

RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN SAVONIUS POROS VERTIKAL DENGAN KINCIR 4 SUDU SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK PADA PENERANGAN JALAN RAYA

PARTA¹, ROFIROH², ANDRE GUSTI FATRIA³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang
Jl. Perintis Kemerdekaan I/33 Cikokol-Tangerang
E-Mail : partagumilang77@gmail.com

ABSTRAK

Manusia membutuhkan energi untuk melakukan kehidupan sehari-hari misalnya untuk berjalan, berlari, bekerja, atau beraktivitas. Selain itu manfaat energi penting untuk kebutuhan lain, yang juga bisa diubah menjadi listrik untuk keperluan manusia sehari-hari. Indonesia memiliki kekayaan sumber daya energi, yaitu tenaga air (Hydropower), panas bumi, gas bumi, batubara, gambut, biomassa, biogas, angin, energi laut, matahari dan lainnya dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif, menggantikan bahan bakar minyak, yang semakin terbatas baik jumlah cadangannya, dan gas hasil proses pembakaran dari energi fosil menciptakan polusi yang sangat merusak lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan. Melihat potensi kota besar di Indonesia yang notabenebanya banyak dijumpai kendaraan dan jalan-jalan besar sehingga menjadi sebuah trobosan untuk membangun suatu turbin angin yang nantinya diaplikasikan di titik-titik tertentu suatu daerah pada jalan raya sebagai pembangkit listrik pada penerangan jalan raya seperti pada berbagai jalan di negara-negara maju Penelitian ini menggunakan metode perancangan eksperimen yaitu pengumpulan data sebagai bahan untuk menyusun laporan skripsi. Pada tahap perencanaan menggunakan studi lapangan, metode interview, studi literature. proses pelaksanaan dimulai dari survey harga material, desain, pembuatan komponen, perakitan dan pengujian alat. Dalam rancang bangun turbin angin savonius melalui beberapa proses yaitu proses perancangan dan desain turbin menggunakan software CAD, melakukan perhitungan dan pembelian material, dan yang terakhir adalah proses pembuatan dan assembly bagian turbin itu sendiri. Adapun jumlah biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan rancang bangun turbin angin savonius yaitu sebesar Rp 5.744.203,- (Lima Juta Tujuh Ratus Empat puluh Empat Ribu Dua Ratus Tiga Rupiah)

Kata Kunci : Jalan Raya; Pembangkit Listrik; Rancang Bangun; Anggaran Biaya.

ABSTRACT

Humans need energy to carry out daily life for example to walk, run, work, or do other activities. In addition, the benefits of energy are important for other needs, which can also be converted into electricity for daily human needs. Indonesia has a wealth of energy resources, namely hydropower, geothermal, natural gas, coal, peat, biomass, biogas, wind, marine energy, solar and others that can be used as alternative energy, replacing fuel oil, which is increasingly limited. both the amount of reserves, and the gas resulting from the combustion process from fossil energy creates pollution that is very damaging to the environment and harmful to health. Seeing the potential of big cities in Indonesia, which in fact many vehicles and large roads are found, so that it becomes a breakthrough to build a wind turbine which will later be applied at certain points of an area on the highway as a power generator for road lighting such as on various roads in Indonesia. developed countries. This study uses an experimental design method, namely data collection as material for compiling a thesis report. At the planning stage using field studies, interview methods, literature studies. The implementation process starts from a material price survey, design, component manufacture, assembly and testing of tools. In the design of the Savonius wind turbine through several processes, namely the process of designing and designing the turbine using CAD software, calculating and purchasing materials, and the last one is the process of making and assembling the turbine part itself. The total cost required for the manufacture of the savonius wind turbine design is Rp. 5,744,203, - (Five Million Seven Hundred Forty Four Thousand Two Hundred Three Rupiah)

Keywords: Highway; Power Plant; Design and Build; Cost Budget.

1. PENDAHULUAN

Jalan adalah suatu media penghubung antara satu kota dengan kota yang lainnya dengan berbagai jenis kendaraan yang melintas, mulai kendaraan pribadi hingga kendaraan komersial

dimana masing-masing kendaraan tersebut melaju dengan kecepatan yang bervariasi sesuai kebutuhan. Saat kendaraan tersebut melaju dengan sangat cepat, maka akan menimbulkan suatu energi laju aliran udara yang besar dan cepat sehingga dapat dirasakan

ketika berada di posisi tidak jauh dari laju kendaraan tersebut.

