

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Turbin Angin

Turbin angin yang biasa juga dikenal dengan sebutan kincir angin yang merupakan sarana pengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik untuk memutar generator listrik. Daya yang dihasilkan oleh Turbin angin berupa energi mekanik poros yang diperoleh dan konversi energi yang terkandung dalam angin (energi mekanik, energi dalam, atau energi tekanan) menjadi energi mekanik (torsion dan putaran). Ketika angin melewati kedua permukaan airfoil sudu, maka aliran udara pada bagian atas lebih cepat daripada bagian bawah. Hal ini menyebabkan tekanan pada bagian atas lebih rendah daripada bagian bawah. Perbedaan tekanan antara bagian bawah dengan atas pada airfoil akan menghasilkan gaya yang disebut dengan gaya angkat aerodinamik. Gaya angkat tersebut akan diteruskan pada poros dan turbin angin tersebut sehingga menyebabkan terjadinya putaran pada poros. Kombinasi gaya angkat dan gaya seret ini menyebabkan rotor berputar seperti sebuah baling-baling (Alamsyah, H, 2007)

2.2 Turbin angin Savonius

Turbin angin tipe Savonius merupakan turbin dengan konstruksi sederhana pertama kali ditemukan oleh sarjana Finlandia bernama Sigurd J. Savonius. Turbin yang termasuk dalam kategori VAWT ini memiliki rotor dengan bentuk dasar setengah silinder. Konsep turbin angin Savonius cukup sederhana, prinsip kerjanya berdasarkan differential drag windmill.

Turbin angin tipe Savonius, kebanyakan menggunakan sudu tipe pelat

lengkung. Berbagai model pelat lengkung untuk sudu tipe turbin 8 angin Savonius telah banyak dikembangkan dan diujicobakan. Sejauh ini, kapasitas turbin angin tipe Savonius baru dikembangkan untuk skala 10 an kilowatt. Untuk membuat prototype dengan kapasitas yang besar diperlukan material yang lebih besar dibandingkan dengan tipe poros datar. Namun kelebihan, bahwa tipe turbin angin ini tidak memerlukan sistem geeng (yaw system) dan dapat beroperasi pada lokasi yang kondisi anginya tidak laminar.

Kincir angin Savonius adalah salah satu jenis kincir angin sumbu vertikal yang mampu mengkonversikan energi kinetik angin menjadi energi mekanik berupa daya poros atau mampu mengubah energi angin horizontal menjadi energi kinetik rotasi. Kincir angin ini diciptakan di Negara Finlandia dan dipopulerkan oleh Sigurd J. Savonius pada tahun 1922 (Budi dah Mukhtar, 2013). Kincir angin Savonius bisa berputar pada kecepatan angin rendah, proses manufactur turbin Savonius mudah dan memiliki koofisien daya rendah. Savonius banyak digunakan sebagai sebuah rotor, dimana bentuknya dibuat dari sebuah silinder yang dipotong pada sumbu bidang sentral menjadi dua bagian dan bagian tersebut disusun menyilang menyerupai huruf S (Melda, 2013). Konstruksi kincir sangat sederhana, tersusun dari dua buah sudu setengah silinder. Pada perkembangannya kincir Savonius ini banyak mengalami perubahan bentuk rotor, seperti desain rotor yang berbentuk huruf L (Dewi, 2010).



Gambar 2.1 turbin angin Savonius
Sumber : (Mahendra dkk, 2013)

Turbin yang termasuk dalam kategori TASV (Turbin Angin Sumbu Vertikal) ini memiliki rotor dengan bentuk dasar setengah silinder. Konsep turbin angin Savonius cukup sederhana, prinsip kerjanya berdasarkan differential drag windmill. Dimana turbin ini menghasilkan daya dengan memanfaatkan gaya drag yang dihasilkan dari tiap-tiap sudunya. Drag merupakan gaya yang bekerja berlawanan dengan arah angin yang menumbuk sudu. Rotor turbin ini memanfaatkan gaya hambat (drag) saat mengekstrak energi angin dari aliran angin yang melalui sudu turbin. Koefisien hambat permukaan cekung lebih besar dari pada permukaan cembung. Oleh sebab itu, sisi permukaan cekung setengah silinder yang dilalui angin akan memberikan gaya hambat yang lebih besar daripada sisi lain sehingga rotor berputar. Setiap turbin angin yang memanfaatkan potensi angin dengan gaya hambat memiliki efisiensi yang terbatas karena kecepatan sudu tidak dapat melebihi kecepatan angin yang melaluinya.

