

PERANCANGAN TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL LIMA SUDU UNTUK APLIKASI PENERANGAN JALAN RAYA DAYA 200 WATT

Muhammad Alaf Fitrian ¹, Wenny Marthiana ²

Teknik mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta

Email : ¹alaffitrian10@gmail.com, ²wenny_ma@yahoo.com

ABSTRAK

Pada makalah ini dibuat model desain Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV) tipe Savonius. Model CADD dari TASV disiapkan. Pokok masalahnya adalah turbin angin sumbu vertikal dirancang untuk kondisi jalan raya ramai lancar dengan kecepatan angin berubah-ubah arah dan dengan konstruksi sederhana, turbin angin sumbu vertikal dirancang dengan jumlah sudu sebanyak 5 buah. Tujuannya adalah merancang turbin angin sumbu vertikal untuk operasi pada unstable speed (kecepatan tidak stabil), menghitung dan melakukan proses perancangan turbin angin sumbu vertikal dengan 5 buah sudu. Metode pengaplikasian TASV ini ditempatkan di median jalan raya. Kendaraan dari kedua sisi median mempercepat angin sehingga meningkatkan energi kinetiknya yang memaksa sudu turbin berputar searah jarum jam. Ini menggerakkan rotor yang terhubung ke generator DC, sehingga menghasilkan listrik. Listrik ini dapat digunakan untuk berbagai aplikasi seperti penerangan jalan raya. TASV ini juga berfungsi sebagai penghalang lampu jauh yang dipancarkan oleh kendaraan dari jalur berlawanan, sehingga mengurangi risiko kecelakaan. Data yang didapatkan untuk merancang TASV ini adalah TASV dibuat dengan menggunakan bahan yang mudah didapat seperti, dua pelat baja tahan karat dengan bantalan bola, pipa PVC setengah potong, dasar baja ringan dll. Daya rencana sebesar 200 Watt dengan kecepatan angin 8.4 m/s. Perancangan ini dilakukan dengan tujuan untuk bisa merencanakan dan menghitung dimensi sudu turbin, poros, puli, V-belt, dan bantalan yang bertujuan sebagai alat untuk pembangkit energi listrik.

Kata kunci: Turbin angin sumbu vertikal, Energi kinetik angin, Median jalan raya.

I. PENDAHULUAN

Energi angin dianggap sebagai sumber energi bersih yang tumbuh paling cepat. Dalam kehidupan sekarang ini, kebutuhan listrik jauh lebih tinggi daripada produksinya. Di abad 21 ini ada banyak metode untuk menghasilkan energi. Di sektor bidang energi terbarukan, turbin angin memainkan peran penting dalam

produksi energi. Pekerjaan energi angin diperkirakan akan meningkat secara dramatis selama beberapa tahun ke depan menurut data dari Dewan Energi Angin Global. Masalah utama dengan teknologi adalah fluktuasi sumber angin.

POTENSI ANGIN DI INDONESIA

Presiden Republik Indonesia, Ir. Joko Widodo menyatakan akan terus mendorong pengembangan energi baru dan terbarukan (EBT). Indonesia mempunyai potensi yang sangat luar biasa besar, yaitu tenaga angin.

Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Jenderal TNI (HOR) (Purn.) Luhut Binsar Pandjaitan, M.P.A. berkata: “Menjadi negara kepulauan yang memiliki garis pantai yang panjang, Indonesia juga menjadi negara yang memiliki potensi energi angin yang besar. Sebut saja daerah Sidrap dan Jeneponto di Sulawesi Selatan yang berpotensi menghasilkan energi listrik dengan ditenagai oleh angin hingga mencapai 200 megawatt (MW) bahkan lebih.”

Selain Sidrap serta Jeneponto, daerah lain juga memiliki potensi sumber tenaga angin yang relatif banyak. Sesuai dengan analisis potensi tenaga angin serta pemetaan potensi energi angin yang sudah dilakukan, daerah dengan potensi yang relatif banyak diantaranya, Lombok (100 MW), Garut (150 MW), Lebak serta Pandeglang (masing-masing 150 MW), dan Sukabumi (170 MW).

