

PERANCANGAN TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL UNTUK GEDUNG HOTEL

Alfian Ady Saputra^{1*}, Sabiqunassabiqun¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang,
Jl. Raya Jakarta Km 5 No.6, Kalodran, Kec. Walantaka, Kota Serang, Banten 42183

*Corresponding Author : alfianadys@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini menganalisa potensi energi angin di Gedung Hotel Cikarang serta rancangan turbin angin sumbu vertikal yang sesuai. Data kecepatan dan arah angin diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika dengan stasiun pengamatan di Bandara Halim Perdana Kusumah Jakarta selama dua tahun terakhir, 2022 dan 2023, dengan pertimbangan stasiun ini merupakan stasiun pengamatan BMKG terdekat dengan lokasi Gedung Hotel Cikarang. Analisa data kecepatan angin dihitung dengan menggunakan metode distribusi *Weibull* dan *Rayleigh*, karena fungsi tersebut sesuai untuk menggambarkan distribusi kecepatan angin dengan baik. Rancangan turbin angin sumbu vertikal mencakup perhitungan sudu turbin, poros, pasak, strut, dudukan strut dan komponen penyusun lainnya. Hasil analisa dan perhitungan kecepatan angin menunjukkan bahwa besar rata rata energi angin yang dihasilkan dalam setiap bulan (E_t) sebesar 47571.69 W/h. Desain turbin angin sumbu vertikal dengan diameter rotor 1.414 meter dan daya keluaran sebesar 500 Watt.

Kata kunci: Turbin Angin, Energi, Distribusi *Weibull*, Distribusi *Rayleigh*

Abstract

This research analyzes the potential for wind energy in the Cikarang Hotel Building and the appropriate vertical axis wind turbine design. Wind speed and direction data was obtained from the Meteorology and Geophysics Agency with an observation station at Halim Perdana Kusumah Airport, Jakarta for the last two years, 2022 and 2023, considering that this station is the closest BMKG observation station to the location of the Cikarang Hotel Building. Analysis of wind speed data is calculated using the *Weibull* and *Rayleigh* distribution methods, because these functions are suitable for describing wind speed distributions well. Vertical axis wind turbine design includes calculations of turbine blades, shafts, pins, struts, strut mounts and other constituent components. The results of analysis and wind speed calculations show that the average amount of wind energy produced each month (E_t) is 47571.69 W/h. Vertical axis wind turbine design with a rotor diameter of 1,414 meters and an output power of 500 Watts.

Keywords : *Wind Turbine, Energi, Weibull Distribution, Rayleigh Distribution*

PENDAHULUAN

Saat ini, listrik telah menjadi kebutuhan dasar dan vital bagi kehidupan manusia. Pertumbuhan penduduk yang meningkat di Indonesia mempengaruhi kebutuhan energi yang meningkat pula. Sejauh ini bahan penghasil listrik berasal dari energi fosil khususnya minyak bumi dan batu bara. Energi fosil merupakan energi yang tak terbarukan dimana energi fosil ini dapat habis.

Pemakaian energi fosil juga dapat menyebabkan efek negatif yaitu pemanasan global akibat sisa pembakarannya yang berupa gas CO dan CO₂ (Evi Murniati & Sudarti, 2022). Hal tersebut menjadi faktor yang melatarbelakangi perlunya langkah penghematan energi fosil dan mulai beralihnya ke energi alternatif, seperti pemanfaatan energi angin. Secara teoritis, angin terjadi karena ada perbedaan suhu antara udara panas dan udara

dingin (Mulkan et al., 2022). Panas matahari di daerah khatulistiwa menaikkan suhu udaranya, sehingga udara menjadi panas dan mengembang, kemudian bergerak naik ke atas dan ke daerah yang lebih dingin. Sebaliknya di daerah kutub yang jarang terkena panas sinar matahari, membuat udara menjadi dingin kemudian bergerak turun ke bawah. Peristiwa tersebut menyebabkan adanya perputaran udara berupa perpindahan udara dari kutub utara ke garis khatulistiwa, menyusuri permukaan bumi dan sebaliknya perpindahan udara dari garis khatulistiwa kembali ke kutub utara, melalui lapisan udara yang lebih tinggi (Haryanto et al., 2020).

Pemanfaatan sumber angin untuk penghasil listrik yang sudah ada dengan membangun beberapa unit kincir angin. Kincir angin berprinsip mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik. Kincir angin digolongkan ke dalam dua kategori menurut arah sumbu rotasinya yaitu : Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) (Hernowo, 2020) dan Vertikal Axis Wind Turbine (VAWT) (Ariazena et al., 2021). Negara Indonesia terdiri dari banyak pulau dan dilalui garis khatulistiwa, hal ini membuat Negara Indonesia memiliki potensi energi angin yang cukup bagus. Potensi energi angin di Indonesia cukup memadai, karena kecepatan angin rata-rata berkisar 3,5 - 7 m/detik. Hasil pemetaan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) pada 120 lokasi menunjukkan, beberapa wilayah memiliki kecepatan angin di atas 5 m/detik, masing-masing Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan, dan Pantai Selatan Jawa (Nurry Widya Hesty et al., 2022).