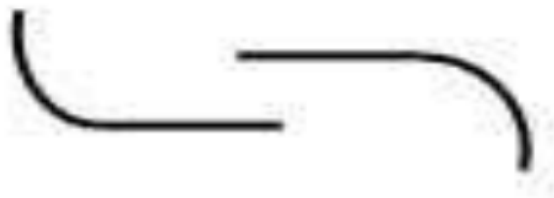
2.3 Turbin Angin Savonius tipe L

Turbin Angin Savonius Tipe L adalah varian dari turbin angin Savonius yang

memiliki modifikasi khusus pada desain sudunya. Desain turbin ini memiliki beberapa perbedaan signifikan dibandingkan dengan turbin Savonius konvensional yang biasanya menggunakan dua atau tiga sudu dengan bentuk setengah tabung yang melengkung.

Pada turbin Savonius tipe L, sudu-sudunya dirancang untuk memberikan efisiensi yang lebih baik atau meningkatkan kestabilan rotasi pada kecepatan angin tertentu. Modifikasi ini sering kali berfokus pada pengurangan drag (gesekan) dan peningkatan daya angkat, sehingga menghasilkan lebih banyak energi dari angin yang mengalir melalui turbin.

Pada perkembangannya turbin Savonius ini banyak mengalami perubahan bentuk rotor, seperti desain rotor yang berbentuk huruf L seperti pada gambar 4.1 berikut.



Gambar 2.2 sudu Savonius tipe L
Sumber : *(Mahendra dkk, 2013)*

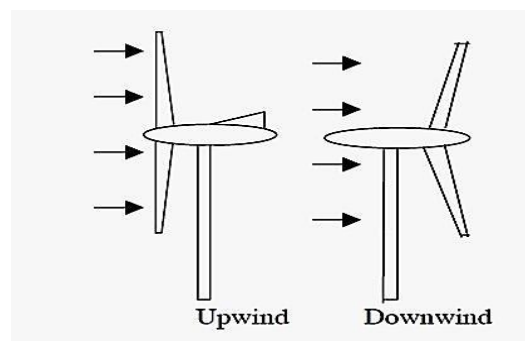
Pada turbin angin Savonius type L aliran udara pada sisi bilah yang lurus lebih besar dibandingkan pada sisi bilah lengkung seperempat lingkaran.

2.4 Klasifikasi Turbin Savonius

secara umum, turbin angina diklasifikasikan menjadi dua jenis utama: turbin angin sumbu vertikal dan turbin angin sumbu horizontal

1 Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH)

Turbin angin sumbu horizontal ialah turbin angin yang memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Turbin yang berukuran kecil diarahkan oleh baling-baling angin yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya akan menggunakan sensor angin yang digandeng dengan sebuah motor servo. Kebanyakan turbin angin jenis ini memiliki *gearbox* yang mengubah perputaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat sebagai gaya masukan untuk memutar rotor pada generator. Menara umumnya menghasilkan turbulensi di belakangnya, sehingga turbin harus diarahkan melawan arah angin yang datang padanya. Bilah-bilah turbin dibuat kaku agar tidak terdorong menuju menara oleh angin berkecepatan tinggi.