Selain daerah tersebut, wilayah lain yang memiliki potensi tenaga angin tidak lebih dari 100 MW antara lain, Tanah laut (90 MW), Gunung Kidul (10 MW) serta Bantul (50 MW) pada DIY Yogyakarta, Kupang (20 MW), Timur Tengah Selatan (20 MW), Nusa

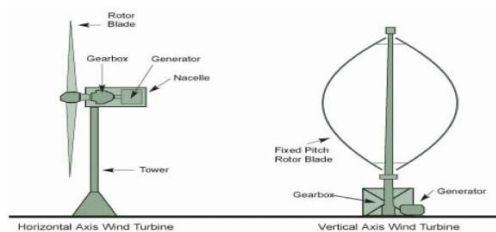
Tenggara Timur serta Ambon (15 MW), Buton (15 MW), Belitung Timur (10 MW), Selayar (5 MW), pada Kei kecil (5 MW) serta Saumlaki (5 MW) di Ambon, dan Sumba Timur (3 MW). Pada lokasi-lokasi tersebut terdapat beberapa lokasi potensial serta sedang dilakukan pengembangan dari pengembang listrik swasta.

Pengembangan serta pemanfaatan energi baru terbarukan termasuk energi angin yang menjadi tulang punggung energi nasional akan terus diupayakan pemerintah. Hal ini guna mencapai target penyatuan tenaga nasional sebesar 23 % yang bersumber EBT pada 2025 mendatang. *(Sumber: [Potensi Tenaga Angin di Indonesia Bisa Dikembangkan | Republika Online](#))*

II. TURBIN ANGIN

Pengertian umum dari turbin angin adalah suatu tipe dari perangkat yang mengubah terutama energi kinetik dari angin menjadi tenaga listrik. Secara umum ada dua tipe utama dari turbin angin, yaitu turbin angin sumbu vertikal atau *Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT) dan turbin angin sumbu vertikal atau *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT). Salah satu tipe dibangun dengan tujuan menghasilkan listrik dari angin dengan kecepatan tinggi. Sedangkan tipe lainnya dibangun khusus untuk daerah dengan kecepatan angin rendah. Turbin angin terdiri dari satu set sudu yang dipasang pada pusat inti rotor, yang tergabung membentuk rotor; rotor ini

membelokkan aliran udara, yang menciptakan gaya pada sudu, yang pada gerakannya menghasilkan torsi pada poros dan rotor berputar di sekitar sumbu horizontal, yang terutama terhubung pada gearbox dan generator. Ini berada di dalam *nacelle*, yang terletak di ujung atas menara, bersama dengan beberapa bagian listrik lainnya. Generator menghasilkan listrik, yang disalurkan dari menara dan keluar ke transformator yang tersedia, yang kemudian bisa diubah dari tegangan keluar (biasanya berkisar 700V) menjadi tegangan yang sama baik untuk jaringan nasional (33000V) atau untuk penggunaan pribadi (berkisar 240V).



Gambar 1. Turbin angin (Sumber: *Vinit .V. Bidi 2017*)

Turbin angin adalah sebuah sistem yang fungsinya mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik di poros turbin (Sargolzaei, 2007:51). Energi angin dikonversi sebagian menjadi tenaga putar oleh rotor. dengan atau tanpa roda gigi, putaran rotor tadi umumnya dipergunakan agar dapat memutar generator yang akan memproduksi energi berupa listrik.

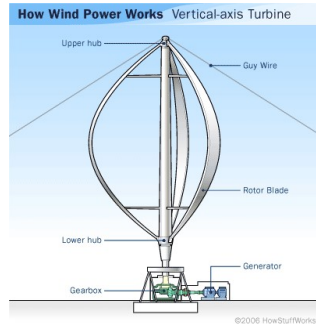
Umumnya kawasan-daerah yang baik bagi pemasangan turbin angin diantaranya:

1. Celah di antara gunung karena secara tidak eksklusif celah gunung dapat berfungsi sebagai nozzle yang bisa mempercepat sirkulasi angin.
2. Dataran terbuka yang tidak ada objek-objek penghalang peredaran angin, seperti daerah pantai, savana, gunung, dan lain sejenisnya, serta wilayah pesisir pantai. Hal ini ditimbulkan akibat disparitas temperatur di bahari dan daratan menyebabkan angin bertiup secara berkelanjutan (<http://digilib.petra.ac.id>, 2009).