Melihat krisis energi yang sedang terjadi dan potensi angin yang cukup baik di Indonesia, maka pemanfaatan turbin angin sangat membantu mengurangi penggunaan energi fosil yang semakin menipis. Salah satunya penggunaan turbin angin di wilayah perkotaan, dikarenakan penggunaan energi di perkotaan yang sangat tinggi, terutama di kota-kota besar, mengingat bahwa sekitar 75% dari energi yang dihasilkan, dikonsumsi di kota-kota (Yudiartono et al., 2022). Hal ini menjadi latar belakang dari skripsi yang membahas tentang perancangan turbin angin yang akan

ditempatkan di salah satu hotel di kota Cikarang, yaitu Grand Zuri Hotel. Hotel ini memiliki ketinggian cukup tinggi, yaitu 50 meter, sehingga potensi angin juga cukup tinggi. Dengan tingginya potensi angin di salah satu hotel di kota Cikarang, yaitu Grand Zuri Hotel, penelitian ini dilakukan dengan maksud untuk melakukan analisa potensi energi angin di daerah tersebut sehingga dapat menentukan jenis turbin yang sesuai untuk diterapkan berdasarkan hasil analisa yang dilakukan. Dengan melakukan Analisa potensi angin di daerah tersebut diharapkan dapat melakukan pemanfaatan potensi energi angin dengan baik, efektif dan efisien.

METODE

Pengambilan Sumber Data

Untuk mengestimasi potensi energi angin, dimulai dari pengambilan data Badan Meteorologi dan Geofisika dengan stasiun pengamatan di Bandara Halim Perdana Kusumah, dimana lokasi ini merupakan stasiun pengamatan terdekat dengan lokasi gedung hotel Grand Zuri Cikarang. Data yang diambil adalah rata-rata kecepatan angin dan arah angin terbanyak per bulan selama dua tahun yakni tahun 2022 sampai 2023.

Koreksi dan Penyesuaian Data

Data kecepatan angin dari BMKG Stasiun Pengamatan Bandara Halim Perdana Kusuma diukur pada ketinggian 26 m, sedangkan ketinggian Grand Zuri Hotel adalah 50 m, oleh karena itu, agar data kecepatan angin bisa digunakan maka kecepatan angin tersebut perlu diubah menjadi kecepatan angin pada ketinggian 50 m di wilayah perkotaan. Sehingga untuk melakukan prediksi kecepatan angin di suatu lokasi dengan ketinggian dan lingkungan yang berbeda, bisa menggunakan persamaan berikut :

$$V_2 = [V_1 \left\{ \frac{H_2}{Z_2} \right\}^{\alpha_2}] \left[\frac{H_1}{Z_1} \right]^{\alpha_1} \quad (1)$$

V_2 = kecepatan angin yang diukur pada ketinggian Z_2 di lokasi yang ingin diketahui

V_1 = kecepatan angin yang diukur Badan Meteorologi

Z_1 = nilai gradien tinggi pada puncak lapis batas lokasi Badan Meteorologi dan lokasi

Z_2 = nilai gradien tinggi pada puncak lapis batas lokasi yang ingin diketahui

α_1 = kekasaran permukaan di lokasi Badan Meteorologi

α_2 = kekasaran permukaan di lokasi yang ingin diketahui

Model Statistik Untuk Analisis Data Kecepatan Angin

Untuk menganalisis kecepatan angin, dalam skripsi ini menggunakan fungsi distribusi *Weibull* dan *Rayleigh*. Distribusi *Weibull* sering digunakan untuk menggambarkan kondisi angin dan energi angin yang ada pada suatu tempat. Selain itu, fungsi distribusi *Weibull* dapat memprediksi kemungkinan kecepatan angin pada suatu tempat sehingga sangat membantu dalam perancangan sebuah turbin angin. Metode distribusi *Weibull* dalam menggambarkan variasi kecepatan angin, menggunakan parameter bentuk (k) dan parameter skala (c). Parameter bentuk (k) menggambarkan variabilitas dan stabilitas angin.

Distribusi *Weibull* dikategorikan menjadi 2 fungsi, antara lain : Fungsi *probability density*, Fungsi distribusi *cumulative*

Fungsi *probability density* {f(V)} mengindikasikan probabilitas untuk suatu kecepatan angin (V) tertentu, dan dirumuskan dengan

$$f(V) = \frac{k}{c} \times \left[\left(\frac{V}{c} \right)^{\wedge(k-1)} \right] \times e^{-\left(V/c \right)^{\wedge k}} \tag{2}$$

