

Rancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin dan Surya dengan Turbin Angin Sumbu Vertikal Savonius Menggunakan Bentuk Sudu L dengan Kapasitas Daya Sebesar 746,5 Wh

Deni Wahyudi^{1*}, Boy Rollastin¹, Nanda Pranandita¹

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*E-mail: deniwhy2001@gmail.com

Received: 9 Februari 2023; Received in revised form: 7 Juli 2023; Accepted: 12 Juli 2023

Abstract

The design of wind and solar power generators is the goal of utilizing solar thermal energy and wind speed on the coast. Its power requirement of 720 W and use VDI 2222 method. From the results of the calculations that the Savonius type wind turbine uses an L-shaped profile, with a diameter of 710 mm and a height 592 mm can produce a power of 279.072 Wh. And for the power generated from a Polycrystalline type of solar panel with a capacity of 50 Wp as much as 1 unit can produce a power of 467.5 Wh. Based on the calculation results of the combination of wind turbines and solar panels, a power of 746.6 is obtained. So that with this power it meets the capacity of the power requirement of 720 Wh. From the results of the calculation of the strength analysis of the material on the turbine shaft with material type SS 304 using SolidWorks software, it is known that the allowable stress on the material SS 304 is 200 MPa, then the resultant torsional stress with a load of 1217 Nm produces a yield strength of 1.723×10^2 N/mm²(MPa), and the max torsional stress is 1.723×10^3 N/mm²(MPa).

Keywords: Solar panels; VDI2222; Wind turbines.

Abstrak

Rancangan alat pembangkit listrik tenaga angin dan surya merupakan suatu tujuan dari pemanfaatan energi panas matahari dan kecepatan angin di pesisir pantai. Rancangan tersebut membutuhkan daya sebesar 720 W, mengikuti tahapan pada metode VDI 2222. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan turbin angin jenis savonius menggunakan bentuk profil L, dengan diameter 710 mm dan tinggi 592 mm dapat menghasilkan daya sebesar 279,072 Wh. Dan untuk daya yang dihasilkan dari panel surya tipe Polycrystalline dengan kapasitas 50 Wp sebanyak 1 buah dapat menghasilkan daya sebesar 467,5 Wh. Berdasarkan hasil perhitungan kombinasi turbin angin beserta panel surya, maka didapatkan daya sebesar 746,6. Sehingga dengan daya tersebut sudah memenuhi kapasitas dari kebutuhan daya sebesar 720 Wh. Dari hasil perhitungan analisa kekuatan bahan pada poros turbin dengan material jenis SS 304 menggunakan software SolidWork, diketahui tegangan izin pada material SS 304 sebesar 200 MPa, maka hasil tegangan puntir dengan beban sebesar 1217 Nm menghasilkan *yield strenght* sebesar 1.723×10^2 N/mm²(MPa), dan tegangan puntir *max* sebesar 1.723×10^3 N/mm²(MPa).

Kata kunci: Panel surya; Turbin angin; VDI2222.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara yang strategis dengan posisi yang berada tepat di garis katulistiwa, sehingga banyak memberikan dampak sebagai penghasil energi yang dapat dimanfaatkan secara efisien. Seperti salah satu contohnya adalah energi angin dan panas matahari [1].

Tenaga angin adalah salah satu energi yang paling efisien jika dimanfaatkan dengan baik dan benar, saat ini banyak dari

negara-negara yang menghasilkan tenaga angin sebagai pemasok listrik cadangan. Tenaga angin dapat dimanfaatkan sebagai penghasil listrik yang ramah lingkungan dengan bantuan alat seperti Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA). Dalam pemanfaatan alat Pembangkit Listrik Tenaga Angin pada penempatan tinggi atau rendah dan perbedaan tekanan angin yang terdapat pada suatu wilayah di Indonesia sangat

mempengaruhi pergerakan dan kecepatan angin [2].

