



Design of Savonius Double-Stage Wind Turbine, Capacity 300W

Perancangan Turbin Angin tipe Savonius *Double-Stage*, Kapasitas 300W

Ridwan Alfiansyah¹⁾, Jojo Sumarjo²⁾, Aripin³⁾

^{1,2,3)}Mechanical Engineering, Singaperbangsa University Karawang, Karawang, Indonesia

¹⁾1710631150011@student.unsika.ac.id

²⁾jojo-sumarjo@staff.unsika.ac.id

³⁾arifin@staff.unsika.ac.id

Abstract — The use of fossil energy sources is increasing along with the increasing need to make reserves of fossil energy sources dwindling. Without the discovery of new reserves, oil in Indonesia will run out in the next nine years, natural gas will run out in 22 years, and coal will run out in 65 years. According to ESDM data, with current technology, the electricity potential from renewable energy reaches 432 GW, or 7-8 times the current total installed generating capacity. Wind energy (wind) is one of the renewable energy potentials, and the most widely available among all energy sources. Therefore, to anticipate the depletion of energy reserves that we have and to take advantage of the existing energy potential, research is being carried out on designing wind turbines so that we can take advantage of the existing energy potential, and not only depend on fossil energy which is depleting, and the main goal is know how to design and get the appropriate size and design of the turbine. From the design results obtained the value of the rotor diameter is 442 mm, the height of the rotor is 884 mm, the blade height is 439 mm, the diameter of the end plates is 486.2 mm, and the diameter of the shaft is 18 mm. As well as from the simulation, the maximum shaft stress value is 30,794 N/m², the maximum displacement is 0.313 x10⁻⁴ mm, the minimum safety factor is 3.028, and the strain value is 0.114 x10⁻⁶, where these results can be used as a reference for the manufacture of this wind turbine. later.

Keywords: Wind Turbine; Renewable energy; Wind Energy; Design; Savonius.

Abstrak — Penggunaan sumber energi fosil semakin besar seiring meningkatnya kebutuhan membuat cadangan sumber energi fosil kian menipis. Tanpa penemuan cadangan yang baru, minyak bumi di Indonesia akan habis dalam sembilan tahun ke depan, gas bumi akan habis 22 tahun lagi, dan batubara akan habis 65 tahun mendatang. Menurut data ESDM, dengan teknologi yang ada saat ini, potensi listrik dari energi terbarukan mencapai 432 GW, atau 7-8 kali dari total kapasitas pembangkit terpasang saat ini. Energi angin (bayu) adalah salah satu potensi energi terbarukan, dan yang paling banyak tersedia di antara semua sumber energi. Oleh sebab itu, untuk mengantisipasi menipisnya cadangan energi yang kita miliki dan untuk memanfaatkan potensi energi yang ada, dilakukan penelitian tentang perancangan turbin angin sehingga kita dapat memanfaatkan potensi energi yang ada, dan tidak hanya bergantung pada energi fosil yang semakin menipis, serta tujuan utamanya adalah mengetahui cara merancang dan mendapatkan ukuran serta desain yang sesuai dari turbin tersebut. Dari hasil perancangan tersebut didapat nilai diameter rotor yaitu 442 mm, tinggi rotor 884 mm, tinggi sudu 439 mm, diameter *end plates* 486,2 mm, dan diameter porosnya yaitu 18 mm. Serta dari simulasi didapat nilai *stress* poros maksimum yaitu 30.794 N/m², *displacement* maksimumnya yaitu 0,313 x10⁻⁴ mm, *safety factor* minimumnya yaitu 3,028, dan nilai *strain* yaitu 0,114 x10⁻⁶, dimana hasil ini dapat menjadi acuan untuk pembuatan dari turbin angin ini nantinya.

Kata Kunci: Turbin Angin; Energi Terbarukan; Energi Angin; Rancang Bangun; Savonius.

I. PENDAHULUAN

Penggunaan sumber energi fosil semakin besar seiring meningkatnya kebutuhan membuat cadangan sumber energi fosil kian menipis. Tanpa penemuan cadangan yang baru, minyak bumi di Indonesia akan habis dalam sembilan tahun ke depan, gas bumi akan habis 22 tahun lagi, dan batubara akan habis 65 tahun mendatang [1].

Menurut data ESDM, dengan teknologi yang ada saat ini, potensi listrik dari energi terbarukan mencapai 432 GW, atau 7-8 kali dari total kapasitas pembangkit terpasang saat ini [2].

Energi angin (bayu) adalah salah satu potensi energi terbarukan, dan merupakan salah satu bentuk sumber energi listrik yang dapat digunakan dengan gratis. Kawasan yang memiliki potensi angin yang banyak yaitu pegunungan dan daerah pantai [3].

Energi angin merupakan bentuk energi terbarukan yang paling banyak tersedia di antara semua sumber energi. Pembangkit listrik tenaga angin mengkonversikan tenaga angin menjadi energi listrik dengan menggunakan kincir angin atau turbin angin [3].

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin menghasilkan energi kinetik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional.

Berbagai macam bentuk desain turbin angin sebagai sumber energi alternatif sudah ditemukan sejak lama. Namun dalam pengembangannya, tetaplah memerlukan investasi yang cukup besar. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah alternatif dalam pengembangan turbin angin agar dapat dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat tanpa mengeluarkan biaya besar, yaitu salah satunya dengan penggunaan barang-barang sederhana dan mudah dijumpai di sekitar kita.