Seiring perkembangan teknologi yang semakin maju, mendorong kreatifitas mahasiswa untuk memanfaatkan energi kecepatan angin kendaraan yang melaju sebagai pembangkit listrik dengan bantuan turbin yang terhubung pada satu poros vertikal menuju generator, sehingga nantinya putaran generator inilah yang menghasilkan energi listrik. Pada umumnya di negara kita sudah memanfaatkan energi angin sebagai pembangkit listrik dengan berbagai jenis turbin dan penempatan yang berbeda sesuai kebutuhan, namun melihat potensi kota besar di Indonesia yang notabeneanya banyak dijumpai kendaraan dan jalan-jalan besar sehingga menjadi sebuah trobosan untuk membangun suatu turbin angin yang nantinya diaplikasikan di titik-titik tertentu suatu daerah pada jalan raya yang terpantau lancar dengan volume kendaraan yang tidak terlalu padat seperti pada berbagai jalan di negara-negara maju.

Dengan adanya rencana pembangunan turbin angin ini, diharapkan dapat memaksimalkan pemakaian listrik pada penerangan jalan dengan mengaplikasikan sistem otomatis *on/off* menggunakan sensor pembaca cahaya yang terpasang diatas lampu guna menyuplai dan menghentikan pengeluaran listrik dari penyimpanan tanpa perlu melakukan pengontrolan secara manual oleh operator, sehingga saat ada aktifitas kendaraan, turbin akan berkerja menghasilkan listrik dari putaran *generator* yang terhubung dengan poros kincir/sudu untuk *mencharger battery*.

Saat malam hari tiba *battery* akan sangat membutuhkan tambahan suplai energi listrik karena saat itulah sensor pembaca cahaya bekerja dan mulai menyuplai listrik ke lampu jalan sehingga jika tidak adanya pengisian maka *battery* akan cepat habis dan tidak dapat bekerja dengan maksimal, disinilah peran turbin angin yang sangat dibutuhkan oleh sistem pengisian *battery*, tetapi ada saat dimana *battery* akan mendapat suplai pengisian yang melebihi kapasitas atau yang disebut "*over charging*", hal ini disebabkan karena putaran turbin melebihi kecepatan yang diijinkan, dan dapat menyebabkan *battery* menjadi rusak bahkan dapat terjadinya kebakaran, maka perlu adanya sistem pengaman yang bekerja jika pengisian mengalami *over charging*.

Berdasarkan latar belakang di atas maka penelitian ini akan membahas tentang "RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN *SAVONIUS* POROS VERTIKAL DENGAN KINCIR 4 SUDU SEBAGAI

PEMBANGKIT LISTRIK PADA PENERANGAN JALAN RAYA".

2. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun *schedule* dan lokasi yang ditunjukkan sebagai tempat untuk dilakukan pengujian turbin angin yaitu dilaksanakan pada tanggal 15 Agustus - 18 Agustus 2020 pada separater Jalan Gatot Subroto KM 5, Keroncong, Kec. Jatiuwung, Kota Tangerang, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Pengujian

Metode penelitian yang digunakan oleh penulis dalam rancang bangun turbin angin *savonius* adalah menggunakan metode perancangan eksperimen berdasarkan konsep turbin *existing* yang sudah ada dan diperbaharui dengan desain yang menyesuaikan pada kondisi lapangan dengan menggunakan *software Autodesk Inventor Profesional*.

Adapun tahap-tahap perencanaan yang dilakukan dalam proses pembuatan rancang bangun Turbin Angin *Savonius*, diantaranya :

1. Studi Lapangan

Mempelajari alat pemotong kripik otomatis dan mekanismenya, untuk merancang Turbin Angin *Savonius* ini terlebih dahulu dilakukan pengamatan dan pembelajaran dari Turbin Angin *Savonius* yang sudah ada untuk pencarian data.

2. Metode *Interview*

Metode *interview*, yaitu suatu metode pengumpulan data dimana penulis mengadakan wawancara secara langsung dengan narasumber yang berkopeten dibidang ini.

3. Studi Literatur

Mempelajari literature yang membantu dan mendukung proses manufaktur dan perakitan (*assembling*), Turbin Angin *Savonius* mempelajari dasar rancangan elemen mesin, langkah-langkah kinerja dari Turbin Angin *Savonius*, dan literature lain yang mendukung.