Fungsi distribusi *cumulative* {F(V)} merepresentasikan probabilitas kecepatan angin sama atau lebih rendah dari pada V. Fungsi distribusi *cumulative* F(V) merupakan integral dari fungsi *probability density*, maka

$$F(V) = \int_0^V f(V) dV = 1 - e^{-\left(V/c \right)^{\wedge k}} \tag{3}$$

Besar parameter *Weibull* k dan c dapat dihitung dengan metode standar deviasi

$$k = \left[\frac{\sigma}{V_m} \right]^{\wedge 1,090} \tag{4}$$

$$c = \frac{V_m \times (k^{\wedge 2,6674})}{0,184 + 0,816 k^{\wedge 2,73855}} \tag{5}$$

di mana besar kecepatan rata rata angin (Vm) dihitung menggunakan persamaan

$$V_m = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i^3 \right]^{\frac{1}{3}} \tag{6}$$

sedangkan untuk besar standar deviasi (σ) didapatkan dengan

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - V_m)^2}{n}} \tag{7}$$

Fungsi distribusi *Weibull* juga bisa menunjukkan total energi angin yang tersedia di suatu lokasi per satuan waktu (Ed), menggunakan persamaan

$$E_d = \frac{\rho_a c^3}{2} \Gamma \left[1 + \frac{3}{k} \right] \tag{8}$$

ρ = densitas udara (kg/m³), k = parameter bentuk, c = parameter skala

Besar Ed selama satu periode waktu (Et) sebesar

$$E_t = E_d T \tag{9}$$

kemudian kecepatan angin yang sering muncul selama satu periode waktu (Vf), sebesar

$$V_f = c \left(\frac{k-1}{k} \right)^{\frac{1}{k}} \tag{10}$$

dan besar kecepatan angin yang menghasilkan energi maksimum (VE) selama satu periode waktu

$$V_E = \frac{c(k+2)^{\frac{1}{k}}}{k^{\frac{1}{k}}} \tag{11}$$

Untuk distribusi *Rayleigh* merupakan penyederhanaan dari metode *Weibull*. Penyederhanaan ini dilakukan dengan mengasumsikan nilai parameter k sama dengan 2. Penggunaan metode *Rayleigh* ini biasa digunakan bila data yang didapat sangat sedikit, semisal merupakan rata rata kecepatan angin satu bulan selama satu tahun, dll. Sama seperti pada metode *Weibull*, metode *Rayleigh* dibagi menjadi 2 antara lain : Fungsi *Probability Density*, Fungsi *Cumulative Distribution*

Daya yang dihasilkan oleh turbin angin (Pt) tergantung pada efisiensi turbin angin (Cp), yang bisa dihitung dengan persamaan

$$P_t = C_p \frac{1}{2} \rho A_t V^3 \tag{12}$$

$$T = \frac{P_t}{\omega} \tag{13}$$

Pt = daya yang dihasilkan turbin (watt), Cp = koefisien daya turbin angin, At = luas sapuan rotor turbin (m²), ρ = massa jenis udara (kg/m³), A = luas area (m²), V = kecepatan angin (m/s), T = besar torsi (N.m), ω = kecepatan sudut (rad/s)

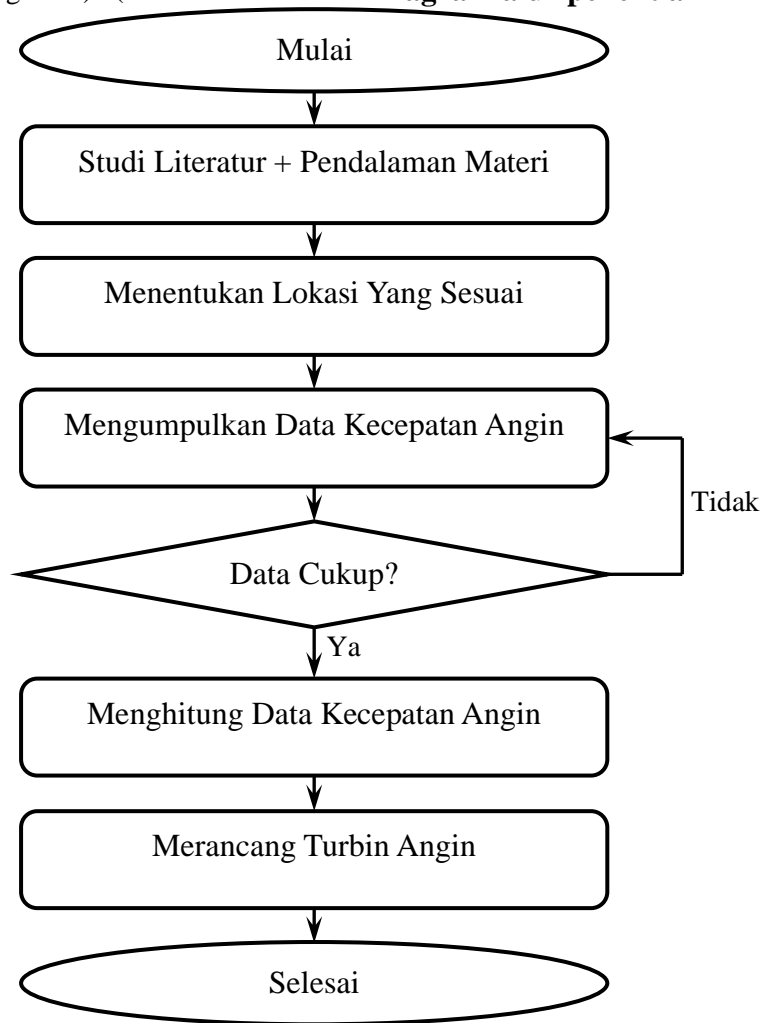
Daya dan Konfigurasi Turbin Angin Sumbu Vertikal

$$P_t = \frac{1}{2} \times \rho \times V^3 (A_d C_{Pd}) \tag{14}$$

A_d = Swept Area untuk turbin Darrius (m^2),
 C_{Pd} = Koefisien daya untuk Rotor Darrius, ρ =
Massa jenis fluida (kg/ m^3) (untuk udara

sebesar $1,1514 kg/m^3$), V = Kecepatan
angin (m/s)

Diagram alur penelitian



Gambar 1 Diagram alur penelitian

Studi literatur dan pendalaman materi

Memepelajari literatur berupa buku-buku tentang teori turbin angin dan mengkaji ulang penelitian-penelitian yang telah ada sebelumnya tentang langkah-langkah dalam merancang turbin angin sumbu vertikal sehingga mendapatkan pemahaman yang mendalam.