Gambar.2.3 Turbin Angin Sumbu Horizontal
Sumber: *(Sathyajith, Mathew. 2005)*

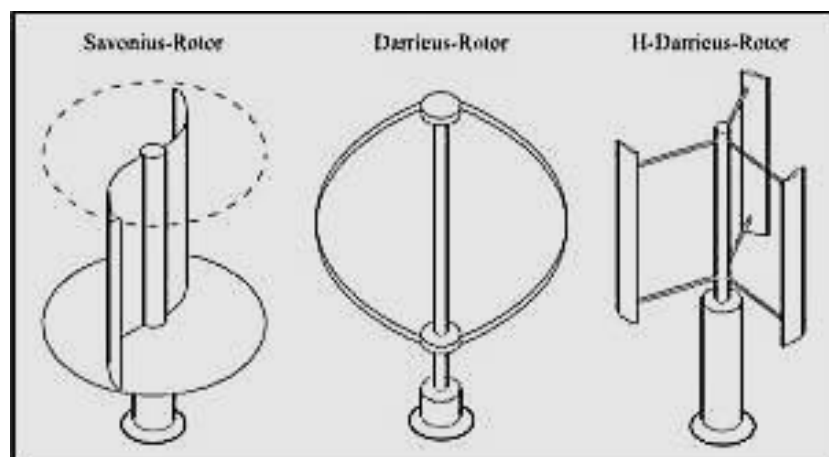
Turbin angin jenis *upwind* memiliki rotor yang menghadap arah datangnya angin sedangkan turbin angin jenis *downwind* memiliki rotor yang membelakangi arah datang angin.

2. Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV)

Yusuf Ismail Nakhoda, Choirul Saleh 2017, Turbin angin sumbu vertikal merupakan salah satu turbin angin yang mempunyai keunggulan yang tidak perlu

diarahkan ke arah aliran angin yang berhembus serta variasi kecepatan angin. Dalam proses kerjanya dikarenakan bentuk turbin yang vertikal sehingga memungkinkan manfaat aliran angin dari segala arah. Untuk keperluan perawatan turbin bisa dikatakan cukup mudah, hal ini dikarenakan turbin berbentuk vertikal yang diinstalasi tanpa konstruksi tower yang rumit yang bisa dibangun di sekitar permukaan tanah maupun di atas bangunan.

Turbin angin sumbu vertikal terdiri dari beberapa tipe diantaranya adalah turbin angin vertikal tipe *savonius* dan turbin angin vertikal tipe *darrieus*. Kelebihan dan kekurangan dari kedua turbin angin adalah, turbin angin tipe *savonius* bekerja dengan gaya dorong (*drag*) memiliki kemampuan *self starting* pada bagian angin yang relatif rendah sehingga tidak diperlukan bantuan dorong eksternal, kelemahannya adalah efisiensinya masih sangat rendah dan kecepatan maksimum rotor tidak bisa melebihi kecepatan angin, sedangkan turbin tipe *darrieus* bekerja dengan gaya angkat (*lift*).



Gambar 2.4 Turbin Angin Sumbu Vertikal
 Sumber : (Yusuf Ismail Nakhoda, 2017)

2.5 Prinsip Kerja Turbin Angin Savonius

Turbin angin memiliki prinsip kerja sama seperti turbin pada umumnya. Dimulai dari pemanfaatan energi kinetik yang dimiliki oleh angin, yang kemudian dikonversikan oleh sudu menjadi energi mekanik poros atau rotor. Turbin angin Savonius adalah jenis turbin angin tipe drag, dimana turbin ini menghasilkan daya dengan memanfaatkan gaya drag yang dihasilkan dari tiap-tiap sudunya. Drag merupakan gaya yang bekerja berlawanan dengan arah angin yang menumbuk sudu.

Turbin angin Savonius beroperasi dengan prinsip dasar pemanfaatan energi kinetik dari angin untuk menghasilkan energi mekanik. Berikut adalah penjelasan mengenai prinsip kerja turbin Savonius:

1. Desain dan Struktur

Turbin Savonius umumnya memiliki dua sudu yang dipasang secara vertikal dan berbentuk melengkung. Desain ini memungkinkan turbin untuk menangkap angin dari berbagai arah.

2. Penangkapan Energi Angin

Ketika angin berhembus, aliran udara akan mengenai sudu turbin. Sudu yang berbentuk melengkung menciptakan perbedaan tekanan antara sisi yang menghadap angin (*front side*) dan sisi yang berlawanan (*back side*). Hal ini menyebabkan terjadinya gaya angkat yang mendorong sudu untuk berputar.