Perancangan turbin savonius yang memiliki 3 sudu dan 2 tingkatan ini diharapkan mampu menjadi alternatif bagi masyarakat, dimana turbin ini menggunakan drum plastik sebagai sudunya, yang memudahkan untuk proses perawatan dan penggantian ketika terjadi kerusakan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Potensi Energi Baru Terbarukan di Indonesia

Indonesia merupakan negara dengan potensi sumber daya alam yang melimpah, baik sumber daya alam hayati maupun non hayati. Dibalik melimpahnya sumber daya alam di Indonesia sangat disayangkan belum

dimanfaatkan secara maksimal. Setiap tahunnya pertumbuhan penduduk di Indonesia mengalami peningkatan, kemajuan ekonomi, dan peningkatan pembangunan, hal ini menyebabkan meningkatnya kebutuhan energi dari tahun ke tahun [4].

Di Indonesia bahan bakar fosil mendominasi sebagai bahan dasar utama sumber energi listrik. Bahan bakar fosil sendiri merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui dan terbentuknya membutuhkan kurun waktu sangat lama [4].

Kekayaan energi alam di Indonesia seperti air, angin dan matahari dapat di gunakan sebagai bahan dasar energi listrik, hal ini guna menekan penggunaan bahan bakar fosil. Sehingga dapat menanggulangi kelangkaan energi khususnya di Indonesia dan di dunia pada umumnya [4].

2.2. Angin

Salah satu energi alam yang dapat kita manfaatkan adalah angin, energi angin merupakan energi yang mudah kita dapatkan dan berlangsung secara terus menerus. Energi ini merupakan energi bersih yang dalam proses produksinya tidak mencemari lingkungan.

Energi angin merupakan energi terbarukan yang sangat fleksibel. Energi angin dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan misalnya pemompaan air untuk irigasi, pembangkit listrik, pengering atau pencacah hasil panen, aerasi tambak ikan/udang, pendingin ikan pada perahu-perahu nelayan dan lain-lain. Selain itu, pemanfaatan energi angin dapat dilakukan dimana-mana, baik di daerah landai maupun dataran tinggi, bahkan dapat diterapkan di laut, berbeda halnya dengan energi air [5].

Untuk hal tersebut maka diperlukan suatu alat pembangkit listrik dengan memanfaatkan angin sebagai sumber energi untuk dapat menggerakkan turbin yang terhubung ke generator yang selanjutnya disimpan didalam battery sebelum dapat digunakan [6].

2.3. Turbin Angin

Turbin angin diklasifikasikan dalam dua tipe yaitu sumbu horizontal dan sumbu vertikal.

2.3.1. Turbin Angin Sumbu Vertikal

Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV) merupakan turbin angin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin. TASV juga mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan.

Kelebihannya, yaitu memiliki torsi tinggi sehingga dapat berputar pada kecepatan angin rendah, generator dapat ditempatkan di bagian bawah turbin sehingga mempermudah perawatan dan kerja turbin tidak dipengaruhi arah angin. Kekurangannya yaitu kecepatan angin di bagian bawah sangat rendah sehingga apabila tidak memakai tower akan menghasilkan putaran yang rendah, dan efisiensi lebih rendah dibandingkan Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH) [7].

Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV) memiliki poros/sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. Kelebihan ini sangat berguna di daerah yang arah anginnya sangat bervariasi. TASV mampu mendayagunakan angin dari berbagai arah [7]. Pada gambar 1. menunjukkan gambar turbin angin sumbu vertikal.

[figure 1 about here.]

2.3.1.1. Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius

Ada tiga model rotor pada turbin angin jenis ini, yaitu: Savonius, Darrieus, dan H rotor. Turbin Savonius memanfaatkan gaya drag sedangkan Darrieus dan H rotor memanfaatkan gaya lift. Turbin Savonius ditemukan oleh sarjana Finlandia bernama Sigurd J. Savonius pada tahun 1922, konstruksi turbin sangat sederhana, tersusun dari dua buah sudu setengah silinder. Salah satu model VAWT yang mempunyai desain terbaik yang menggunakan kombinasi drag dan lift untuk menghasilkan tenaga, sehingga memiliki torsi start up yang sangat baik [7].

Turbin angin yang digunakan memiliki spesifikasi yaitu, diameter sudu 250mm, tebal sudu 7mm, tebal *end plates* 2mm, dan total sudu ada 6, dengan masing masing 3 sudu di tiap tingkatnya.

2.4. Perhitungan Turbin Angin

2.4.1. *Overlap Ratio*

Overlap ratio didefinisikan sebagai jarak *overlap* antara dua sudu (e) terhadap diameter sudu (d), seperti ditunjukkan gambar berikut. Nilai *overlap ratio* yang optimal adalah 10% sampai dengan 15% dari nilai diameter sudu, maupun 20% sampai 30% dari nilai diameter sudu. Pada gambar 2. menunjukkan tentang skematik dari turbin angin sumbu vertikal.

[figure 2 about here.]

2.4.2. *Aspect Ratio*

Aspect Ratio ini adalah perbandingan antara tinggi rotor dengan diameter rotor. Dimana nilai optimalnya adalah 2 [8]. Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$H = 2D = 4R \tag{1}$$

Dimana,
 H = Tinggi Rotor
 D = Diameter Rotor

2.4.3. *End Plates (D_f)*

Nilai optimal dari *end plates* yaitu lebih besar 10% diameter rotor. Pada gambar 3. menunjukkan tampak depan dan tampak atas dari turbin angin savonius.

$$D_f = (10 \% * D) + D \tag{2}$$

[figure 3 about here.]