Selain kecepatan angin, panas matahari dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik yang paling ramah lingkungan. Radiasi panas matahari merupakan energi panas yang tidak terbatas, untuk ketersediaan panas matahari dengan letak daerah tertentu maka tiap wilayah dapat memanfaatkan panas matahari sebagai konversi energi penghasil listrik yang cukup efisien dengan menggunakan alat Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) [3].

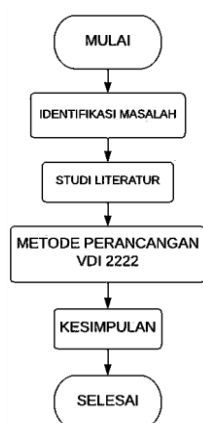
Berdasarkan hasil data [4], saat ini Kepulauan Bangka Belitung mempunyai potensi energi primer yang dapat dimanfaatkan dengan baik diantaranya: Panas matahari 2,8 MW dan kecepatan angin 1,7 MW. Sementara kebijakan yang diambil Pemerintah Provinsi kepulauan Bangka Belitung kedepannya mempunyai target antara tahun 2025-2050 dapat menggunakan energi terbarukan sebesar 17,21% - 30,97% [5].

Ketersediaan panas matahari dan kecepatan angin tepatnya di pesisir pantai Turun Aban, Kepulauan Bangka Belitung dinilai cukup memadai. Berdasarkan hasil wawancara dengan Kepala Lingkungan Desa Matras Turun Aban, lokasi tersebut merupakan pantai yang sering digunakan untuk berangkat dan berlabuhnya perahu-perahu para nelayan. Para nelayan sering melakukan bongkar muat dari hasil tangkapan mereka pada pagi dan malam hari. Saat ini, para nelayan tersebut mengalami kesulitan bongkar muatan terutama pada malam hari. Hal ini dikarenakan pasokan listrik pada Pantai Turun Aban sama sekali belum masuk. Demi mendapatkan aliran listrik para nelayan harus

bersusah payah menggunakan alat bantuan listrik sebagai penerangan seperti mesin genset. Untuk operasionalnya mesin genset ini memerlukan banyak biaya dalam segi bahan bakar dan perbaikan apabila terjadi kerusakan. Pada penelitian ini bertujuan untuk membantu para nelayan yang ada di pesisir Pantai Turun Aban untuk memanfaatkan energi panas matahari dan tenaga angin agar dapat dikonversi menjadi energi listrik sebagai penerangan di pesisir pantai, sehingga bisa mengatasi permasalahan tersebut. Adapun penelitian yang akan dilakukan dengan judul "Rancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin dan Surya dengan Turbin Angin Sumbu Vertikal Savonius Menggunakan Bentuk Sudu L dengan Kapasitas Daya Sebesar 746,5 Wh".

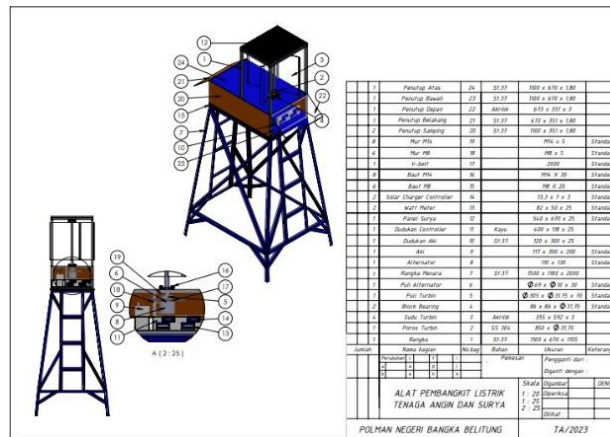
Dari hasil penelitian [6], turbin angin jenis savonius menggunakan profil L dengan jumlah sudu sebanyak 4 buah, hasil kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan yaitu semakin besar kecepatan angin terhadap turbin, maka semakin besar putaran yang dapat dihasilkan pada rotor turbin dan semakin besar juga daya yang dapat dihasilkan. Jenis profil sudu memberikan banyak pengaruh terhadap kinerja pada turbin angin, model sudu dengan profil L mempunyai kinerja lebih baik dibandingkan dengan profil U dan S, dikarenakan lengkungan pada profil L menyebabkan pergerakan angin dapat mendorong ujung pada profil sudu, hal tersebut yang menyebabkan putaran turbin dapat lebih ringan dan turbin akan berputar lebih cepat.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir

Pada tahapan rancangan metode penelitian menggunakan VDI 2222, dimana pada metode ini terdapat beberapa tahapan penting yang harus dilakukan dan diselesaikan agar hasil rancangan dapat terrealisasikan sesuai dengan harapan dan fungsinya, berikut merupakan tahapan pada metode penelitian yang akan dilaksanakan sesuai pada Gambar 1.