TIPE-TIPE TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL

TASV merupakan turbin yang mana sumbu rotor tegak lurus terhadap aliran angin serta tanah. TASV umumnya berfungsi lebih dekat ke bagian atas tanah, dan memiliki manfaat memungkinkan penempatan perangkat berat, seperti gearbox serta generator, dekat dengan permukaan tanah dan bukan di rangkanya. Manfaat lain dari TASV adalah tidak memerlukan prosedur goyangan, sebab dapat memanfaatkan angin dari segala arah.

- a. Darrieus Turbine



Gambar 2. Darrieus Turbine
(Sumber: Vinit .V. Bidi 2017)

Darrieus Turbine terdiri asal rotor vertikal serta beberapa sudu yang berorientasi vertikal. Motor bertenaga kecil dibutuhkan agar dapat memulai putarannya, karena tidak bisa memulai sendiri. Saat telah mempunyai kecepatan yang mumpuni, angin yang melewati airfoil membuat torsi dan selanjutnya, rotor digerakkan oleh angin. Turbin Darrieus lalu ditenagai sang gaya angkat yang didapatkan oleh airfoil. Baling-baling memungkinkan turbin buat mencapai kecepatan putar lebih tinggi yang berasal dari kecepatan angin yang sebenarnya, sehingga cocok buat pembangkit listrik ketika terdapat angin yang bergejolak.

b. Giromill Turbine



Gambar 3. Girromill Turbine
(Sumber: Vinit .V. Bidi 2017)

Giromill Turbine ialah jenis spesifik dari Turbin Angin Darrieus. Ini memakai prinsip yang sama mirip Turbin Angin Darrieus buat menangkap tenaga, tetapi menggunakan 2-3 sudu lurus yang dipasang secara individual di sumbu vertikal, bukan sudu melengkung. Hal ini pula berlaku buat memakai bilah heliks/spiral yang dipasang pada sekitar sumbu vertikal buat meminimalkan torsi yang berdenyut.

c. Savonius Turbine



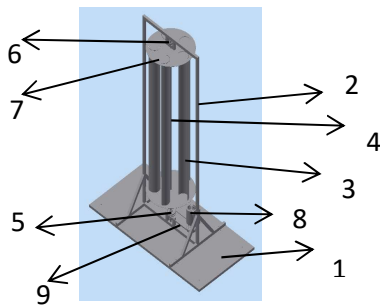
Gambar 4. Savonius Turbine
(Sumber: Vinit .V. Bidi, 2017)

Savonius Wind Turbine merupakan satu diantara turbin yang paling sederhana. Ini artinya perangkat tipe drag yang terdiri sebanyak dua sampai tiga sekop. karena sekopnya melengkung, gaya hambat saat bergerak akibat daya angin lebih kuat daripada waktu bergerak melawan angin. Tarikan diferensial inilah yang menyebabkan turbin Savonius berputar. sebab mereka artinya perangkat tipe drag/tarik, turbin jenis ini mengekstraksi jauh lebih sedikit daripada tenaga angin yang diekstraksi oleh tipe turbin sebelumnya.

III. METODE PENELITIAN



Proses perancangan adalah suatu proses awal untuk merealisasikan proses produk yang dibutuhkan oleh orang banyak menjadi wahana untuk mempermudah pekerjaannya. Proses perancangan terdiri dari serangkaian kegiatan berurutan, yang oleh sebab itu perancangan wajib mencakup semua kegiatan. Di sini, dilakukan proses penentuan geometri terhadap *vertical axis wind turbine* (VAWT) dengan karakteristik yang diidamkan.



Gambar 5. Komponen-komponen turbin angin sumbu vertikal

1. Base (Alas)

Alasnya terbuat dari baja ringan dengan panjang 1800 mm dan lebar 900 mm dengan ketebalan 25 mm. Fabrikasi dasar bertujuan untuk memberikan dukungan yang kuat untuk turbin melawan angin berkecepatan tinggi. Hal ini dirancang sedemikian rupa untuk mengurangi getaran turbin akibat angin turbulen. Basis memegang rotor dengan poros tetap tegak lurus terhadap rotor. Basis juga memegang unit pembangkit listrik. (Sumber: Vinit .V. Bidi, 2017)