Menentukan lokasi yang sesuai

Lokasi yang akan digunakan sebagai tempat penelitian yaitu di Kampung Setia Mekar Rt 04/02, Desa Hurip Jaya Kecamatan Babelan, Bekasi.

Menggambar sket turbin angin

Sket turbin digambar untuk mengetahui perancangan sebelumnya. Tujuan ini digunakan agar penulis dapat mengetahui bentuk turbin angin sebelum melanjutkan perancangan selanjutnya.

Mengumpulkan data kecepatan angin

Mencari data kecepatan angin terlebih dahulu. Data kecepatan angin adalah langkah awal untuk mengetahui potensi energi angin pada suatu tempat, yang mana data tersebut bisa didapatkan dengan cara mengukur langsung dilokasi selama kurun waktu yang ditentukan atau dari Badan Meteorologi setempat. Data kecepatan angin yang didapat harus data

angin minimal dalam satu tahun terakhir, sehingga data bisa dijadikan dasar acuan dalam mendesain turbin angin.

Menghitung data kecepatan angin

Data kecepatan angin yang sudah didapatkan kemudian diolah bisa menggunakan fungsi distribusi *Weibull* dan *Rayleigh*. Hasil pengolahan data ini akan menunjukkan karakteristik angin pada lokasi, antara lain kecepatan angin rata-rata, kecepatan angin yang paling sering muncul, serta berapa besar energi yang dapat dihasilkan oleh angin di lokasi tersebut.

Merancang turbin angin

Berdasarkan hasil pengolahan kecepatan angin sebelumnya dan literatur yang ada, maka perancangan turbin angin sumbu vertikal dimulai dengan memilih dimensi rotor darrieus. Menganalisa gaya gaya yang terjadi pada turbin angin dalam keadaan statik maupun dinamik sehingga ukuran komponen komponen penyusun turbin angin sumbu vertikal dapat diketahui.

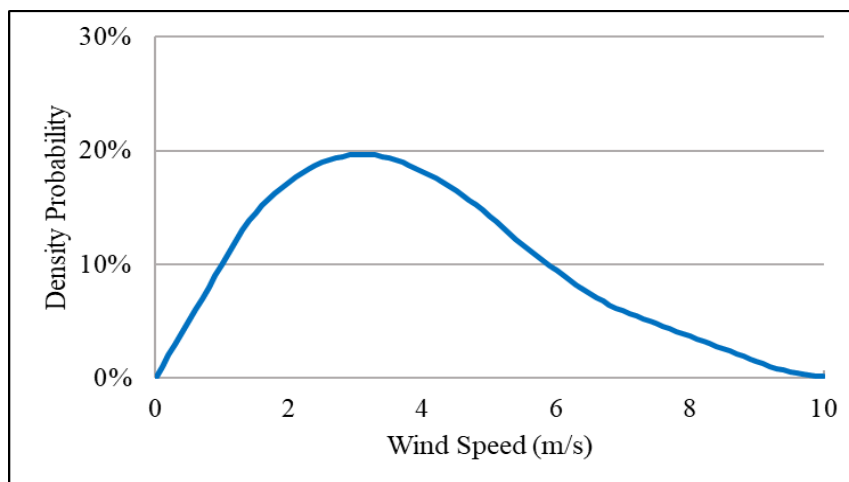
Menggambar desain turbin angin

Hasil desain turbin angin sumbu vertikal selanjutnya dimodelkan menggunakan software Uni Graphic atau Solid Work dalam bentuk 3D dan pada Autocad dalam bentuk 2D.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Grafik Hasil Distribusi

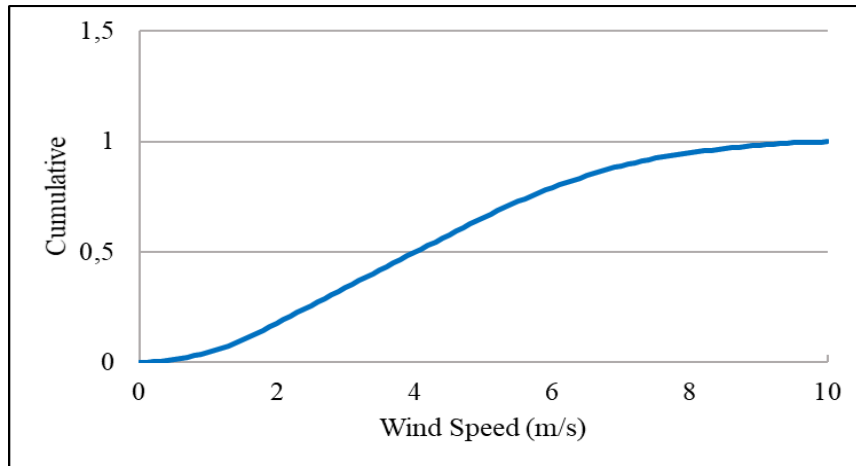
Gambar 2 menunjukkan grafik hasil distribusi fungsi *probability density* dan distribusi *cumulative* untuk data kecepatan angin selama tahun 2022 dan 2023,