Gambar 2. Hasil Rancangan

Pada tahapan ini menjelaskan hasil dari gambar rancangan yang telah di buat. Rancangan yang telah dipilih berdasarkan aspek-aspek perhitungan, referensi baik dari sumber terdahulu dan studi lapangan yang telah dilakukan. Hasil rancangan dapat dilihat pada Gambar 2.

3.2. Perhitungan

Agar dapat mengetahui daya beban yang dibutuhkan selama pemakaian, diperlukan persamaan sebagai berikut: $W = p \cdot t = 60W \times 12h = 720W$.

Perhitungan Luas Sapuan dari Sudu dengan persamaan sebagai berikut [7]: $A_{swept} = \pi \cdot D \cdot h$ dengan D = Diameter turbin, dan h = Tinggi sudut sehingga

$$D = 710 \text{ mm}$$

$$\frac{D}{h} = 1,2$$

$$h = \frac{D}{1,2} = \frac{710}{1,2} = 591,67 \approx 592 \text{ mm}$$

$$A_{swept} = \pi \cdot D \cdot h = 3,14 \times 710 \times 592 = 1.319 \text{ m}^2$$

Perhitungan Daya Turbin Angin dengan persamaan sebagai berikut [8]:

$$P_{W1} = \frac{1}{2} \times \rho \cdot a_{udara} \times A_{swept} \times v^3 = 0,5 \times 1,2 \times 1.319 \times (2,93)^3 = 19,9W$$

Diketahui bahwa efisiensi wind turbin (η_{WT}) sebesar 48,7%, sehingga daya pada poros turbin adalah: $P_T = P_W \times \eta_{WT} = 19,9 \times 48,7\% = 9,69W$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam tahapan ini membahas hasil rancangan, perhitungan dan analisa kekuatan bahan, hasil tersebut dapat dilihat pada sub bab 3.1, 3.2 dan 3.3.

3.1. Hasil Rancangan

Diasumsikan efisiensi generator (η_{gen}) = 0,8, maka daya elektris yang dihasilkan dari generator sebesar: $P_{elektris} = P_T \times \eta_{gen} = 9,69 \times 0,8 = 7,752W$.

Diketahui rata-rata rpm turbin dapat menggunakan persamaan sebagai berikut [9]: $N_1 = \frac{60 \times v}{2\pi \times r} = \frac{60 \times 2,93}{2(3,14) \times 0,355} = 78,8 \text{ rpm}$.

Dalam menentukan rasio turbin, diketahui generator mampu berputar hingga 900 rpm, sehingga rasio transmisi adalah: $Rasio = \frac{900}{78,8} = 11,4 \approx 11$.

Diambil untuk rasio pully sebesar 3:1. Dengan perbandingan rasio 3:1, maka $P_{elektris}$ yang dapat dihasilkan adalah: $P_{elektris \text{ total}} = P_{elektris} \times 3 = 7,752 \times 3 = 23,26 W$.

Total daya (Pt) yang dihasilkan turbin dalam 12 jam adalah: $P_t = P_{elektris} \times 12 \text{ jam} = 23,26 \times 12 h = 279,072 Wh$.