2. Frame (Rangka)

Rangka dibuat menggunakan baja ringan persegi panjang [200 mm × 40 mm]. Dua batang baja ringan sepanjang 2000 mm dipasang tegak lurus pada alasnya. Dua batang baja ringan sepanjang 900 mm dipasang sejajar dengan alasnya. batang persegi panjang ini dipasang menggunakan klem L dengan mur dan baut yang sesuai. Rangka dirancang sedemikian rupa untuk memberikan kekuatan dan dukungan yang diperlukan ke turbin terhadap rotasi sudu dan gaya angin. (Sumber: Vinit .V. Bidi, 2017)

3. Blades (Sudu-sudu)

Dalam proyek ini, pipa PVC 5 inci yang dibelah menjadi setengah digunakan sebagai sudu turbin. Pipa PVC selain mudah didapatkan, proses pengerjaannya pun tidaklah rumit. Dengan sudu-sudunya setebal 3 mm. Lima sudu dengan panjang 1500 mm

digunakan. Sudu-sudu ini dipasang tegak lurus dengan rotor [cycle wheel]. (Sumber: Vinit .V. Bidi, 2017)

4. Shaft (Poros)

Saat merancang poros itu harus dipasang dengan benar ke titik tengah pelat turbin. Poros memiliki diameter 20 mm sehingga mudah dipasang pada pelat dan pada ujung atas dan bawah dipasang pelat baja ringan setebal 3 mm. (Sumber: Saurabh Arun Kulkarni, 2016)

5. Pulley (Katrol)

Ada dua katrol yang digunakan dengan ukuran sama. Dengan lingkaran dalam untuk sabuk memiliki diameter 102 mm. Katrol dipasang pada poros dan katrol lainnya dipasang pada dinamo. Kedua katrol diikat dengan bantuan sabuk. Katrol ini meningkatkan kecepatan putaran turbin. (Sumber: <https://b2b.partcommunity.com/3d-cad-models/sso/nylon-rope-pulleys-pulley-rollenbau?>)

6. Bearing (Bantalan)

Untuk kelancaran pengoperasian Poros, digunakan mekanisme bantalan. Bantalan memiliki diameter luar 37 mm dan diameter dalam 20 mm. Bantalan umumnya disediakan untuk mendukung poros dan kelancaran pengoperasian poros. Penggunaan bantalan bola adalah untuk kemudahan kinerja dari poros. (Sumber: <https://b2b.partcommunity.com/3d-cad-models/sso/bearing-b-deep->

[groove-ball-bearings-shield-b-misumi?](#))

7. Plate (Plat)

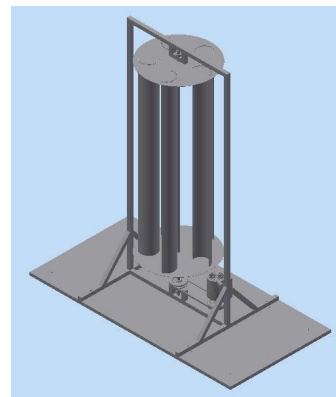
Dua plat digunakan sebagai kedudukan dari sudu-sudu. Plat ini terbuat dari bahan stainless steel untuk menahan korosi. Diameter plat 580 mm. Kedua plat ini terpasang satu ke bagian atas sudu-sudu turbin dan lainnya ke bagian bawah sudu-sudu turbin. Mereka didukung oleh poros tetap. (Sumber: Saurabh Arun Kulkarni, 2016)

8. Dynamo (Dinamo)

Dinamo digunakan untuk menghasilkan listrik. (Sumber: Vinit .V. Bidi, 2017)

9. Drive System (Sistem Penggerak)

Menggunakan sistem sabuk (V-belt) digunakan untuk mentransmisikan daya dari putaran turbin ke generator. (Sumber: Vinit .V. Bidi, 2017)



Gambar 5. Perencanaan desain turbin angin sumbu vertikal (Sumber: Vinit .V. Bidi, 2017)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Diketahui:

- Daya rencana (P) = 200 Watt
- Kecepatan angin (v) = 8.4 m/s

➤ Daya pada turbin

$$P = 0.5 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

ρ = densitas udara, asumsi 1.093 kg/m³ (kg/m³)

A = luas penampang (m²)

v = kecepatan angin (m/s)

Tabel 1. Hasil Observasi Turbin Angin (Sumber: Vinit .V. Bidi, 2017)

Sl. No.	Wind speed m/s	N2 dalam rpm	Kondisi baterai
1	5	110	Mengisi
2	7.7	341	Mengisi
3	12.77	452	Mengisi
V _{rata-rata}	8.4	301	

