diperlukan adalah sebagai berikut:

$$L = \frac{4 \times 86 \text{ Nmm}}{5 \text{ mm} \times 70 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 12 \text{ mm}} = 0,08 \text{ mm}$$

Berdasarkan analisa panjang pasak pada point a dan b tersebut diatas, terdapat ukuran panjang pasak 0,07 mm dan 0,08 mm. Untuk proses perancangan ini, diambil ukuran pasak 0,08 mm dengan alasan gaya akibat tekanan bidang lebih besar dibanding besarnya gaya yang akan memutuskan pasak.

5. Analisa Putaran Yang Dihasilkan Roda Gigi Kerucut Lurus

Putaran dari Poros Ventilator, selanjutnya akan diteruskan poros ke roda gigi. Roda gigi dalam perancangan ini adalah roda gigi kerucut tipe lurus, alasan pemilihan roda gigi kerucut adalah dikarenakan letak poros ventilator tegak lurus.

Adapun pada perancangan ini, roda gigi tersebut di pilih dari material yang sudah ada. Dalam artian mencari jenis dan ukuran dipasaran, alasan ini diambil karena dalam pembuatan roda gigi ini akan memakan biaya yang dikalkulasi adalah 3 kali dari harga yang ada di pasaran. Roda gigi ini hanya memin-dahkan daya. Adapun besarnya putaran yang dihasilkan mengacu pada per-samaan (2.29):

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \rightarrow \frac{764,9 \text{ rpm}}{n_2} = \frac{16 \text{ bh}}{32 \text{ bh}}$$

$$n_2 = 1529,8 \text{ rpm}$$

Selanjutnya putaran tersebut akan diteruskan ke pulli penggerak.

d). Analisa Perencanaan Kebutuhan Pulli

Pada perencanaan pulli dan ketersediaannya dipasaran, diambil ukuran pulli penggerak 177,8 mm sedangkan pulli yang digerakkan 50,8 mm. Besarnya kecepatan dari pulli yang digerakkan adalah sebagai berikut:

$$n_3 = \frac{1529,8 \text{ rpm} \times 177,8 \text{ mm}}{50,8 \text{ mm}} = 5354,3 \text{ rpm}$$

Dengan demikian, didapat kecepatan akhir pulli digerakkan sebesar 5354,3 rpm.

e). Analisis Perencanaan Transmisi Sabuk

Pemilihan jenis sabuk disini adalah tipe A dengan ukuran lebar 12,5 mm, tinggi 9 mm dan dengan sudut $2\beta = 40^\circ$. Jenis bahan sabuk adalah *leather/* kulit. Perancangan sabuk, terdapat beberapa kategori sebagai analisa, yaitu:

a) Kecepatan Linier Sabuk

$$v = \frac{\pi \times d_1 \times n_1}{60}$$

$$v = \frac{3,14 \times 0,14 \text{ m} \times 1529,8 \text{ rpm}}{60} = 11,21 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Adapun kecepatan linear sabuk yang diizinkan adalah sebesar 30 m/s (Khurmi, 1984). Denga demikian perencanaan sabuk dikatakan aman, karena 11,21 m/s < 30 m/s.

b) Perhitungan Kebutuhan Panjang Sabuk-V (V-Belt)

Berdasarkan jari-jari *pulley* yang digunakan serta jarak antara sumbu poros pulli penggerak dan yang digerakkan 100 mm, maka kebutuhan panjang sabuk dapat dicari dengan menggunakan persamaan rumus (2.32).

$$L = \frac{\pi}{2}(d_2 + d_1) + 2x + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4x}$$

$$L = \left[\frac{3,14}{2} \cdot (177,8 + 50,8) \right] + [2 \cdot 100] + \left[\frac{(177,8 - 50,8)^2}{4 \cdot 100} \right]$$

$$= 599,22 \text{ mm}$$

Berdasarkan ketersediaan sabuk/belt dipasaran, maka hasil tersebut disesuaikan dengan table yang ada dipasaran (terlampir). Dari table tersebut didapat ukuran 610 mm dengan standar nominal sabuk dipasaran adalah sabuk dengan nomor 24.

c) Tegangan Sisi Kendor (T_2) Dan Sisi Kencang (T_1)