Perhitungan Panel surya, panel surya yang digunakan berdasarkan spesifikasinya sebesar 50 Wp. Berdasarkan pengukuran di lapangan lama efektifitas panas matahari/pengecasan aki selama 11 jam. Sehingga rugi-rugi daya panel surya sebesar: $E_b = E_p - (15\% \times E_p)$, dengan $E_p = P \cdot t = 50 W \cdot 11 \text{ jam} = 550 Wh$, sehingga $E_b = 550 - (15\% \times 550) = 467,5 Wh$. Jadi, total daya yang dihasilkan dari turbin angin dan panel surya (P_{total}) sebesar: $P_{total} =$

$Pa + Eb = 279 + 467,5 = 746,5 \text{ Wh}$. Nilai P_{total} sudah memenuhi kebutuhan daya harian sebesar 720 Wh.

Perhitungan Sistem Transmisi *Pully*, diambil untuk rasio *pully* sebesar 3: 1. Untuk memilih dan menghitung besarnya diameter *pully*, dapat menggunakan rumus perbandingan putaran (i), [10]:
 $i = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{D_1}{D_2} = \frac{78,8}{900} \cdot \frac{328}{69} = 2,75$. Jadi, i = Velocity rasio yang terjadi sebesar 2,75.

Perhitungan Kecepatan keliling *Pully*, besarnya kecepatan keliling bisa dilambangkan dengan simbol (V), dengan persamaan sebagai berikut [10]:

$V_p = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{60 \times 1000} = \frac{3,14 \times 69 \times 78,8}{60 \times 1000} = 3,514$. Jadi, kecepatan keliling (V) pada diameter *pully* 1 sebesar = 3,514. $V_p = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n}{60 \times 1000} = \frac{3,14 \times 328 \times 900}{60 \times 1000} = 15,448$. Jadi, kecepatan keliling (V) pada diameter *pully* 2 sebesar = 15,448.

Perhitungan Jarak Kedua-Sumbu Poros (C) dan Panjang *Belt* (L) Asumsi: Jarak sumbu poros (C) harus sebesar 1,5 sampai 2 kali diameter *pully* besar, maka $C = 2D_2$, [10]:

Diketahui: $D_1 = 69\text{mm}$, $D_2 = 328\text{mm}$, $C = 2D_2 = 656 \text{ mm}$.

Perhitungan Panjang *Belt* menggunakan persamaan sebagai berikut [10]:

$$L = 2C + \frac{\pi(D_2+D_1)}{2} + \frac{1(D_2-D_1)^2}{4C}$$

$$2C = L - \frac{\pi(D_2+D_1)}{2} - \frac{(D_2-D_1)^2}{4C}$$

$$2C = 2000 - \frac{3,14(397)}{2} - \frac{67.081}{2624} = 1.351,13.$$

$$L = 1.351,13 + \frac{3,14(328+69)}{2} + \frac{1(328-69)^2}{4(656)} =$$

1999,98 mm, maka diketahui panjang L sebesar : 1999,98 mm.

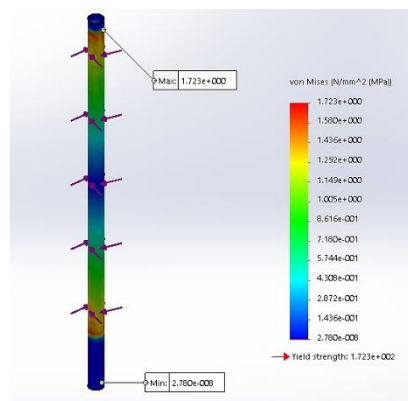
Perhitungan jarak antar kedua sumbu poros (C) [10]: Apabila panjang *belt* sudah diketahui maka jarak antar kedua sumbu poros dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$C = \frac{\sqrt{8 \cdot D_2 \cdot L - 4\pi D_2(D_2-D_1) - (D_2-D_1)^2}}{8}$$

$$= \frac{\sqrt{8 \times 328 \times 1999,98 - 4 \times 3,14 \times 328(328-69) - (328-69)^2}}{8} =$$

717,100 mm, maka diketahui jarak antar sumbu (C) sebesar = 717,100 mm.