3. Perputaran Turbin

Karena bentuk dan posisi sudu, angin yang mengenai sudu akan menyebabkan sudu berputar dalam arah tertentu. Putaran ini dihasilkan dari interaksi

antara aliran udara dan sudu turbin, menciptakan torsi yang dapat digunakan untuk menggerakkan generator atau peralatan lainnya.

4. Penggunaan Guide Vane

Pada beberapa desain, *cylindrical guide vane* dapat digunakan untuk mengarahkan aliran udara menuju sudu, meningkatkan efisiensi dan torsi yang dihasilkan. *Guide vane* membantu mengurangi turbulensi dan memastikan aliran udara yang lebih stabil menuju sudu.

5. Konversi Energi

Putaran yang dihasilkan oleh sudu dapat dihubungkan ke generator, yang kemudian mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi ini dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti penerangan, pengisian baterai, atau kebutuhan listrik lainnya.

6. Kinerja dalam Berbagai Kecepatan Angin

Turbin Savonius dirancang untuk beroperasi dengan baik dalam berbagai kecepatan angin, menjadikannya cocok untuk aplikasi di daerah dengan variasi angin yang besar.

Prinsip kerja turbin angin Savonius berfokus pada pemanfaatan gaya angkat yang dihasilkan dari aliran udara yang mengenai sudu. Desain sederhana namun efektifnya memungkinkan turbin ini untuk menangkap energi angin dari berbagai arah dan menghasilkan energi mekanik yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut.

2.6 Cylindrical Guide Vane

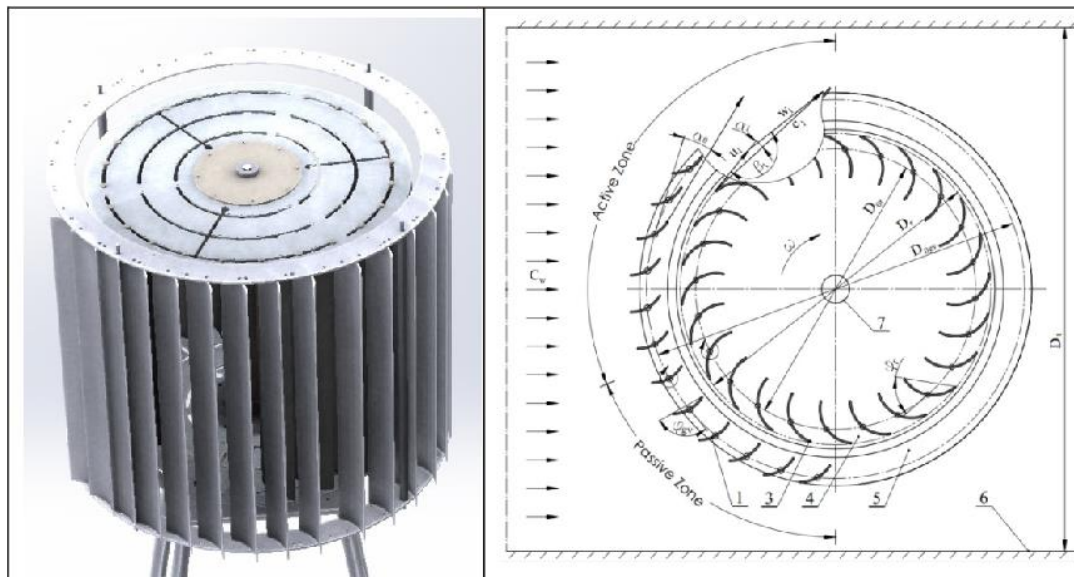
Cylindrical Guide Vane adalah elemen tambahan yang digunakan dalam sistem turbin angin, khususnya pada turbin Savonius, untuk meningkatkan efisiensi

dan kinerja turbin. Guide vane berfungsi untuk mengarahkan aliran udara menuju sudu turbin dengan cara yang lebih optimal. Dengan mengarahkan aliran angin, guide vane membantu memastikan bahwa sudu menerima aliran udara secara langsung dan efisien. Dengan mengarahkan aliran udara, guide vane dapat mengurangi turbulensi di sekitar sudu, yang sering kali mengganggu aliran udara yang stabil. Ini menghasilkan aliran yang lebih lancar dan konsisten, meningkatkan efisiensi konversi energi. Arah aliran yang lebih baik dapat menghasilkan torsi yang lebih besar. Hal ini penting untuk meningkatkan output daya dari turbin.