4. Perencanaan dan Perancangan

Setelah melakukan pencarian data dan pembuatan konsep yang didapat dari literature

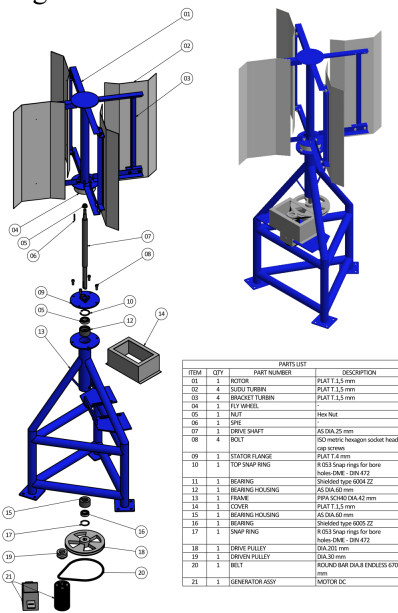
studi kepustakaan dan dilihat dari percobaan tentang Turbin Angin *Savonius* yang sudah ada, maka dapat direncanakan elemen-elemen dari perancangan pembuatan Turbin Angin *Savonius*. Perencanaan dan perancang adalah langkah awal dari pembuatan Turbin Angin *Savonius* ini harus dilakukan dengan benar agar alat yang dibuat dapat bekerja secara maksimal.

5. Waktu Perencanaan dan Perancangan

Waktu perencanaan dan perancangan Turbin Angin *Savonius* ini dilakukan selama 3 bulan yang meliputi, analisa perencanaan, perhitungan, pembuatan, perancangan dan pengambilan data.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam perancangan pembuatan Turbin Angin *Savonius* ini, terdapat beberapa tahapan dan langkah-langkah yang harus dilakukan :



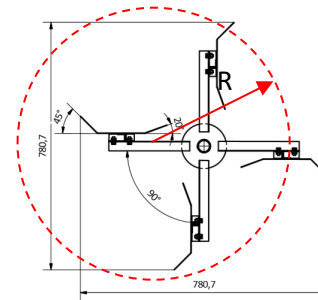
Gambar 2. Desain Turbin Angin *Savonius*

Spesifikasi Turbin angin savonius :

- a. Diameter sapuan sudu turbin = 0,78 m
- b. Tinggi sudu turbin = 0,60 m
- c. Tinggi tower turbin = 0,89 m
- d. Tebal sudu turbin = 1,50 mm
- e. Luas permukaan sudu = 0,18 m²
- f. Tinggi total = 1,50 m

A. Menentukan Daya Turbin

Untuk luas daerah sapuan angin dapat dihitung dengan melihat *radius* sapuan sudu pada turbin seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Daerah Sapuan Angin Pada Turbin Angin *Savonius*

Pada gambar di atas didapat daerah sapuan angin dengan jarak 780,7 mm = 0,78 m dengan $R = \frac{0,78}{2} = 0,39$ m, maka luas daerah sapuan angin adalah :

$$A = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 0,39^2 = 0,47 \text{ m}^2$$

Daya Turbin

$$P_A = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 = \frac{1}{2} \cdot (0,1) \cdot (1,2) \cdot (0,47) \cdot 7,2^3 = 10,52 \text{ Watt}$$

Jadi daya yang dihasilkan oleh turbin angin *savonius* dengan kecepatan angin *max* di parameter pengujian pada sore hari sesuai Tabel 4.2 yaitu sebesar 10,52 W.

B. Menentukan Poros Turbin

Material yang digunakan untuk pembuatan poros adalah besi pejal dengan lambang S45C seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Besi Pejal Lambang S45C

Perhitungan Daya Rencana Poros

$$P_d = f_c P = 2 \cdot (0,010) = 0,02 \text{ kW}$$

Perhitungan Momen Puntir Rencana

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{\frac{n1}{123}} = 9,74 \times 10^5 \frac{0,02}{123} = 158,37 \text{ kg/mm}$$

Perhitungan Pada Tegangan Geser Yang Diijinkan

$$\sigma_a = \frac{\sigma_B}{(Sf_1 \times Sf_2)} = \frac{58}{(6,0 \times 2,0)} = 4,83 \text{ kg/mm}^2$$

Perhitungan Untuk Menentukan Diameter Poros

$$d_s = \left(\frac{5,1}{\sigma_a} K_t C_b T \right)^{1/3}$$

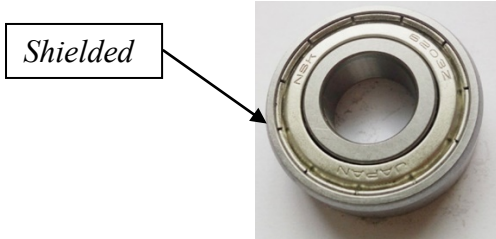
$$= \left(\frac{5,1}{4,83} \cdot (1,5) \cdot (2,3) \cdot 158,37 \right)^{1/3}$$

$$= 8,32 \text{ mm}$$

Jadi poros yang digunakan untuk membuat sebuah turbin angin *savonius* yaitu menggunakan besi bulat/*Round bar* berdiameter 8,32 mm dengan tegangan geser yang diijinkan sebesar 4,83 kg/mm².