Gambar 2 Grafik Fungsi *probability density* tahun 2022 dan 2023

Pada gambar 2 diketahui bahwa kecepatan angin 2,67 m/s memiliki peluang terjadi sebesar 19,8% sedangkan kecepatan angin 6 m/s memiliki peluang terjadi sebesar 9,2%. Hal tersebut terjadi karena dari hasil analisa kecepatan angin, data kecepatan angin

sebesar 2,67 m/s lebih sering terjadi dibandingkan kecepatan angin lainnya sehingga kecepatan angin sebesar 2,67 m/s memiliki peluang lebih sering terjadi dibandingkan dengan kecepatan lainnya.



Gambar 3 Grafik Fungsi distribusi *cumulative* tahun 2022 dan 2023

Dari gambar 3 yang merupakan grafik fungsi distribusi *cumulative*, diketahui bahwa untuk kecepatan angin 3.3 m/s memiliki frekuensi untuk muncul atau terjadi sebesar 43.4%, sedangkan kecepatan angin 6 m/s memiliki frekuensi untuk muncul atau terjadi sebesar 84.2%,

Potensi Energi Angin

Potensi energi angin dalam fungsi distribusi *Weibull* bisa dilihat dari nilai V_f (kecepatan angin yang sering muncul selama satu periode waktu), V_e (besar kecepatan angin yang menghasilkan energi maksimum selama

satu periode waktu dan E_t (total energi angin yang tersedia di suatu lokasi per satuan waktu), setelah dihitung berikut nilai ketiga variabel :

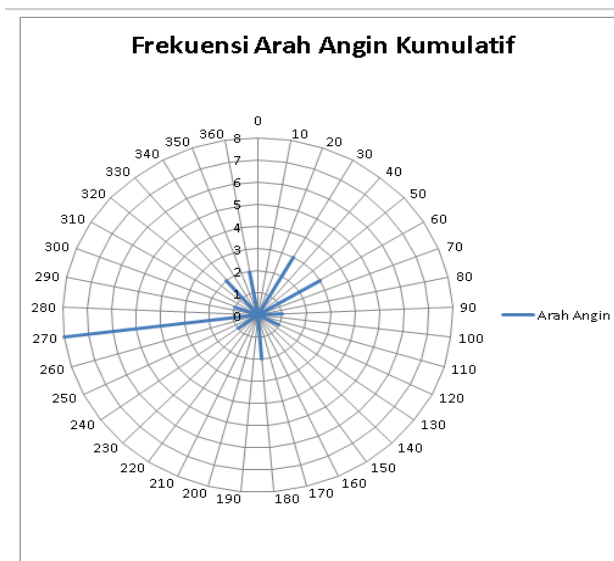
$$V_f = 4.42 \left(\frac{2-1}{2} \right)^{\frac{1}{2}} = 3.125 \text{ m/s}$$

$$V_e = \frac{4.42(2+2)^{\frac{1}{2}}}{\frac{1}{2}} = 6.25 \text{ m/s}$$

$$E_d = \frac{1.1514 \times 4.42^8}{2} \Gamma \left[1 + \frac{3}{2} \right] = 66.01 \text{ Watt}$$

$$E_t = 66.01 \times 24 \times 30 = 47571.69 \text{ Wh per bulan}$$

Bentuk Grafik Windrose Data Kecepatan Angin



Gambar 4 Grafik *windrose* BMKG Halim Perdana Kusuma Tahun 2022 dan 2023

Bisa diketahui dari gambar 4, bahwa arah angin di Badan Meteorologi Bandara

Halim Perdana Kusumah paling banyak berasal dari arah barat (270^0) dengan frekuensi sebesar 8 kejadian.

Berdasarkan uraian analisa data kecepatan angin selama 2 tahun di gedung hotel Grand Zuri Cikarang, maka dapat disimpulkan potensi penggunaan energi angin di atap gedung cukup berpotensi.