2.4.4. *Tip Speed Ratio*

Untuk mencari nilai *Tip Speed Ratio* (TSR), dapat menggunakan persamaan (3) berikut.

$$\lambda = \frac{\pi D n}{60 v} \tag{3}$$

2.4.5. *Power Coeficient*

Koefisien daya adalah perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh rotor dengan daya angin, nilai koefisien daya tidak akan melebihi nilai ideal yaitu sebesar 0.593. Secara umum hubungan TSR dan koefisien daya (C_p) pada berbagai model turbin angin ditunjukkan pada gambar 4. berikut:

[figure 4 about here.]

Nilai maksimum C_p pada Turbin tipe Savonius dapat dilihat pada gambar diatas dimana nilai makasimum C_p yaitu 0,18 dengan nilai TSR = 0,8.

2.5. Perhitungan Diameter Poros Turbin Angin

Untuk menentukan ukuran diameter poros dengan beban puntir agar sesuai, kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

2.5.1. Daya Rencana Turbin

Jika P adalah daya nominal output dari motor penggerak, maka berbagai macam faktor keamanan biasanya dapat diambil dalam perencanaan, sehingga koreksi pertama dapat diambil kecil. Jika faktor koreksi adalah F_c, (Tabel 2.1.) maka daya rencana P_d (kW) sebagai patokan adalah

$$P_d = F_c P \tag{4}$$

Keterangan:

- P_d = Daya Rencana Turbin
- P = Daya Yang Ditransmisikan (kW)
- F_c = Faktor Koreksi

[Tabel 1 about here.]

2.5.2. Momen Puntir atau Momen Rencana

Jika momen puntir (disebut juga sebagai momen rencana) adalah T (kg.mm) maka:

$$P_d = \frac{\left(\frac{T}{1000}\right)\left(\frac{2\pi n_1}{60}\right)}{102} \tag{5}$$

Sehingga,

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1} \tag{6}$$

Keterangan:

- P_d = Daya Rencana Turbin
- T = Momen Puntir Atau Momen Rencana (kg.mm)
- n₁ = Putaran Poros (rpm)

2.5.3. Tegangan Geser Yang Diizinkan

Bahan untuk poros turbin dipilih dari bahan S-C karena tahan terhadap keausan dan banyak dijual dipasaran. Untuk bahan S-C faktor keamanan S_{f1} = 6,0 dan S_{f2} = 1,3 – 3,0. Maka tegangan geser yang diizinkan untuk bahan poros dapat dihitung dengan persamaan:

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{Sf_1 \times Sf_2} \quad (7).$$

Keterangan:

- τ_a = Tegangan Geser Yang Diizinkan (kg. mm⁻²)
- σ_B = Kekuatan Tarik (kg. mm⁻²)
- Sf = Faktor Keamanan

2.5.4. Diameter Poros

$$d_s = \left[\frac{5.1}{\tau_a} K_t C_b T \right]^{\frac{1}{3}} \quad (8).$$

Keterangan:

- T = Momen Puntir Atau Momen Rencana (kg.mm)
- d_s = Diameter Poros (mm)
- K_t = Faktor Koreksi Tumbukan
- C_b = Faktor Lenturan

2.6. Komponen Listrik

2.6.1. Generator DC

Generator yang digunakan untuk komponen listrik pada turbin ini yaitu Generator Magnet Permanen DC Low RPM dengan output maksimal 400W.

2.6.2. Baterai

Baterai yang digunakan adalah Baterai VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) 100Ah. Baterai ini kemasannya tertutup rapi sehingga sangat sedikit kemungkinan senyawa didalamnya akan keluar, oleh karena itu baterai ini tidak memerlukan perawatan berlebih. Pada gambar 5. menunjukkan baterai yang digunakan.

[figure 5 about here.]

2.6.3. Charge Controller

Charge Controller adalah komponen elektronik yang mengatur agar tegangan yang masuk pada Baterai tidak melewati batas toleransi sehingga dapat meminimalisir kerusakan, dan usia baterai menjadi lebih lama. Tipe yang digunakan adalah SCC PWM 20A. Pada gambar 6. menunjukkan model *charge controller*.

[figure 6 about here.]

2.6.4. Lampu Penerangan Jalan Umum (PJU)

Output dari turbin ini akan digunakan untuk Lampu PJU, dimana lokasinya berada di Pantai Cibendo, Desa Ciparagejaya, Karawang. Lampu yang digunakan yaitu tipe LED 30W AC. Pada gambar 7. menunjukkan model lampu led.

[figure 7 about here.]

2.6.5. Inverter

Inverter adalah komponen elektronik yang berfungsi untuk mengubah arus DC menjadi arus AC. Inverter yang digunakan adalah Inverter dengan daya

output maksimal 1000W. Pada gambar 8. menunjukkan tentang inverter.

[figure 8 about here.]

III. METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Perancangan

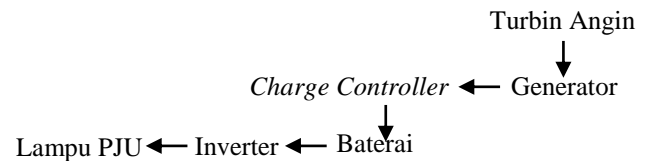
Dibawah ini adalah diagram alir perancangan yang akan dilakukan pada penelitian ini. Pada gambar 9. menunjukkan diagram alir perancangan.

[figure 9 about here.]

Dari gambar tersebut dapat kita lihat bahwa penelitian dimulai dengan perumusan masalah, selanjutnya dilakukan studi literatur. Lalu setelah mendapat referensi dan data yang diperlukan, kita melakukan perhitungan seperti pada diagram alir diatas. Jika sudah mendapat hasil perhitungan, lalu kita mendesain dan melakukan simulasi turbin angin tersebut.