- Luas Turbin

$$P_{tot} = 0.5 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$200 = 0.5 \cdot 1.093 \cdot A \cdot (8.4)^3$$

$$200 = 0.547 \cdot A \cdot 405.224$$

$$A = \frac{221.658}{200}$$

$$A = 1.108 \text{ m}^2$$

- Daya masukan

$$\begin{aligned} P_{in} &= 0.5 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \\ &= 0.5 \cdot 1.093 \cdot 1.108 \cdot (8.4)^3 \\ &= 0.5 \cdot 1.093 \cdot 1.108 \cdot 405.224 \\ &= 2045.372 \text{ Watt} \end{aligned}$$

dengan asumsi *power losses* = 0.1

- Daya keluaran

$$\begin{aligned} P_{out} &= 2045.372 \cdot 0.1 \\ &= 204.537 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Tabel 2. Kecepatan angin dan keluaran daya (Sumber: Vinit .V. Bidi, 2017)

No.	Wind Velocity (m.s)	Power Output (Watt)
1	5	102.42
2	7.7	188.5
3	12.77	256.7

V. KESIMPULAN

Perancangan ini dilakukan dengan tujuan untuk bisa merencanakan dan menghitung dimensi sudu turbin, poros, puli, V-belt, dan bantalan yang bertujuan sebagai alat untuk pembangkit energi listrik. Diharapkan dapat mengetahui daya output yang dihasilkan dan kinerja dari turbin savonius.

1. Adapun turbin angin yang direncanakan yaitu turbin angin sumbu vertikal lima sudu untuk aplikasi penerangan jalan raya dengan data sebagai berikut:

- Jenis turbin : Savonius lima sudu
- Material sudu : PVC (Polyvinyl Chloride) dengan tebal 3 mm
- Jari-jari 1 sudu : 70 mm
- Diameter poros : 20 mm
- Jumlah blade : 5 buah
- Luas sapuan 1 sudu : 329867.229 mm²
- Daya rencana turbin : 200 Watt

2. Poros

- Diameter poros : 20 mm
- Jenis material poros : baja paduan S30C

3. Bantalan

- Bantalan yang digunakan yaitunya bantalan “Deep Groove Ball Bearing”
- Diameter luar bantalan : 37 mm
- Diameter dalam bantalan : 20 mm

4. Transmisi

- Putaran pelat turbin : 83.769 rpm

- Putaran puli turbin : 476.33 rpm
- Diameter pelat turbin : 580 mm
- Diameter puli turbin : 102 mm

5. Sabuk V

- Panjang sabuk : 1915.737 mm

6. Konstruksi turbin angin

- Panjang : 900 mm
- Lebar : 900 mm
- Tinggi : 2000 mm

VI. DAFTAR PUSTAKA

- A. Al-Faruk, A. Sharifian, 2017. Flow Field and Performance Study of Vertical Axis Savonius Type SST Wind Turbine. Energy Procedia 110
- Buyung Junaidin, 2017. Perancangan Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) Skala Kecil. Program Studi Teknik Penerbangan. Sekolah Tinggi Teknologi Adisucipto
- J. Berrocal, Brian Dolan, M. Tangredi, 2018. Design of Vertical Axis Wind Turbine to Power Led Street Lights.
- M. Zemamou, M. Aggour, 2017. Review of Savonius Wind Turbine Design and Performance. Berlin, Germany

- Mr. Mukesh Kumar Sharma, 2012. Assesment of Wind Energy Potential from Highways. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)
- Niranjana S.J., 2015. Power Generation by Vertical Axis Wind Turbine. International Journal of Emerging Research in Management & Technology.
- Riza Jaka Ariazena, Agus Suprayitno, Gunawan, 2017. Perancangan Turbin Angin Vertikal (TASV) Savonius 3 Sudu. Program Studi Teknik Mesin, STT Wastukencana. Purwakarta, Indonesia
- Saurabh Arun Kulkarni & Prof. M. R. Birajdar, 2016. Vertical Axis Wind Turbine for Highway Application. Department of Mechanical Engg, Trinity Collage of Engg. And Research. Pune, India
- Vinit .V. Bidi, Devendrappa .M. K, 2017. Highway Power Generation using Low Cost Vertical Axis Wind Turbine (VAWT). Department of Mechanical Engineering, STJIT, RNR. India