Cylindrical guide vane biasanya memiliki bentuk silindris, yang membantu dalam membentuk aliran udara yang baik di sekitar sudu. Desain silindris juga memungkinkan guide vane untuk berfungsi efektif dalam berbagai arah angin. Penggunaan guide vane dapat meningkatkan stabilitas kinerja turbin, terutama dalam kondisi angin yang berfluktuasi. *Guide vane* juga dapat diadaptasi untuk berbagai ukuran dan desain turbin, memungkinkan fleksibilitas dalam aplikasi.

Cylindrical guide vane banyak digunakan pada turbin angin kecil, termasuk turbin Savonius, untuk meningkatkan efisiensi dalam pemanfaatan energi angin. Guide vane juga dapat diterapkan dalam sistem energi terbarukan lainnya untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi konversi energi.

Adanya perbedaan luas area antara bagian luar dan bagian dalam *guide vane* akan menyebabkan efek venturi sehingga kecepatan angin akan meningkat. Bilah-bilah dari *guide vane* akan mengarahkan aliran angin langsung menuju bilah turbin, sehingga akan meningkatkan performa dari turbin itu sendiri.



Gambar 2.5 *Cylindrical guide vane*
 Sumber: (Obretenov & Iliev, 2021)

2.7 Sudut Busur Sudu dalam Turbin Angin

Pada turbin angin, sudut busur sudu atau "*angle of attack*" adalah salah satu parameter yang sangat penting untuk mengoptimalkan efisiensi konversi energi angin menjadi energi mekanik.

Sudut Busur Sudu mengacu pada sudut antara busur sudu (bagian dari sudu yang berputar) dan arah aliran angin. Istilah ini dapat merujuk pada dua sudut yang berbeda, tergantung pada bagaimana kita mengamati sudu turbin:

1. **Sudut Pitch (*Pitch Angle*):** Ini adalah sudut yang dibentuk antara panjang sudu dan sumbu rotasi turbin, yang berfungsi untuk mengatur sudut serang (*angle of attack*) dari sudu terhadap aliran angin. Sudut pitch diatur untuk memaksimalkan daya yang dihasilkan pada kecepatan angin tertentu.
2. **Sudut Serang (*Angle of Attack*):** Ini adalah sudut yang dibentuk antara garis aliran angin dan garis yang tegak lurus terhadap permukaan sudu turbin.

Sudut ini memengaruhi efisiensi pengambilan energi angin. Jika sudut serang terlalu besar atau terlalu kecil, daya yang dihasilkan bisa berkurang.

2.7.1 Pengaruh Sudut Busur Sudu pada Kinerja Turbin Angin

Sudut busur sudu atau sudut serang sangat memengaruhi kinerja turbin angin.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan terkait pengaruh sudut busur sudu adalah:

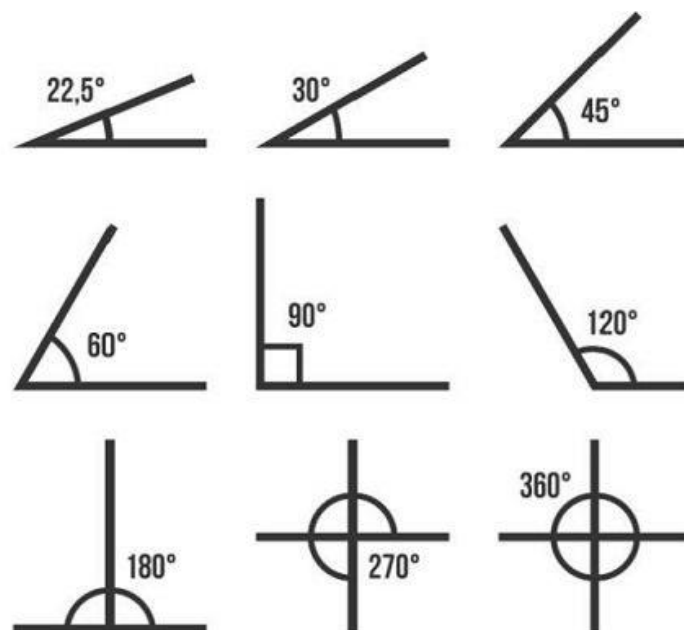
1. Efisiensi Energi: Untuk mengoptimalkan kinerja turbin angin, sudut busur sudu harus diatur agar sudu dapat menangkap sebanyak mungkin energi dari aliran angin. Pada sudut serang yang tepat, sudu dapat menghasilkan gaya angkat yang optimal tanpa menyebabkan kehilangan energi yang besar akibat turbulensi atau gesekan.
2. Kecepatan Angin: Pada kecepatan angin yang rendah, sudut busur sudu (pitch) sering disesuaikan untuk membuat sudu lebih tegak agar menangkap lebih banyak energi angin. Sedangkan pada kecepatan angin yang sangat tinggi, sudu dapat diputar (di-pitch) untuk mengurangi sudut serang, mencegah kerusakan akibat beban angin yang terlalu besar.
3. Regulasi Kecepatan: Banyak turbin angin modern menggunakan sistem pengaturan sudut (pitch control) untuk menyesuaikan sudut busur sudu tergantung pada kecepatan angin. Pada kecepatan angin yang sangat tinggi, sudu akan diputar untuk mengurangi daya yang diambil dari angin dan mencegah kecepatan rotasi yang berlebihan.

2.7.2 Pentingnya Sudut Busur Sudu dalam Desain Turbin Angin

1. Desain Aerodinamis: Sudut busur sudu yang tepat mempengaruhi aerodinamika turbin angin. Desain sudu harus memastikan bahwa sudu tidak

hanya efisien dalam menangkap energi angin, tetapi juga memiliki stabilitas yang baik dalam kondisi angin yang bervariasi.

2. Pengaturan Pitch Otomatis: Pada banyak turbin angin modern, sistem pengaturan pitch otomatis digunakan untuk mengubah sudut sudu berdasarkan kondisi angin. Ini memastikan bahwa turbin beroperasi pada efisiensi maksimal sepanjang waktu.



Gambar 2.6 sudut busur
Sumber : (Mukti et al., 2022).

2.8 Konsep Dasar Perhitungan

2.8.1 Luas Penampang

$$A = D \times h \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

A = luas penampang (m^2)

D = diameter sudu (m)

h = tinggi sudu (m)

2.8.2 Gaya Pembebanan (F)

$$F = m \cdot g \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

F = gaya pembebanan (N)

m = massa / beban (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

2.8.3 Daya Angin (P_{in})

Daya angin (P_{in}) adalah daya yang dihasilkan oleh sudu kincir angin yang diakibatkan oleh hembusan angin. Daya angin dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{in} = \frac{1}{2} \rho A \cdot v^3 \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

P_{in} = daya angin (Watt)

ρ = massa jenis angin (kg/m³)

A = luas penampang (m²)

v = lecepatan angin (m/s²)

2.8.4 Kecepatan Sudut (ω)

Kecepatan sudut atau dalam kasus ini kecepatan ujung sudu merupakan kecepatan ujung sudu terhadap satu kali putaran poros setiap detik. Maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

ω = kecepatan sudut (rad/s)

n = putaran turbin (rpm)

π = konstanta lingkaran (3,14)

2.8.5 Daya Turbin (P_{out})

Perhitungan daya turbin yang dapat dihasilkan oleh sebuah turbin angin dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_t = \tau \cdot \omega \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

P_t = daya turbin (Watt)

τ = torsi (Nm)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

2.8.6 Efisiensi Turbin (η)

Efisiensi merupakan parameter untuk mengetahui kemampuan turbin mengkonfersi daya air yang tersedia menjadi energi mekanik, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_t}{P_{in}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