3.2. Skematik Rangkaian Turbin Angin

Berikut ini adalah skematik dari rangkaian turbin angin, yaitu sebagai berikut.



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengambilan Data Angin

Sebelum melakukan perancangan turbin angin, kita memerlukan data kecepatan angin guna mendapat dimensi yang sesuai. Pengukuran kecepatan angin dilakukan selama 7 hari, dimulai dari pukul 12:00 WIB sampai dengan pukul 15:00 WIB menggunakan Anemometer. Didapatkan rata-rata keseluruhan dari kecepatan angin sebesar 3,73 m/s.

4.2. Perancangan Turbin Angin

4.2.1. Menentukan Dimensi Turbin Angin

Untuk menentukan dimensi turbin angin, kita akan menggunakan beberapa parameter, yaitu sebagai berikut.

4.2.1.1. Overlap Ratio

Nilai *overlap ratio* yang dipakai yaitu nilai optimum, bernilai 20% dari diameter sudunya, dimana diameter sudunya yaitu 250 mm, dengan tebal 7mm. Maka didapat nilai overlap nya yaitu 50 mm.

4.2.1.2. Aspect Ratio

Aspek rasio yang digunakan disini yaitu aspek rasio optimal, bernilai 2 .

Lalu, kita masukan ke persamaan (1), sebagai berikut.

$$H = 2D = 4R$$

Dimana $R = 221$ mm,

$$H = 4 * R$$

$$H = 4 * 221 \text{ (mm)}$$

$$H = 884 \text{ mm}$$

Didapat nilai H yaitu 884 mm.

4.2.1.3. Power Coefficient (CP)

Untuk C_p , dalam perancangan ini akan menggunakan nilai maksimum C_p seperti yang tertera pada gambar 2.5, dimana C_p bernilai 0,18 pada TSR = 0,8.

4.2.1.4. End Plates (D_f)

Nilai *end plates* adalah 10% dari diameter rotor, maka kita dapat masukan ke dalam persamaan

$$D_f = (10 \% * D) + D$$

$$D_f = ((10 \% * 442) + 442) \text{ (mm)}$$

$$D_f = 486,2 \text{ mm}$$

Didapat ukuran *end plates* sebesar 486,2 mm.

4.2.2. Menentukan Dimensi Poros Turbin

Untuk menentukan dimensi poros turbin, sebelumnya kita harus mencari kecepatan dari turbin angin agar dapat dimensi poros yang sesuai.

4.2.2.1. Menentukan Kecepatan Putaran Poros

Untuk menentukan kecepatan putar poros akan digunakan rumus TSR pada persamaan (3), yaitu sebagai berikut.

$$\lambda = \frac{\pi D n}{60 v}$$

$$n = \frac{\lambda 60 v}{\pi D} = \frac{0,8 \times 60 \times 3,73}{\pi \times 0,442}$$

$$n = 128,59 \text{ rpm.}$$

Didapat nilai kecepatan putaran poros sebesar 128,59 rpm.

4.2.2.2. Daya Rencana Turbin

Untuk mendapat daya rencana turbin, kita dapat menggunakan persamaan (4), yaitu sebagai berikut.

$$P_d = f_c * P$$

$$P_d = 1,2 * 0,3 \text{ (kW)}$$

$$P_d = 0,36 \text{ kW}$$

Didapat daya rencana turbin sebesar 0,36 kW

4.2.2.3. Momen Puntir/Momen Rencana

Untuk mendapat momen puntir, kita dapat menggunakan persamaan (6), yaitu.

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1}$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{0,36}{128,59}$$

$$T = 2726,77 \text{ kg.mm}$$

Didapat nilai momen puntir sebesar 2726,77 kg.mm, dibulatkan menjadi 2727 kg.mm.

4.2.2.4. Tegangan Geser Yang Diizinkan

Selanjutnya kita mencari tegangan geser yang diizinkan, menggunakan persamaan (7).

$$\tau_a = \frac{58}{6,0 \times 2,0}$$

$$\tau_a = 4,84 \text{ kg/mm}^2.$$

Didapat nilai tegangan geser yang diizinkan sebesar 4,84 kg/mm².

4.2.2.5. Diameter Poros

Selanjutnya mencari diameter poros menggunakan persamaan (8), yaitu.

$$K_t = 1,5$$

$$C_b = 1,2$$

$$d_s = \left[\frac{5,1}{4,84} \times 1,5 \times 1,2 \times 2727 \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$= 17,29 \text{ mm.}$$

Didapat diameter poros minimal sebesar 17,29 mm. Berdasarkan tabel diameter poros pada lampiran, diambil diameter minimalnya yaitu 18 mm.

4.3. Desain Akhir Turbin Angin

Setelah semua perhitungan didapat, maka hasil dari perhitungan tersebut dimasukan ke dalam desain, sehingga kita mendapatkan ukuran turbin angin yang sesuai. Gambar 10. menunjukkan desain akhir dari turbin angin.

[figure 10 about here.]

4.4. Simulasi Ansys CFD

Untuk melakukan simulasi dengan ansys diperlukan desain dari turbin angin, desain yang dipakai yaitu desain pada sub bab 4.3, lalu desain tersebut diubah menjadi format ansys dan dimasukkan ke geometri ansys, setelah itu pilih *meshing* pada ansys, lalu kita seleksi untuk memilih bagian *inlet* dan *outlet* untuk kondisi arah angin pada turbin angin.