3.3. Analisis Kekuatan Bahan



Gambar 3. Analisa Tegangan Puntir pada Poros Turbin

Pada Gambar 3, perhitungan analisa kekuatan bahan, untuk mengetahui ketahanan material pada komponen atau part maka akan dilakukan analisa perhitungan momen torsi pada poros turbin angin dengan persamaan rumus, dan dilakukan uji coba analisa 3D menggunakan *software* SolidWork: $T = \frac{1}{2} \times \rho_a \times AT \times V^2 \times r = \frac{1}{2} \times 1,224 \times 1,319 \times 8,5 \times 177,5 = 1217,905245 \text{ Nm}$.

Hasil Analisa Tegangan Puntir Material SS 304 Menggunakan *Software* (SolidWork): Diketahui material SS 304 (Stainless stell) dengan beban puntir sebesar 1217 Nm menghasilkan *yield strenght* sebesar $1.723e+002 \text{ N/mm}^2$ (MPa), dengan tegangan

puntir max sebesar $1.723e+000 \text{ N/mm}^2$ (MPa), dapat di lihat pada gambar 3. Diketahui tegangan ijin pada material SS 304 yaitu sebesar 200 MPa.

4. SIMPULAN

Dari hasil rancangan yang telah dilakukan, turbin angin menggunakan sudu bentuk profil L dengan diameter 710 mm dan tinggi 592 mm, untuk panel surya yang digunakan dengan kapasitas daya sebesar 50 Wp, sebanyak 1 buah.

Diketahui dari hasil perhitungan turbin angin yang telah dirancang dapat menghasilkan daya sebesar 279,072 Wh, dan panel surya dengan kapasitas daya sebesar 50 Wp sebanyak 1 buah dapat

menghasilkan daya sebesar 467,5 Wh. maka jika ditotalkan turbin angin dan panel surya dapat menghasilkan daya sebesar 746,5 Wh. Jadi total daya yang dihasilkan selama waktu pengecasan dari turbin angin dan panel surya sudah memenuhi kapasitas dari kebutuhan daya sebesar 720 Wh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Bachtiar and W. Hayyatul, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciharas," *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 7, no. 1, pp. 34-45, 2018, doi: 10.21063/jte.2018.3133706.
- [2] A. Suud, R. Franchitika, and Kuswandi, "Jurnal Teknik Mesin," *J. Tek. Sipil*, vol. 11, no. 2, pp. 1185-1194, 2020, [Online]. Available: <http://jurnal.uhl.ac.id/index.php/JTS/article/view/1544>
- [3] L. A. Gunawan, A. I. Agung, M. Widyartono, and S. I. Haryudo, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Portable," *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 65-71, 2021.
- [4] PERDA BABEL, "Rencana Umum Energi Daerah Tahun 2019-2050," vol. 1, pp. 7-8, 2020.
- [5] M. Penelitian, "Angin di Desa Jada Bahrin," pp. 66-69, 2021.
- [6] E. S. Wijianti, S. Saparin, and Y. Setiawan, "Turbin Angin Savonius Empat Sudu Dengan Variasi Model Profil Sebagai Media Belajar Mahasiswa," *Mach. J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 57-61, 2019, doi: 10.33019/jm.v5i2.1414.
- [7] A. Darmawan and F. Winjaya, "Rancang Bangun Turbin Angin Aksis Vertikal Sebagai Alternatif Catu Daya Pada Perlintasan Sebidang Perkeretaapian Program Studi Teknologi Elektro Perkeretaapian. vol. III, no. November 2019.
- [8] E. Maulana and E. Djatmiko, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan Turbin Angin Savonius Tipe-U untuk Kapasitas 100 W The Design of Wind Power Plant with a U-Type Savonius Turbine," vol. 3, pp. 183-190, 2021.
- [9] D. I. Pantai and G. Cirebon, "No Title," pp. 1-8.
- [10] Y. D. Novitasari, "Perhitungan Ulang Transmisi Sabuk Dan Puli Serta Pemilihan Alternator Pada Kinetic Flywheel Conversion I (Kfc I) Untuk Memaksimalkan Kerja Alat di Terminal Bbm Surabaya Group - Pertamina Perak," no. Kfc I, pp. 57-71, 2018.