η = efesiensi turbin (%)

P_t = daya turbin (Watt)

P_{in} = daya angin (Watt)

2.9 Jurnal Rujukan

(Riyadi, 2023). Pengaruh sudut sudu terhadap putaran turbin angin Savonius tipe-L. *SIMETRIS*, 17(1), 6-8. Penggunaan energi angin sebagai energi alternatif untuk menggantikan bahan bakar berbasis minyak untuk penggerak turbin cukup menarik perhatian, hal ini karena energi angin tidak menimbulkan limbah udara.

Kecepatan angin di Indonesia berkisar pada 2 m/s sampai pada 3 m/s, ini cocok untuk menggerakkan turbin angin tipe Savonius yang merupakan turbin angin dengan sumbu vertikal. Pada penelitian ini turbin angin yang digunakan adalah Savonius tipe-L. dilakukan dengan memvariasikan sudut sudu sebesar 100°, 120° dan 140°. Penelitian dilakukan secara eksperiment laboratorium, kecepatan angin divariasikan pada 3, 4, 5, dan 6 m/s. Tujuan penelitian untuk mengetahui adakah pengaruh sudut sudu terhadap putaran. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin tinggi sudut dari sudu turbin mengakibatkan semakin besar putaran yang dihasilkan, semakin tinggi kecepatan angin mengakibatkan semakin tinggi pula putaran yang dihasilkan.

(Jamal, J & Lewi, L, 2019). Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Savonius. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 6(1), 64. Turbin angin Savonius adalah turbin angin yang dapat beroperasi pada kecepatan angin yang rendah, turbin jenis ini sangat tepat digunakan untuk beberapa tempat di Indonesia. Penelitian bertujuan untuk meningkatkan kinerja turbin angin Savonius dengan variasi jumlah sudu turbin serta variasi kecepatan aliran udara. Metode penelitian adalah eksperimental dimana dilakukan pengujian turbin angin Savonius dengan variasi jumlah sudu turbin yaitu 2, 3 dan 4 sudu, variasi lain yang dilakukan adalah kecepatan angin yaitu 3,5; 4,5; 5,5 dan 6,5 m/s. Penelitian hasil bahwa turbin 2 sudu menghasilkan putaran yang lebih besar, tetapi momen torsi yang rendah dibandingkan turbin 3 dan 4 sudu, hal ini terlihat pada rendahnya efisiensi turbin 2 sudu pada kecepatan angin rendah dengan pembebanan tinggi. Pada kecepatan angin 3,5 m/s turbin 2 sudu memiliki efisiensi yang cenderung sama dengan turbin 3 dan 4 sudu hingga beban 0,5 N tetapi pada

beban 0,6 – 1,2 N turbin 2 sudu memiliki efisiensi yang lebih rendah, sedangkan pada kecepatan angin 4,5 – 6,5 m/s turbin 2 sudu memiliki efisiensi yang lebih besar dari turbin 3 dan 4 sudu hingga beban 1,2 N tetapi jika beban ditambah maka efisiensi turbin 2 sudu dapat lebih kecil dari efisiensi 3 dan 4 sudu.