Setelah melakukan *meshing*, selanjutnya kita lakukan pengaturan dasar, seperti menambahkan rata-rata kecepatan angin, kondisi udara, dan kondisi tekanan udara. Jika semua itu sudah dilakukan, lalu kita dapat memilih *start* agar ansys dapat melakukan analisis, dan kita bisa mendapat hasil analisis tersebut setelah prosesnya selesai.

4.4.1. Streamline Kecepatan Angin pada Turbin Angin

Untuk mendapatkan hasil analisis dari ansys berupa *streamline* kita dapat melakukan langkah-langkah yang ada pada sub bab 4.4, jika sudah dilakukan baru kita akan masuk ke menu ansys, dan memilih menu *streamline*, sehingga didapat hasil analisis ansys berupa *streamline*. Pada gambar 11. dibawah menunjukkan hasil *streamline*/garis-garis arus pada *software* ansys. Dimana garis-garis tersebut menunjukkan distribusi angin pada turbin angin.

[figure 11 about here.]

Garis-garis tersebut menggambarkan kecepatan angin mengenai dan melewati sudu, baik itu dari sisi atas, bawah, dan samping. Distribusi angin yang terjadi dimana angin terbesar berada di bagian luar, atau mengelilingi turbin di dominasi warna kuning dan hijau, dengan nilai yaitu sebesar 31,34 m/s, dan distribusi angin di celah-

celah sudu mengalami penurunan karena adanya hambatan dari angin ke arah sudu, yang membuat angin memberikan dorongan terhadap sudu sehingga membuat turbin berputar, dimana pada celah-celah sudu di dominasi warna putih dan biru, dengan nilai kecepatan angin sebesar 4,48 m/s.

4.4.2. Kontur Kecepatan Angin pada Turbin Angin

Untuk mendapatkan hasil analisis dari ansys berupa kontur kecepatan angin kita dapat melakukan langkah-langkah yang ada pada sub bab 4.4, jika sudah dilakukan baru kita akan masuk ke menu ansys, dan memilih menu kontur, serta pilih variabelnya yaitu kecepatan angin. Pada gambar 12. dibawah menunjukkan kontur kecepatan dari turbin angin pada *software* ansys. Dan dari gambar tersebut terlihat distribusi kecepatan paling rendah berada pada daerah terluar serta pada celah sudu turbin angin yang didominasi oleh warna biru dengan nilai kecepatan angin terendah yaitu 0,04 m/s, dan distribusi kecepatan angin tertinggi berada di sekeliling turbin angin tersebut dengan kontur berwarna oranye dan kuning, dimana kecepatan angin terbesar yaitu 33,35 m/s.

[figure 12 about here.]

4.4.3. Kontur Tekanan pada Turbin Angin

Untuk mendapatkan hasil analisis dari ansys berupa kontur kecepatan angin kita dapat melakukan langkah-langkah yang ada pada sub bab 4.4, jika sudah dilakukan baru kita akan masuk ke menu ansys, dan memilih menu kontur, serta pilih variabelnya yaitu tekanan. Pada gambar 13. terlihat distribusi tekanan pada turbin angin, dimana distribusi tekanan di sekeliling turbin angin merata, dengan nilai tekanan tertinggi pada kontur berwarna oranye dengan nilai 0,1013 MPa, dan distribusi terendah ada pada celah sudu turbin angin dengan kontur berwarna biru, dengan nilai tekanan sebesar 0,1009 MPa.

[figure 13 about here.]

4.5. Simulasi Solidwork

Untuk melakukan simulasi dengan solidwork diperlukan desain dari poros turbin angin dan tower, desain yang dipakai yaitu pada sub bab 4.3, lalu kita pilih menu simulasi, dan memasukan material dari poros serta tower. Selanjutnya kita pilih *new study* pada menu simulasi, dan pilih *static*. Lalu, kita pilih *mesh*, setelah itu kita masukan beban yang diterima oleh poros dan tower. Setelah semuanya selesai selanjutnya kita pilih menu *start*, dan tidak lama kemudian akan muncul hasil analisis dari solidwork berupa nilai *stress*, *displacement*, *safety factor*, dan *strain*.

4.5.1. Nilai *Stress* pada Poros

Pada gambar 14. terlihat hasil simulasi yang menunjukkan nilai *stress* pada Poros, dimana nilai maksimumnya yaitu 30.794 N/m², dimana nilai ini masih diambang batas normal dari nilai *yield strength*nya.

[figure 14 about here.]

4.5.2. Nilai *Displacement* dan *Safety Factor* pada Poros

Pada gambar 15. terlihat hasil simulasi yang menunjukkan nilai *displacement* pada Poros, dimana nilai maksimumnya yaitu 0,313 x10⁻⁴ mm.

[figure 15 about here.]

Sedangkan pada gambar 16. terlihat hasil simulasi yang menunjukkan nilai *safety factor* pada Poros, dimana nilai minimumnya yaitu 3,028.

[figure 16 about here.]

4.5.3. Nilai *Strain* pada Poros

Pada gambar 17. terlihat hasil simulasi yang menunjukkan nilai *strain* pada Poros, dimana nilai maksimumnya yaitu 0,114 x10⁻⁶.

[figure 17 about here.]