1. Massa dari permeter sabuk adalah:
 $m = 0,009 \text{ m} \times 0,0125 \text{ m} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,1125 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
2. Tegangan sentrifugal sabuk adalah:
 $T_c = 0,1125 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times \left[11,21 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]^2 = 14,14 \text{ N}$
3. Tekanan maksimum sabuk adalah:
 $T = \left[5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right] \times [9 \text{ mm} \times 12,5 \text{ mm}] = 562,5 \text{ N}$
4. Tegangan sisi kancang sabuk adalah:
 $T_1 = 562,5 \text{ N} - 14,14 \text{ N} = 548,36 \text{ N}$
5. Tegangan sisi kendor sabuk adalah:
 $\sin \alpha = \frac{\left[\frac{177,8 - 50,8}{2} \right] \text{mm}}{300 \text{ mm}} = 0,08$ maka $\alpha = 4,59^\circ$
 $\theta = 180^\circ - (2 \times 4,59) = 170,82^\circ \cong 170,82^\circ \times \pi / 180^\circ = 2,98 \text{ rad}$
Analisa yang terjadi adalah sebagai berikut:
 $\log \left[\frac{T_1}{T_2} \right] = 1,33$ maka $\left[\frac{T_1}{T_2} \right] = 21,4$
 $T_2 = 25,88 \text{ N}$

6. Daya yang ditransmisikan oleh sa-buk adalah:

$$P = (T_1 - T_2) \cdot v$$

$$= (553,81 \text{ N} - 25,88 \text{ N}) \times 11,21 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$= 4640,50 \text{ watt}$$

5. KESIMPULAN

Berdasarkan rumusan masalah pada penelitian ini dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kecepatan angin yang dapat dimanfaatkan rata-rata 5 jam tiap hari yaitu antara pukul 11.30 sampai pukul 13.30 dan besarnya antara 3 sampai 9,5 m/detik.
2. Energi angin pada kondisi tersebut adalah disekitar 87 sampai 2.272 kwh/m2.
3. Energi Listrik yang dapat dibangkitkan antara 3,9 sampai 117 watt /m²
4. Jika digunakan kincir angin diameter 5 m maka energy listrik yang dibangkitkan 76,5 watt

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Sayogo, Novi Caroko, 2016, *Perancangan dan Pembuatan Kincir Angin Tipe Horozontal Axis Wind Turbine (HAWT) Untuk Daerah Pantai Selatan Jawa*, Skripsi, Prodi Teknik Mesin, UMY, Yogyakarta.
- Ansel C. Ugural. 2003. *Mechanical Design: An Integrated Approach*. McGraw-Hill Inc, New York.
- Azwarsyah dan Asran. *Prototipe Turbin Skala Kecil Tipe Vertikal Axis untuk Baterry Charging di Daerah Remite Area*. Electrician Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro. Vol. 3 No.2 Mei 2009: 119-124
- Edy Sucipto, 2009, *Analisa Daya Generator Pada Pembangkit Iistrik Tenaga Angin*, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta..
- Fatah, M. 2011. *Studi Experimental dan Numerik Pengaruh Rasio Panjang dan Diameter Turbine Ventilator Terhadap Unjuk Kerja Turbine Ventilator*, Tesis.

- Surabaya (ID): Institut Teknologi Sepuluh Noverber.
- Hansen, L.H., Hele, L., Blaabjerg, F., Ritchie, E., Munk-Nielsen, S., Binder, H., Sorensen, P., and Bak-Jesen, B. 2001. *Conceptual Survey of Generator and Power Electric for Wind Tuurbine*, Riso National Laboratory, Denmark.
- Kadir, A. 1995. *Energi: Sumberdaya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi*, Edisi Ke-2. Universitas Indonesia (UI Press): Jakarta.
- Khurmi, R. S., Gupta, J. K. 2005. *Machine Design*. Eurasia Publising House, New Delhi.
- Martono, T. 2010 *Perancangan Kincir Angin Axis Vertikal Type Baru untuk Generator Listrik Teanga Angin*. DI dalam: *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*. Pengembangan Teknologi Kimia untuk pengelolaan Sumber Daya Alam Indonesia; 2010 Jan 26: Yogyakarta, Indonesia. Yogyakarta (ID).
- Muhammad Jumhadi, 2016, *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin Untuk Penerangan Sebagai Penyedia Listrik Alternatif*, Prosiding SNRT, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Bangka Belitung.
- Saito, S., & Surdia, T. 2005 *Pengetahuan Bahan Teknik*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Shigley, J.E. 2004 *Standard Handbook Of Machine Design*, California.
- Sularso & Kiyokatsu Suga. 1985. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Tipler, P. A. 2001. *FISIKA untuk Sains dan Teknik*. Bambang Soegijono, Penerjemah; Wibi Hardani, editor. Jakarta (ID): Penerbit Erlangga. Terjemahan dari: *PHYSICS for Scientists and Engineers*, Ed ke-3.