Desain Turbin Angin Sumbu Vertikal (*Darrieus*)

Hasil analisa kecepatan angin sebelumnya diketahui bahwa kecepatan angin rata rata di Hotel Grand Zuri adalah 3.917 m/s, maka dimensi rotor turbin angin *Darrieus* di lokasi yang memiliki kecepatan angin rata rata 3.917 m/s berdasarkan penelitian Alessandro Bianchini dkk (2015) adalah :

Airfoil	: NACA 0015
<i>Solidity Ratio</i> (σ)	: 0.47
Diameter Rotor (D)	: 1.414 m
Panjang <i>Chord</i> (c)	: 0,219 m
Tinggi Rotor (H)	: 0.707 m
Luas Sapuan (At)	: 1 m ²

Besar daya, kecepatan sudut putar, serta torsi yang dihasilkan turbin ketika kecepatan angin sama dengan 6.005 m/s, maka daya turbin angin sebesar

$$P_t = \frac{1}{2} (1.1514)(6.005)^3 \{(1)(0,3)\} = 37.39 \text{ Watt}$$

Kecepatan sudut putar turbin angin

$$\text{Untuk } \textit{Darrieus}; \omega_d = \frac{\lambda V}{R} = \frac{(6.005)(5)}{0.707} = 42.47 \text{ rad/s}$$

Jadi, kecepatan sudut putar turbin angin sebesar 42.47 rad/s, atau dalam satuan rpm menjadi

$$N = (60/2\pi) * (42.47 \text{ rad/s}) = 405.72 \text{ rpm}$$

Torsi turbin angin

$$T = (37.39 \text{ watt}) / (42.47 \text{ rad/s}) = 0.88 \text{ N.m}$$

Komponen Penyusun Turbin Angin Sumbu Vertikal

a. Sudu Turbin : material serat karbon setebal 3 mm, bobot 0,25 kg.

b. Poros dan Pasak : panjang 1050 mm, material AISI *steel* 4140.

Tegangan geser ijin material $\tau_d = (0,5 \times S_y) / N$, besar tegangan tarik ijin material $\sigma_d = S_y / N$

$$\tau_d = (0,5 \times 414) / 8 = 25.875 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = 414 / 8 = 51.75 \text{ MPa}$$

$$\text{Gaya Drag } F_d = C_d \frac{1}{2} \rho A_t V^3 = (0.64) \left(\frac{1}{2}\right) (1.1514)(1)(6.005)^3 = 7.98 \text{ N}$$

$$\text{Moment } M = F_d \times s = (7.98)(495) = 3950.1 \text{ N.mm}$$

$$\text{Twisting Moment } T_e = \frac{\sqrt{(K_m \times M)^2 + (K_t \times T)^2}}{\sqrt{(3 \times 3950.1)^2 + (3 \times 880)^2}} = 12140.81 \text{ N.mm}$$

$$\text{Diameter } d_p = \left[\frac{T_e \times 16}{\pi \times \tau_d} \right]^{1/3} = \left[\frac{(12140.81 \times 16)}{(3.14) \times (25.875)} \right]^{1/3} = 13.37 \text{ mm}$$

bila dilihat besar diameter poros yang dibutuhkan terhadap tegangan momen bending

$$M_e = \frac{1}{2} \{ (K_m \times M) + T_e \} = \frac{1}{2} \{ (3 \times 3950.1) + 12140.81 \} = 11995.56 \text{ N.mm}$$

$$d_p = \left[\frac{M_e \times 32}{\pi \times \sigma_d} \right]^{1/3} = \left[\frac{(11995.56 \times 32)}{(3.14) \times (51.75)} \right]^{1/3} = 13.32 \text{ mm}$$

diameter minimal untuk poros diambil yang terbesar yakni 13.32 mm \approx 15 mm, kemudian dikarenakan posisi poros yang berdiri tegak, maka ukuran poros dibuat bertingkat dimana tingkat pertama (D_1) sebesar 22 mm serta tingkat kedua (D_2) adalah 15 mm. Hal ini bertujuan supaya poros bisa berdiri tegak dengan ditopang oleh bantalan poros.

Pasak

Lebar dan tebal pasak untuk poros dengan diameter sampai dengan 22 mm adalah 8x7 mm. Material AISI *steel* 1020 dengan nilai tegangan yield 352 MPa,

$$\tau_d = (0,5 \times 352) / 8 = 22 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = 352 / 8 = 44 \text{ MPa}$$

Panjang pasak dilihat dari tegangan yang alami lebar pasak

$$l = \frac{T}{w \times \tau_d \times (d_p/2)} = \frac{880}{(8)(22)(15/2)} = 0.67 \text{ mm}$$

kemudian bila dilihat dari ketahanan terhadap tegangan yang dialami tebal pasak

$$l = \frac{T}{\left(\frac{w}{2}\right) \times \sigma_d \times (d_p/2)} = \frac{880}{\left(\frac{8}{2}\right) (44) (15/2)} = 0.67 \text{ mm}$$

sehingga, panjang minimal untuk pasak adalah 0,67 mm, untuk kebutuhan produksi supaya tidak terlalu kecil maka panjang pasak 15 mm.

c. Dudukan Strut

Material AISI *steel* 4140, diameter dudukan strut ditentukan sebesar 215 mm, serta diameter tingkat dudukan strut adalah 87 mm. Dudukan strut dipasang pada poros menggunakan baut M12 berjumlah 2 buah.