(Jamal, J & Lewi, L, 2019). Pengaruh Kelengkungan Sudu Terhadap Kinerja Turbin Angin Savonius. *INTEK J. Penelit*, 6(2), 139. Turbin angin Savonius merupakan salah satu turbin angin yang banyak digunakan untuk kebutuhan energi rendah, dengan semakin meningkatnya kebutuhan energi maka jenis turbin ini sangat layak untuk terus dikembangkan. Penelitian bertujuan untuk meningkatkan kinerja turbin angin Savonius dengan variasi kelengkungan sudu turbin serta variasi kecepatan angin. Metode penelitian adalah uji laboratorium pada alat uji fan test, variasi uji adalah kelengkungan sudu yaitu 1R; 1,5R dan 2R, variasi lain adalah kecepatan angin yaitu 4,0; 5,5; 7,0 dan 8,5 m/s. Diperoleh hasil penelitian yaitu semakin besar kecepatan angin maka daya input, laju aliran massa udara, daya output, dan efisiensi akan semakin besar; semakin besar beban gaya pada poros turbin maka torsi pada poros turbin juga akan semakin besar; hubungan beban gaya dengan daya output dan efisiensi turbin adalah membentuk kurva parabolik; untuk kecepatan angin yang sama maka turbin 2R memiliki putaran, daya output dan efisiensi yang terendah dibandingkan turbin 1R dan 1,5R; pada kecepatan angin yang sama turbin 1R menghasilkan putaran yang lebih tinggi tetapi cenderung memiliki torsi yang lebih rendah dibandingkan turbin 1,5R; pada kecepatan angin yang rendah (4 m/s) turbin 1,5R memiliki efisiensi yang lebih baik dari turbin 1R sebaliknya pada kecepatan angin yang tinggi (8,5 m/s) turbin 1R memiliki efisiensi yang lebih baik

dari turbin 1,5R; efisiensi maksimum diperoleh sebesar 89,56 % pada turbin kelengkungan 1R dengan kecepatan angin 8,5 m/s.

Petrus Sampelawang. 2013. Hingga saat ini, sumber energi utama masih didominasi oleh energi yang berasal dari fossil fuel. Peningkatan konsumsi energi berdampak pada ketersediaan energi yang semakin langka, sehingga hampir semua negara berupaya mendapatkan energi dari sumber-sumber energi baru dan terbarukan. Salah satu sumber energi terbarukan yang cukup potensial untuk dikembangkan adalah pemanfaatan energi angin sebagai substitusi energi fossil fuel. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik kincir angin tipe savonius dengan tiga sudu lengkung dari material pipa paralon diameter 9 cm dengan panjang masing-masing 15 cm yang dibelah dan direkatkan pada pipa paralon yang berukuran 1 inci arah vertikal sebagai prototype yang diuji pada wind tunnel sederhana dari seng plat dengan panjang 120 cm dan diameter 28 cm. Fluida kerja adalah udara dengan variasi kecepatan terbatas sesuai kemampuan fan yang digunakan yaitu 1.2 m/s, 1.4 m/s, 1.8 m/s. Daya maksimum yang dihasilkan sesuai urutan peningkatan kecepatan tersebut adalah 0.04173 Watt, 0.12519 Watt dan 0.31296 Watt. Sedangkan Torsi maksimum untuk masing-masing urutan peningkatan kecepatan angin adalah 0.00498 Nm, 0.00997 Nm, dan 0.01993 Nm. Efisiensi yaitu perbandingan output yaitu daya kincir (P) dengan input Kincir angin yaitu daya ideal angin (W) untuk savonius dengan tiga sudu pelat lengkung sesuai prototype dapat menghasilkan efisiensi sebesar 22,34% hingga 44,10%

Pasae, N., et al., 2025. Turbin angin Savonius adalah salah satu sumber energi terbarukan yang memanfaatkan energi angin sebagai mekanisme gerak untuk

mengubah energi mekanik menjadi energi Listrik. dalam penelitian ini menggunakan salah satu jenis turbin savonius yaitu tipe twist. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sudut puntir sudu terhadap torsi, daya, dan efisiensi turbin angin Savonius tiga sudu tipe twist. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan melakukan pengujian terhadap turbin angin Savonius tiga sudu tipe twist dengan variasi sudut puntir sudu dengan dimensi diameter 250 mm dan tinggi 350 mm. Pada penelitian ini dilakukan variasi sudut puntir sudu yaitu 120° , 150° , dan 180° . Torsi maksimum yang dihasilkan sudut puntir 180 sebesar 2,94 Nm dengan beban 15 kg dan putaran 0 rpm. Daya maksimum yang dihasilkan sudut puntir 180° sebesar 8,16Watt dengan beban 7 kg dan putaran 57,00 rpm. Efisiensi maksimum yang dihasilkan sudut puntir 180° sebesar 15,38 % dengan putaran 57,00 rpm dan beban 7 kg.