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian diatas, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil perancangan Turbin Angin tipe Savonius didapatkan spesifikasi komponen turbin sebagai berikut: Diameter rotor = 442 mm, tinggi rotor = 884 mm, tinggi sudu = 439 mm, diameter *end plates* = 486,2 mm, diameter minimal poros turbin = 18 mm.
- Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan didapatkan karakteristik poros sebagai berikut:
 - Nilai *Stress* pada Poros dimana nilai maksimumnya yaitu 30.794 N/m².
 - Nilai *Displacement* pada Poros dimana nilai maksimumnya yaitu 0,313 x10⁻⁴ mm.
 - Nilai *Safety Factor* pada Poros dimana nilai minimumnya yaitu 3,028.
 - Nilai *Strain* pada Poros dimana nilai maksimumnya yaitu 0,114 x10⁻⁶.
- Dari hasil tersebut dapat dijadikan acuan sebagai dasar pembuatan Turbin Angin tipe Savonius *Double-Stage*, Kapasitas 300 W

5.2. Saran

Adapun saran yang ingin penulis sampaikan pada penelitian berikutnya yaitu:

- Memvariasikan jumlah sudu, bentuk sudu, dan ukuran sudu yang optimal pada turbin angin.
- Menggunakan *data logger*/perekam data otomatis untuk memperoleh data angin, rpm, voltase secara *realtime* selama 24 jam.
- Pemilihan sistem kontrol dan penyimpanan yang sesuai.

REFERENSI

- [1] A. Pribadi, "Menteri Arifin: Transisi Energi Mutlak Diperlukan," *Esdm.Go.Id*, Oct. 22, 2020. <https://www.esdm.go.id/id/berita-unit/direktorat-jenderal-ebtke/menteri-arifin-transisi-energi-mutlak-diperlukan-1> (Accessed Jul. 14, 2021).
- [2] Iesr, "Laporan Status Energi Bersih Indonesia: Potensi, Kapasitas Terpasang, Dan Rencana Pembangunan Pembangkit Listrik Energi Terbarukan 2019," Mar. 2019.
- [3] I. P. Prakoso, P. Hartono, And U. Lesmanah, "Perencanaan Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Darrieus-H Dengan Penambahan 2 Blade Tipe Savonius Untuk Pembangkit Listrik," *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 13, Jul. 2019.
- [4] M. F. W. Permadi And I. H. Siregar, "Uji Eksperimental Turbin Angin Sumbu Vertikal Jenis Cross Flow Dengan Variasi Jumlah Blade," *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 6, Pp. 15–31, 2018.
- [5] T. Zulfadli And A. Mulkan, "Studi Kelayakan Energi Matahari-Angin (Hybrid) Sebagai Sumber Daya Pompa Air Untuk Sistem Pengairan Di Kawasan Aceh Besar (Visibility Study Of Hybrid Solar-Wind Energy To Power Up The Pump For The Irrigation System In The District Of Aceh Besar)," 2019.
- [6] J. Sumarjo, D. B. Santoso, And I. A. Bangsa, "Desain Optimal Wind-Turbines Tipe Savonius Sebagai Suplai Energi Listrik Di Desa Pusakajaya, Kabupaten Karawang," *Jurnal Teknologika*, Vol. 10, May 2020.
- [7] I. Priyadi, A. Surapati, And V. T. Putra, "Rancang Bangun Turbin Angin Horizontal Sebagai Salah Satu Pembangkit Daya Pada Mobil Hybrid," *Seminar Nasional Inovasi, Teknologi Dan Aplikasi (Senitia)*, 2018.
- [8] M. Amiri, M. Kahrom, And A. R. Teymourtash, "Aerodynamic Analysis Of A Three-Bladed Pivoted Savonius Wind Turbine: Wind Tunnel Testing And Numerical Simulation," *Journal Of Applied Fluid Mechanics*, Vol. 12, No. 3, Pp. 819–829, 2019, Doi: 10.29252/Jafm.12.03.29324.

*Correspondent e-mail address 1710631150011@student.unsika.ac.id

Peer reviewed under responsibility of Singaperbangsa
University Karawang, Karawang, Indonesia

© 2023 Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, All right reserved,
This is an open access article under the CC BY
[license\(http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/\)](http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Received: 2022-02-15

Accepted: 2022-02-25

Published: 2023-2-20

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Faktor Koreksi Daya yang akan Ditransmisikan, F_c 19

Tabel 1. Faktor Koreksi Daya yang akan Ditransmisikan, F_c

Daya yang akan transmisikan	F_c
Daya rata-rata yang diperlukan	1,2-2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8-1,2
Daya normal	1,0-1,5

DAFTAR GAMBAR

Figure 1. Model Turbin Angin Sumbu Vertikal21
 Figure 2. Skematik Turbin Angin Sumbu Vertikal21
 Figure 3. (a) Tampak Depan (b) Tampak Samping21
 Figure 4. Grafik hubungan Cp dengan TSR21
 Figure 5. Baterai VRLA21
 Figure 6. *Charge Controller* PWM22
 Figure 7. Lampu PJU LED22
 Figure 8. Inverter22
 Figure 9. Diagram Alir Perancangan23
 Figure 10 Desain Akhir Turbin Angin24
 Figure 11 *Streamline Velocity* Turbin Angin24
 Figure 12 Kontur *Velocity* Turbin Angin24
 Figure 13 Kontur Tekanan Turbin Angin25
 Figure 14. Nilai *Stress* pada Poros25
 Figure 15 Nilai *Displacement* pada Poros25
 Figure 16 Nilai *Safety Factor* pada Poros26
 Figure 17 Nilai *Strain* pada Poros26