Momen yang dihasilkan oleh berat sudu turbin angin Darrius

$$M = (m_b \times g) s = (0,25)(10)(595) = 1487.5 \text{ N.m}$$

$$\text{Tebal } h = \sqrt{\frac{2 b \sigma_d}{18 M}} = \sqrt{\frac{2 (40) (51.75)}{18 (1487.5)}} =$$

0,39 mm

Besar h akibat tegangan akibat gaya sentrifugal sebesar

$$h = \frac{1}{N} \frac{3 m_b \omega^2 R}{b \sigma_d} = \frac{3 (0,25)(42.47)^2 (0,707)}{2 (40)(51.75)10^8} =$$

0.231 mm

maka tebal dudukan strut minimal 0,231 mm, kemudian untuk penggunaan pada turbin angin tebal dudukan strut dinaikkan menjadi 10 mm.

d. Strut

Materia AISI *steel* 4140 dengan nilai tegangan yield (*Sy*) sebesar 414 MPa. Lebar

strut ditentukan sebesar 35 mm. Besar gaya sentrifugal strut adalah

$$F_s = \frac{1}{N} m_b \omega^2 R = \frac{1}{2} (0,25)(42.47)^2 (0,707) = 159.4 \text{ N}$$

Tebal strut terhadap tegangan akibat bending dengan nilai momen maksimal (*M_B*)

$$h = \sqrt{\frac{b \sigma_d}{6 M_B}} = \sqrt{\frac{(40) (51.75)}{6 (663.75)}} = 0.72 \text{ mm}$$

kemudian, besar tebal dudukan strut (*h*) terhadap tegangan akibat gaya sentrifugal adalah

$$h = \frac{F_s}{b \sigma_d} = \frac{159.4}{(40)(51.75)10^8} = 0,077 \text{ mm}$$

maka tebal dudukan strut minimal 0,72 mm, kemudian untuk penggunaan pada turbin angin tebal strut dinaikkan menjadi 3 mm.

e. Bantalan (*bearing*) Poros : SEAL MASTER nomer seri 2-012T.

f. Generator : Magnet permanen 500 Watt merk NEWP (*Nai Er Wind Power*)

g. Komponen Transmisi : Flange Coupling

h. Rangka : ukuran 900×900×550 mm, Material AISI *Steel* 4140, disusun oleh plat profil “L” dengan tebal 5 mm.

Spesifikasi Hasil Perancangan

Tabel 1 Darrius Rotor

Darrius Rotor	
Airfoil Setion	NACA 0015
Jumlah Sudu	3 buah
<i>Solidity Ratio</i> (σ)	0.47
Diameter Rotor (<i>D_d</i>)	1.414 m
Tinggi Rotor (<i>H_d</i>)	0.707 m
Panjang <i>Chord</i> (<i>c</i>)	0.219 m
Luas Sapuan (<i>A_d</i>)	1 m ²

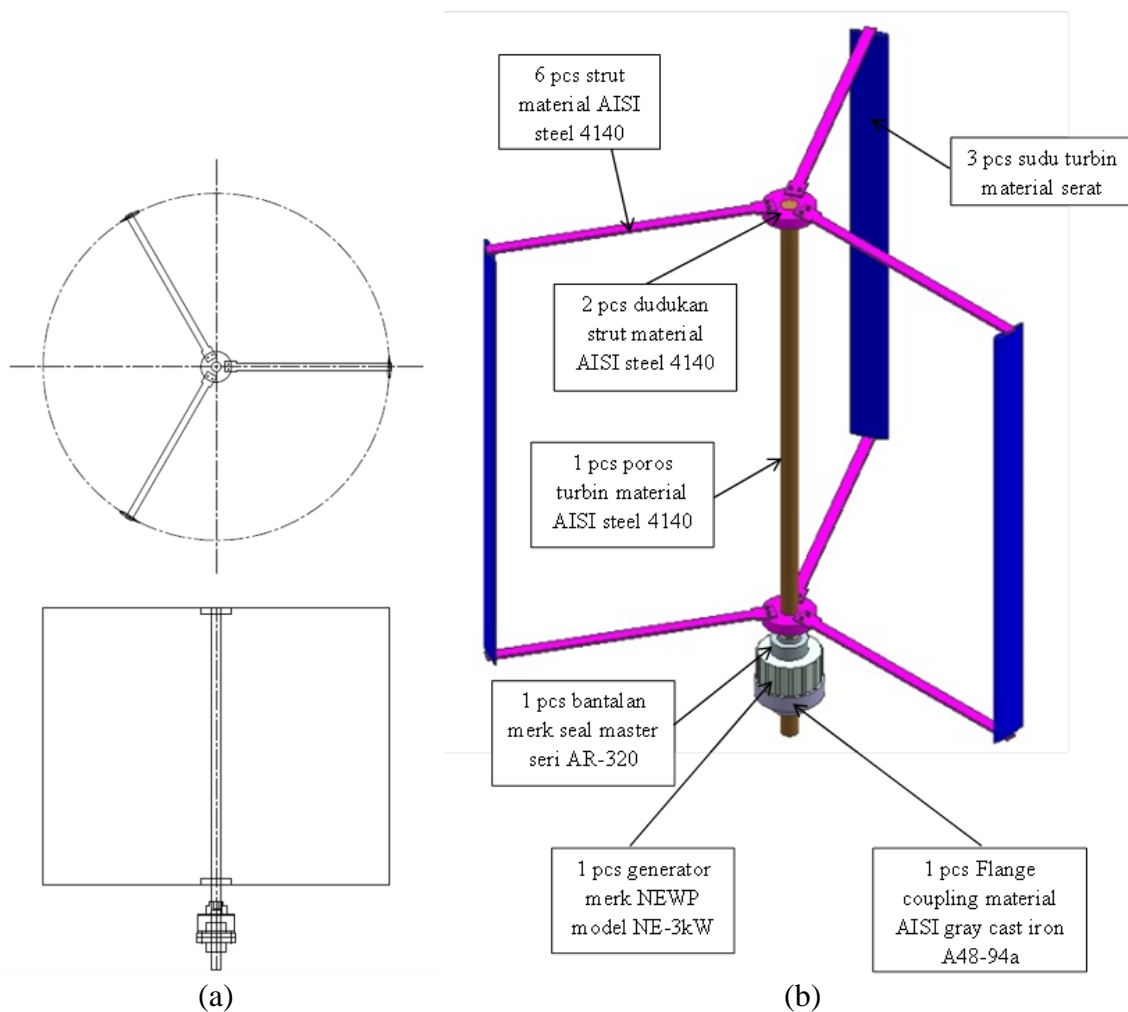
Tabel 2 Komponen Turbin

Komponen Turbin	
Diameter poros	D1=22 mm, D2=15 mm
Panjang poros	1050 mm
Lebar (<i>w</i>) dan tebal (<i>t</i>) pasak	w=8 mm, t=7mm
Panjang pasak	15 mm
Diameter dudukan strut	d1= 215 mm, d2= 87 mm

Tebal dudukan strut	10 mm
Lebar strut	35 mm
Tebal strut	3 mm
Generator	NEWP Model NE-500M2
Diameter <i>flange coupling</i>	88 mm

Tabel 1 dan Tabel 2 merupakan tabel spesifikasi hasil perancangan. Tabel 1 menampilkan spesifikasi turbin dengan model rotor Darruis. Jumlah sudu yang digunakan sebanyak 3 buah dengan luas sapuan 1 m², tinggi rotor 0,707 m, dan diameter rotor 1,414

m. Tabel 2 menampilkan ukuran komponen-komponen turbin serta model generator yang digunakan. Model generator yang digunakan berupa NEWP Model NE 500M2, penjang pasak sebesar 15mm dengan Panjang poros 1.050 m.



Gambar 5 (a) Sket turbin angin, (b) Desain Turbin Angin Sumbu vertikal

Gambar 5 merupakan desain perancangan turbin sumbu vertikal. Gambar 5 (a)

menampilkan gambar sket dari turbin sumbu vertikal sedangkan gambar 5 (b) merupakan gambar desain turbin angin sumbu vertikal.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil spesifikasi turbin angin sumbu vertikal maka dapat disimpulkan bahwa

1. Kecepatan angin rata (V_m) adalah 3.917 m/s, rata kecepatan angin yang sering muncul (V_f) sebesar 3.125 m/s, nilai kecepatan angin yang mampu menghasilkan energi maksimum (V_e) adalah 6.25 m/s serta besar rata rata energi angin yang dihasilkan dalam setiap bulan (E_t) sebesar 47571.69 Wh.
2. Turbin angin dapat dibuat dengan syarat tidak ada bangunan yang lebih tinggi dari gedung hotel.
3. Untuk pembuatan turbin angin pada tahap selanjutnya, disarankan untuk memperkuat struktur penyangga dan pondasi rangka turbin.

DAFTAR PUSTAKA

Ariazena, R. J., Suprayitno, A., & Gunawan. (2021). Perancangan Turbin Angin Sumbu Vertikal (Tasv) Savonius 3 Sudu. *Jurnal Teknologika*, 11(2), 23–33.

Evi Murniati, M., & Sudarti. (2022). Analisis Potensi Energi Angin Sebagai Pembangkit Energi Listrik Tenaga Angin Di Daerah Banyuwangi Kota Menggunakan Database Online-BMKG. *Jurnal Surya Energy*, 6(1), 9–16.

Haryanto, Y. D., Agdialta, R., & Hartoko, A. (2020). Analisis Monsun Di Laut Jawa. *Berkala Perikanan Terubuk*, 48(2), 492–500.

Hernowo, S. (2020). Rancang bangun turbin angin sumbu horizontal sederhana dengan panjang sudu 1 meter sigit hernowo. *Jurnal Voering*, 5(1), 15–21.

Mulkan, A., Nazaruddin, & Abd, M.

(2022). Analisis Pemanfaatan Energi Angin Sebagai Sumber Pembangkit Energi Listrik. *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, 3(1), 74–83.

Nurry Widya Hesty, Dian Galuh Cendrawati, Aminuddin, Bono Pranoto, & Akhmad Fahim. (2022). Estimasi Potensi Energi Angin Indonesia Menggunakan Model Weather Research and Forecast - Four Dimension Data Assimilation (WRF-FDDA). In *Estimasi Potensi Energi Angin Indonesia Menggunakan Model Weather Research and Forecast - Four Dimension Data Assimilation (WRF-FDDA)* (pp. 1–10).

Yudiartono, Y., Windarta, J., & Adiarso, A. (2022). Analisis Prakiraan Kebutuhan Energi Nasional Jangka Panjang Untuk Mendukung Program Peta Jalan Transisi Energi Menuju Karbon Netral. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 3(3), 201–217.