C. Perencanaan Bantalan

Dalam perencanaan bantalan pada turbin angin *savonius* poros *vertical* bantalan yang digunakan adalah bantalan “6005 ZZ” yaitu jenis bantalan gelinding dengan type *Shielded*, alasannya adalah karena bantalan gelinding mempunyai keuntungan dari gesekan gelinding yang sangat kecil dibandingkan bantalan luncur, dan dipilih type *Shielded* karena melihat kondisi lingkungan dengan pergantian cuaca yang mungkin dapat menyebabkan air atau kotoran masuk ke dalam *ball bearing* dan dapat memperpendek umur bantalan maka disinilah peranan dari *Shielded* yaitu menahan air dan kotoran masuk kedalam bantalan sehingga cuaca ekstrim pun bantalan tetap terjaga kondisinya, adapun type ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Bantalan Gelinding Type *Shielded*

Perhitungan Beban Ekuivalen

$$P_r = XVF_r + YF_a$$

$$= 0,56 \cdot 1,189 + 1,45 \cdot 1$$

$$= 2,51 \text{ kg}$$

Perhitungan Faktor Kecepatan

$$f_n = (33,3/n)^{1/3}$$

$$= (33,3/123)^{1/3}$$

$$= 0,64 \text{ Rpm}$$

Perhitungan Faktor Umur

$$f_h = f_n \frac{C}{P}$$

$$= 0,64 \frac{2.260}{10,52}$$

$$= 137,49 \text{ Jam}$$

Umur nominalnya adalah :

$$L_h = 500 f_h^3 \text{ (Untuk bantalan bola)}$$

$$= 500 \cdot 137,49^3$$

$$= 1.299.521.114 \text{ Jam}$$

Keandalan umurnya adalah :

$$L_n = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot L_h$$

$$= (0,21) \cdot (1) \cdot (1) \cdot (1.299.521.114)$$

$$= 272.899.433 \text{ Jam}$$

Jadi bantalan yang digunakan yaitu bantalan dengan jenis bantalan gelinding nomor “6005ZZ” dengan keandalan umur pakai yaitu 272.899.433 Jam.

D. Perencanaan *Pulley* dan Sabuk Transmisi

Diketahui :

$$\varnothing \text{ Pulley Penggerak} : 201 \text{ mm}$$

$$\varnothing \text{ Pulley Penerima} : 30 \text{ mm}$$

Kecepatan Keliling *Pulley* Penggerak

$$V_p = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot N_1(\max)}{60}$$

$$= \frac{3,14 \cdot 201 \cdot 123}{60}$$

$$= 1,29 \text{ m/s}$$

Kecepatan Putar (rpm) *pulley* yang digerakan

$$n_2 = \frac{D_1 \cdot N_1(\max)}{D_2}$$

$$= \frac{201 \cdot 123}{30}$$

$$= 824,1 \text{ rpm}$$

Efisiensi Transmisi *V-Belt*

$$\frac{123 \text{ Rpm}}{824,1 \text{ Rpm}} \times 100\% = 14,92\%$$

Jadi kecepatan *pulley* penggerak pada *top speed* 123 Rpm yaitu 1,29 m/s dengan jumlah putaran output generator sebesar 824,1 Rpm menggunakan rasio 1:6, yang menghasilkan efisiensi sebesar 14,92%.

E. Perencanaan Sudu Turbin

Segitiga Aliran Kecepatan Fluida Pada Blade Turbin Angina *Savonius*

$$U_1 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{60}$$

$$= \frac{3,14 \cdot 0,78 \cdot 123}{60}$$

$$= 5,02$$

Gaya *Drag*

$$D = \frac{1}{2} C_{d,\rho} A \cdot v^2$$

$$= \frac{(1) \cdot (0,9) \cdot (1,255) \cdot (0,47) \cdot (7,2)^2}{2}$$

$$= 13,76 \text{ N}$$

Gaya *Lift*

$$L = \frac{1}{2} C_{L,\rho} A \cdot v^2$$

$$= \frac{(1) \cdot (0,15) \cdot (1,255) \cdot (0,47) \cdot (7,2)^2}{2}$$

$$= 2,29 \text{ N}$$

Efisiensi dari Gaya *Lift* dan Gaya *Drag*

$$\frac{2,29 \text{ N}}{13,76 \text{ N}} \times 100\% = 16,64\%$$

Jadi hasil perhitungan antara Gaya *Lift* dan Gaya *Drag* pada perencanaan sudu turbin yaitu $FD = 13,76 \text{ N}$, dan $FL = 2,29 \text{ N}$, dengan *Tip Speed Ratio* 0,69 dan menghasilkan efisiensi sebesar 16,64%.