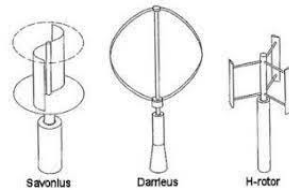


Figure 1. Model Turbin Angin Sumbu Vertikal

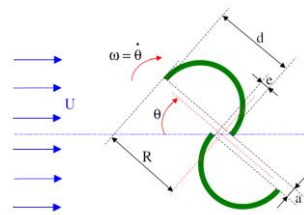


Figure 2. Skematik Turbin Angin Sumbu Vertikal

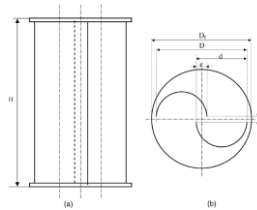


Figure 3. (a) Tampak Depan (b) Tampak Samping

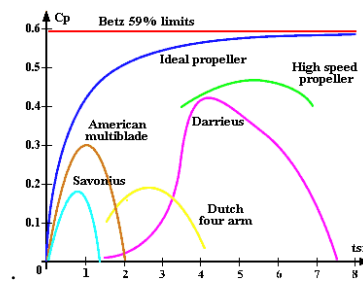


Figure 4. Grafik hubungan C_p dengan TSR



Figure 5. Baterai VRLA



Figure 6. Charge Controller PWM



Figure 7. Lampu PJU LED



Figure 8. Inverter

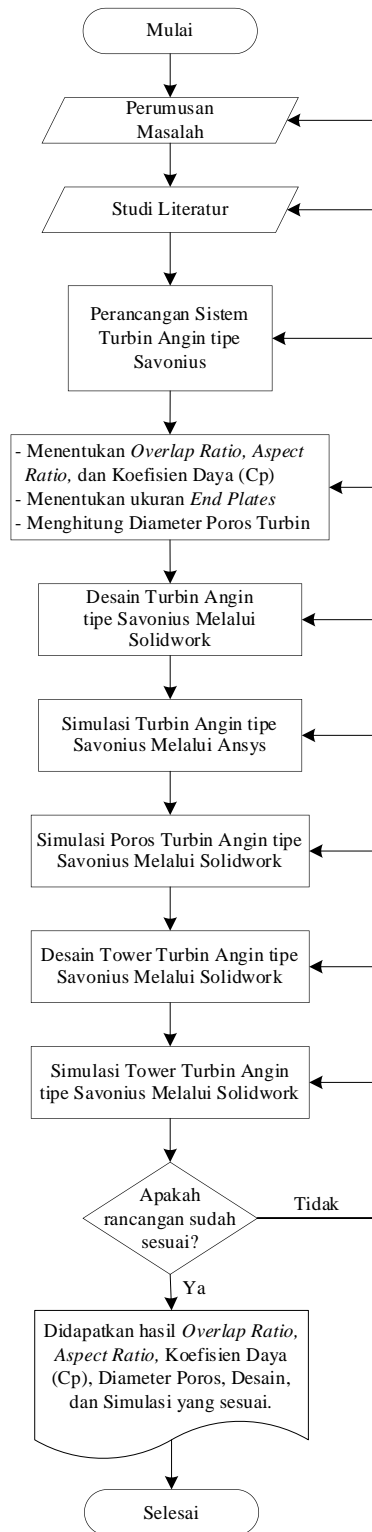


Figure 9. Diagram Alir Perancangan

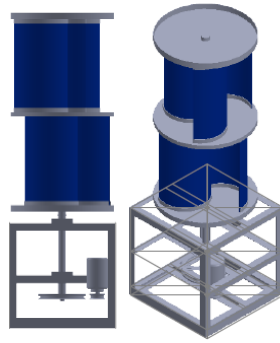


Figure 10. Desain Akhir Turbin Angin

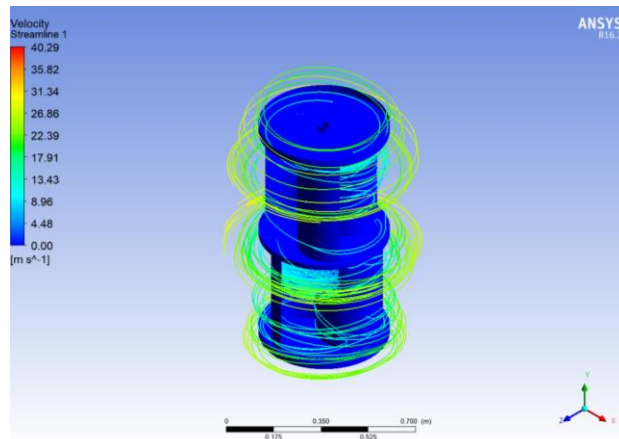


Figure 11. Streamline Velocity Turbin Angin

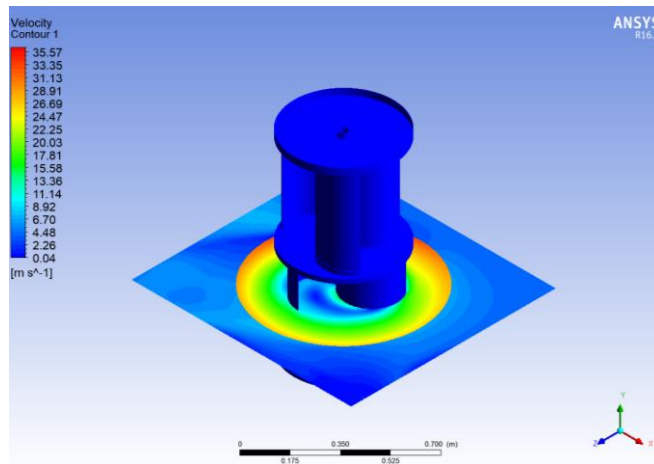


Figure 12. Kontur Velocity Turbin Angin

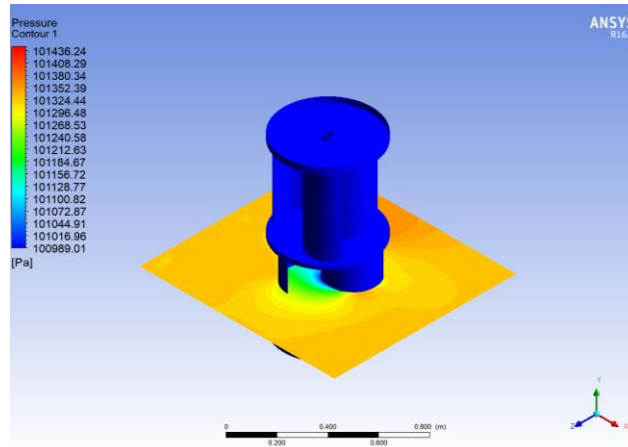


Figure 13. Kontur Tekanan Turbin Angin

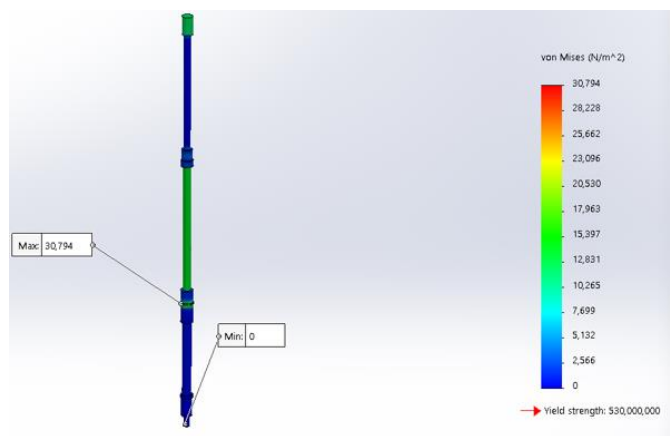


Figure 14. Nilai *Stress* pada Poros

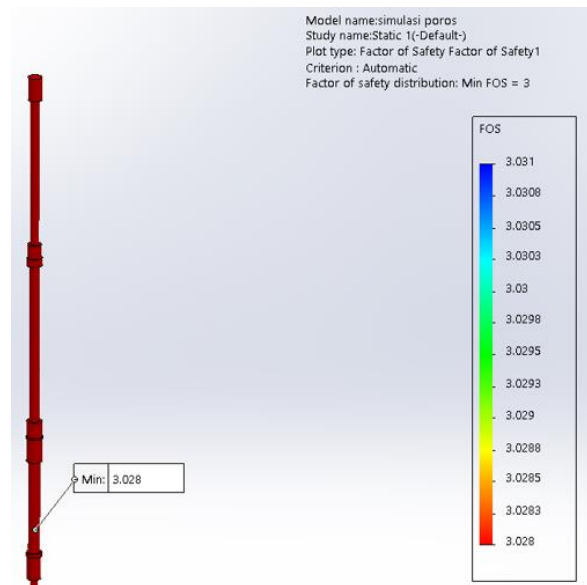


Figure 15. Nilai *Displacement* pada Poros

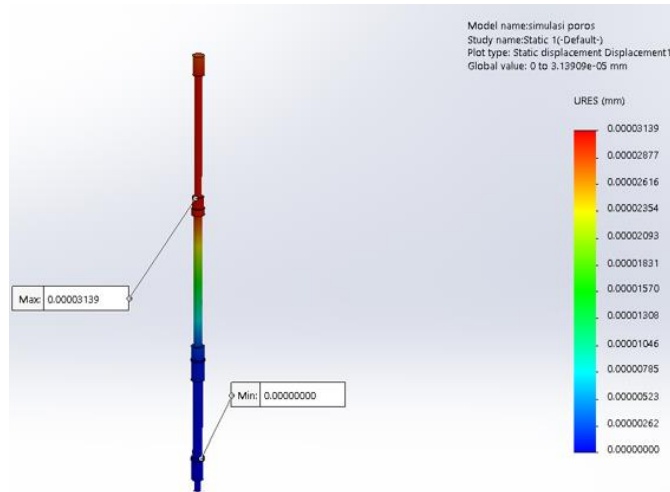


Figure 16. Nilai *Safety Factor* pada Poros

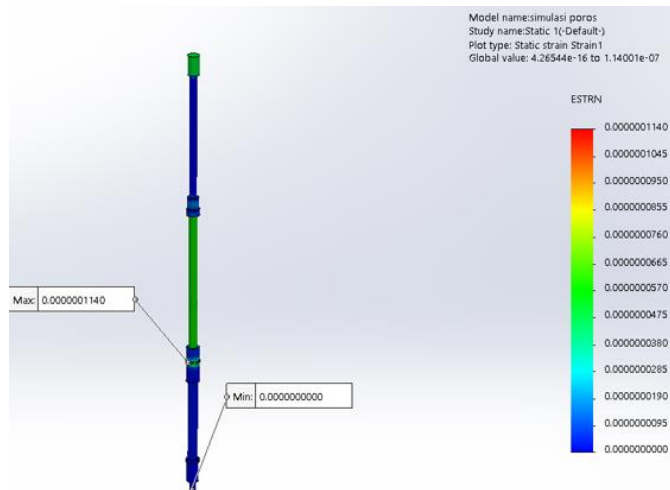


Figure 17. Nilai *Strain* pada Poros