F. Total Biaya Produksi

Total Biaya = ((Rp.189.750 + Rp.299.453 + Rp.1.590.000) + Rp.2.455.000 + Rp.910.000 + Rp.300.000)

Total Biaya = Rp.5.744.203,-

$efisiensi = \frac{Rp. 5.744.203,-}{Rp.13.150.000,-} \times 100\% = 43,68\%$

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dengan judul “Rancang Bangun Turbin Angin *Savonius* Poros Vertikal Dengan Kincir 4 Sudu Sebagai Pembangkit Listrik Pada Penerangan Jalan Raya”. Maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Turbin angin dibuat dengan jenis *Savonius* maka menggunakan konfigurasi poros *axis vertical* karena mengikuti kondisi lapangan dan memiliki beberapa keuntungan diantaranya : (1.) Kontruksi turbin sangat sederhana, bisa tersusun dari dua buah sudu atau lebih, (2.) Dapat digunakan pada angin dengan kecepatan rendah, (3.) adanya gaya dorongan karena perbedaan sudut yang menyebabkan sudu berputar secara terus menerus.
2. Berdasarkan perhitungan mekanis pada perancangan turbin angin *savonius* didapat hasil perhitungan daya turbin sebesar 10,52 watt
3. Berdasarkan hasil perhitungan mekanis jumlah output putaran maksimal pada *pulley generator* turbin angin *savonius* sebesar 824,1 Rpm dengan efisiensi sebesar 14,92%.
4. Berdasarkan hasil perhitungan anggaran biaya pada rancang bangun turbin angin *savonius* maka total biaya produksi sebesar Rp.5.744.203,- dengan efisiensi harga sebesar 43,68% jika dibandingkan dengan harga turbin di *online shop*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Sulaksono, 2019, *Perancangan Sudu Tangkap Terhadap Variasi Kecepatan Angin Pada Turbin Angin*, Jurnal Ilmiah TEKNOBIZ, Vol. 9 No. 2.
- Burton T, Sharpe D, Jenkin N, Bossanyi E. 2001. *Wind Energy Handbook*. New York: Wiley.
- Daniel Teguh Rudianto, Nurfi Ahmadi, 2016, Rancang Bangun Turbin Angina Savonius 200 Watt, Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Kedirgantaraan (SENATIK), Vol. II, 26 November 2016, ISSN: 2528-1666.
- Fritz Dietzel. 1988. *Turbin Pompa Dan Kompresor*, Jakarta: Penerbit Erlangga.

Ikbal Pandu Prakoso, Dr. Ir. Priyagung Hartono, Ir. Hj. Unung Lesmanah, 2018, *Perencanaan Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Darrieus-H Dengan Penambahan 2 Blade Tipe Savonius Untuk Pembangkit Listrik*, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang, Jawa Timur.

Ir. Jack Stolk, C. Kros. 1986. *Elemen Mesin, Elemen Kontruksi Bangunan Mesin*, Jakarta : Penerbit Erlangga.

M. Haydarul Haqqi, Dr. Gunawan Nugroho, ST. MT., Dr. Ir. Ali Musyafa' M.Sc, 2013, Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Jenis Savonius Dengan Variasi Jumlah *Blade* Terintegrasi *Circular Shield* Untuk Memperoleh Daya Maksimum, Jurnal Teknik Pomits Vol. 7, No. 7, (2013) 1-6

Pembangkitlistrik.Com – Pembangkitan Daya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu – Rabu, 29 Juli 2020 –

<https://www.pembangkitlistrik.com/daya-pada-pembangkit-listrik-tenaga-bayu/>

Sugata Kiyokatsu. 1987 Sularso. *Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: PT.Pradnya Paramita

Syukri Himran. 2019. *Energi Angin*. Yogyakarta: Andi.

Wikipedia – Turbin Angin – Rabu, 29 Juli 2020 – https://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin