

RANCANG BANGUN *BLADE* KINCIR ANGIN *VERTIKAL AXIS WIND TURBIN* MODEL SAVONIUS DENGAN VARIASI TERTUTUP DAN TERBUKA

Tegas Purbaya¹, A. Jannifar², Samsul Bahri²

¹Mahasiswa Prodi D-IV Teknologi Rekayasa Manufaktur

²Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata

Email : tegaspurbaya@gmail.com

ABSTRAK

Kincir angin merupakan sebuah alat yang digunakan dalam Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Kincir angin berfungsi merubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Putaran poros tersebut kemudian digunakan untuk beberapa hal sesuai dengan kebutuhan seperti memutar dinamo atau generator untuk menghasilkan listrik. Dari proses itu memberikan kemudahan berbagai kegiatan manusia yang memerlukan tenaga yang besar seperti memompa air ladang garam untuk mengairi sawah atau menggiling biji-bijian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui putaran blade, daya output, dan tip speed ratio blade savonius terbuka dan tertutup. Dari hasil penelitian diketahui bahwa blade savonius tertutup menghasilkan putaran 31.4 rpm dengan kecepatan angin 2.5 m/s, 34.4 rpm pada kecepatan angin 2.6 m/s, dan 36.8 rpm pada kecepatan angin 3 m/s. Blade savonius terbuka menghasilkan putaran 35.4 rpm pada kecepatan angin 2.5 m/s, 39.8 rpm pada kecepatan angin 2.6 m/s dan 54.2 rpm pada kecepatan angin 3 m/s. Daya output yang dihasilkan oleh blade savonius tertutup 1.35 watt dengan torsi 0.411 Nm, 1.61 watt dengan torsi 0.446 Nm, dan 2.25 watt dengan torsi 0.585 Nm. Pada blade savonius terbuka daya yang dihasilkan 1.51 watt dengan torsi 0.408 Nm, 1.75 watt dengan torsi 0.420 watt, dan 2.76 watt dengan torsi 0.487 Nm. Untuk blade savonius tertutup menghasilkan tip speed ratio 0.56 dengan kecepatan angin 2.5 m/s, 0.59 tsr dengan kecepatan angin 2.6 m/s, dan 0.55 pada kecepatan angin 3m/s. Pada blade savonius terbuka menghasilkan tip speed ratio 0.63 dengan kecepatan angin 2.5 m/s, 0.68 dengan kecepatan angin 2.6 m/s, dan 0.80 tip speed ratio pada kecepatan angin 3m/s.

Kata kunci : Blade savonius, tip speed ratio, kecepatan angin, dan daya.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki potensi ekonomi yang cukup tinggi pada sektor pertanian. Terletak di garis khatulistiwa menyebabkan Indonesia terus disinari cahaya matahari sepanjang tahun. Dua musim, musim hujan dan musim kemarau, silih berganti dalam setahun. Kelembaban iklim tropis menjadikan Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang sangat kaya [1].

Pada zaman ini konsumsi bahan bakar fosil semakin meningkat dan terfokus kepada penggunaannya yang memiliki dampak buruk bagi lingkungan. Bahan bakar fosil ini berupa minyak yang jumlahnya semakin berkurang dan harganya juga semakin meningkat. Pada sisi lain tersedia berbagai jenis energi alternatif yang dapat diperbaharui, jumlahnya melimpah serta tersedia dengan waktu yang lama dan tidak juga menimbulkan polusi, diantaranya energi angin, energi matahari, energi air dan lain sebagainya.

Pada sektor pertanian penggunaan pompa air bahan bakar fosil sangat efektif untuk pengairan sawah tetapi juga memberikan dampak ekonomi

karena para petani harus membeli bahan bakar dan sewa pompa air tersebut. Pada sisi lain sawah sebagai salah satu lahan terbuka sehingga cukup membantu dari potensi angin yang ada. Energi angin ini dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan tertentu. Berdasarkan pengamatan cuaca dalam beberapa tahun terakhir kecepatan angin yang berhembus di kabupaten Bireuen yaitu 4-7 Km/jam^[2].

Kincir Savonius merupakan tipe kincir angin sumbu vertikal yang banyak digunakan sebagai sistem konversi energi angin ke mekanik karena mampu menghasilkan daya ketika angin memutar turbin. Kincir angin Savonius tipe L termasuk jenis kincir Savonius dengan desain sisi sudu yang lurus lebih besar dibandingkan pada sisi sudu lengkung seperempat lingkaran. Kincir ini biasanya terdiri dari dua tabung atau sudu berdinding logam yang saling berhadapan dan mempunyai poros ditengahnya.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja blade kincir angin VAWT

model savonius tipe L dengan variasi tertutup dan terbuka. Dan didapatkan daya output yang dihasilkan kedua variasi blade.

2 Teori Dasar

2.1 Energi Angin

Energi angin merupakan energi yang terbarukan yang dikembangkan saat ini. Energi angin termasuk energi terbarukan yang didefinisikan sebagai energi yang secara tepat dapat diproduksi kembali melalui proses alam. Adapun kelebihan dari energi angin adalah sumbernya relatif mudah didapat, dapat diperoleh dengan gratis, minim limbah, tidak mempengaruhi suhu bumi secara global, dan tidak terpengaruh oleh kenaikan harga bahan bakar

2.2 Kincir Angin

Kincir angin merupakan sebuah alat yang digunakan dalam Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Kincir angin berfungsi merubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Putaran poros tersebut kemudian digunakan untuk beberapa hal sesuai dengan kebutuhan seperti memutar dinamo atau generator untuk menghasilkan listrik. Dari proses itu memberikan kemudahan berbagai kegiatan manusia yang memerlukan tenaga yang besar seperti memompa air ladang garam untuk mengairi sawah atau menggiling biji-bijian[3].

2.3 Jenis-Jenis Kincir Angin

Desain dari kincir angin sangat banyak macam jenisnya, berdasarkan bentuk rotor, kincir angin dibagi menjadi dua tipe, yaitu Kincir Angin Sumbu Mendatar (Horizontal Axis Wind Turbine) dan Kincir Angin Sumbu Vertikal (Vertical Axis Wind Turbine)[4].

2.3.1 Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)

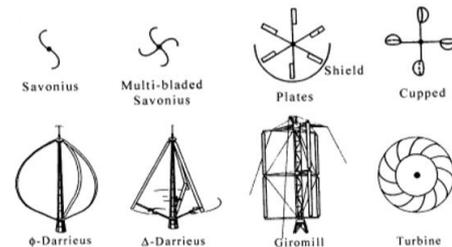
HAWT merupakan kincir yang poros utamanya berputar menyesuaikan arah angin. Agar rotor dapat berputar dengan baik, arah angin harus sejajar dengan poros kincir dan tegak lurus terhadap arah putaran rotor. Biasanya kincir jenis ini memiliki blade berbentuk airfoil seperti bentuk sayap pada pesawat. Secara umum semakin banyak jumlah blade, semakin tinggi putaran kincir.

2.3.2 Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)

VAWT merupakan kincir angin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin. VAWT juga mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya, yaitu memiliki torsi tinggi

sehingga dapat berputar pada kecepatan angin rendah, generator dapat ditempatkan di bagian bawah kincir sehingga mempermudah perawatan dan kerja kincir 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 HAWT[4].

Ada tiga model rotor pada kincir angin jenis ini, yaitu: Savonius, Darrieus, dan H rotor Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Macam-macam desain kincir angin VAWT

1. Kincir Angin Savonius

Kincir ini ditemukan pertama kalinya di Finlandia oleh sarjana Finlandia bernama Sigurd J. Savonius pada tahun 1922 dan berbentuk S apabila dilihat dari atas. Kincir jenis ini secara umumnya bergerak lebih perlahan dibandingkan jenis kincir angin sumbu horizontal, tetapi menghasilkan torsi yang besar. Konstruksi kincir sangat sederhana, tersusun dari dua buah blade setengah silinder. Pada perkembangannya kincir Savonius ini banyak mengalami perubahan bentuk rotor, tipe kincir angin Savonius di bawah ini, terlihat dari bagian atas pada Gambar 2.2.

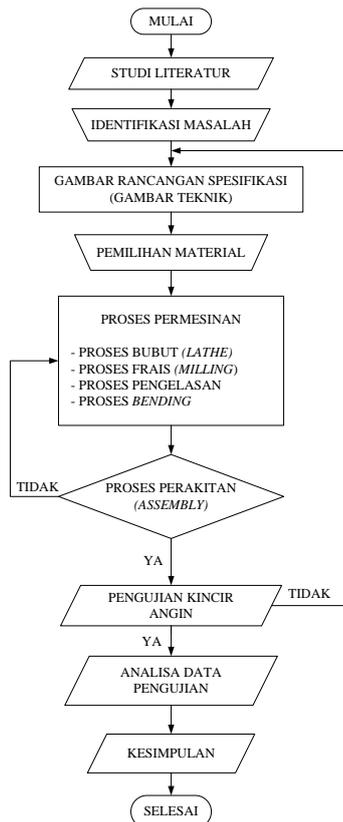


(a) Tipe U (b) Tipe S (c) Tipe L

Gambar 2.2 Tipe kincir angin savonius

3 Metodologi

Dalam penelitian ini ada langkah-langkah yang dilakukan, berikut langkah-langkah penelitian yang dilakukan Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Flow Chart pembuatan blade

3.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini terbagi kedalam dua kelompok, yaitu :

a. Alat

- | | |
|-------------------|-----------------------|
| 1. Mesin gerinda | 6. Cutter |
| 2. Mesin bor | 7. Mesin Bubut |
| 3. Mesin frais | 8. Jangka Sorong |
| 4. Bending roll | 9. Tool set mechanics |
| 5. Mesin Las SMAW | |

b. Alat ukur khusus

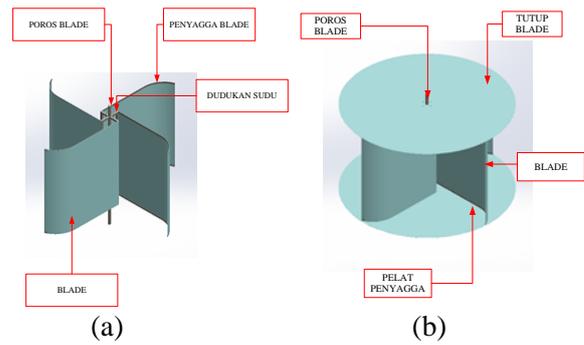
1. Anemometer
2. Tachometer
3. Pegas

c. Bahan

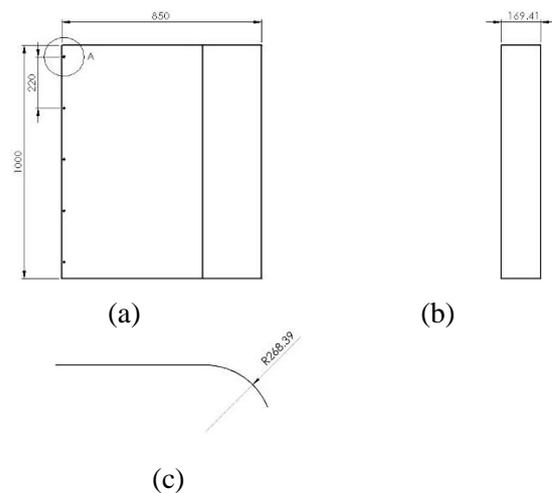
Dalam Pembuatan blade kincir angin material yang digunakan yaitu aluminium, ST 37 dan besi profil siku.

3.2 Gambar Rancangan

Dalam penelitian ini ada dua jenis blade savonius bervariasi yang akan diteliti yaitu blade savonius terbuka dan tertutup seperti yang terlihat pada Gambar 3.2. Pada kedua blade savonius tersebut mempunyai jumlah sudu yang sama yaitu 4 sudu.



Gambar 3.2 Rancangan blade savonius (a) Blade terbuka (b) Blade tertutup



Gambar 3.3 Desain sudu (a) Pandangan depan, (b) Pandangan samping, (c) Pandangan atas

Tinggi blade kincir angin 1000 mm, lubang 6 mm pada desain digunakan untuk mengikat antara blade dan dudukan menggunakan baut M6. Gambar 3.3.

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Penelitian

Hasil pengujian kincir angin meliputi: kecepatan angin (m/s), putaran poros (rpm). Data diambil dari dua jenis blade savonius 4 sudu dengan kecepatan angin yang bervariasi ditempat pengujian. Pada saat pengujian menggunakan alat pengukur kecepatan angin atau yang disebut anemometer, anemometer yang digunakan yaitu anemometer merk UNI-T UT363BT. Untuk pengambilan data putaran digunakan alat digital tachometer.

Hasil dari pengambilan data pada blade savonius tertutup dapat dilihat pada tabel 4.1. Hasil dari pengambilan data pada blade savonius terbuka dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.1 Data penelitian pada blade savonius tertutup

Tanggal	Waktu	Temperature (°C)	Kecepatan (m/s)	Putaran (rpm)
24/06/2019	16:01:29	34.2	2.6	34.4
24/06/2019	16:01:59	34	2.5	31.4
24/06/2019	16:02:29	33.8	3	36.8

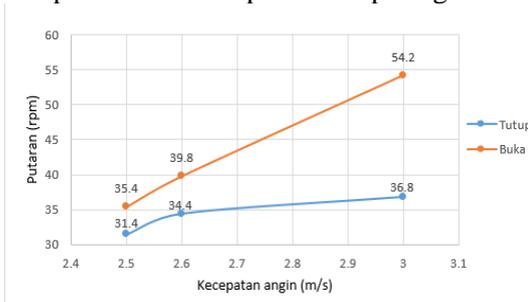
Pada data penelitian blade savonius tertutup kecepatan angin minimum 2.5 m/s menghasilkan putaran 31.4 rpm. Pada hari yang sama selisih waktu 30 detik, dengan kecepatan angin 2.6 m/s menghasilkan putaran 34.4 rpm, dan dihari yang sama pada kecepatan angin 3 m/s putaran yang dihasilkan blade meningkat menjadi 36.8 rpm.

Tabel 4.2 Data penelitian pada blade savonius terbuka

Tanggal	Waktu	Temperature (°C)	Kecepatan (m/s)	Putaran (rpm)
25/6/2019	10:44:29	36.2	2.5	35.4
25/6/2020	10:58:30	37.3	3	54.2
25/6/2021	11:00:30	37.4	2.6	39.8

Dari table 4.2 data penelitian blade savonius terbuka kecepatan angin minimum 2.5 m/s mampu menghasilkan putaran 35.4 rpm. Pada kecepatan angin 3 m/s mampu menghasilkan putaran 54.2 rpm, pada kecepatan angin 2.6 m/s putaran yang dihasilkan blade menjadi 39.8 rpm.

Dari tabel 4.1 dan tabel 4.2 didapatkan grafik perbandingan antara blade savonius versi tertutup dan terbuka dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Grafik perbandingan putaran blade savonius versi tertutup dan terbuka

Pada hasil yang diperoleh menurut grafik pada Gambar 4.1, secara umum respon kecepatan putar kedua blade savonius yang tertutup maupun terbuka meningkat terhadap kecepatan angin. Dalam hal ini, setiap blade memiliki pola yang sama, yaitu semakin besar kecepatan angin yang menumbuk bagian blade, maka semakin cepat pula putaran yang dihasilkan blade. Secara fisika dapat dijelaskan bahwa ketika kecepatan angin bertambah, maka gaya yang mendorong blade

akan semakin besar dan mengakibatkan kemampuan rotasi turbin meningkat sehingga menyebabkan peningkatan rpm turbin.

4.2 Perhitungan

Beberapa parameter yang akan dihitung, data perhitungan diambil dari tabel 4.1 dan tabel 4.2.

4.2.1 Perhitungan daya angin

Daya yang dihasilkan angin pada kincir angin dengan $A = 0.85 \text{ m}^2$ dan kecepatan angin 2.5 m/s dapat dicari menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \\
 &= \frac{1}{2} (1.2) (0.85) (2.5)^3 \\
 &= 7.968 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

4.2.2 Tip speed ratio

Untuk mengetahui besarnya perbandingan kecepatan ujung kincir dengan kecepatan angin atau *tip speed ratio* dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.9).

$$\begin{aligned}
 \text{tsr} &= \frac{\pi r n}{30 v} \\
 \text{tsr} &= \frac{\pi (0.4245) (31,4)}{30 (2.5)} \\
 \text{tsr} &= 0.558
 \end{aligned}$$

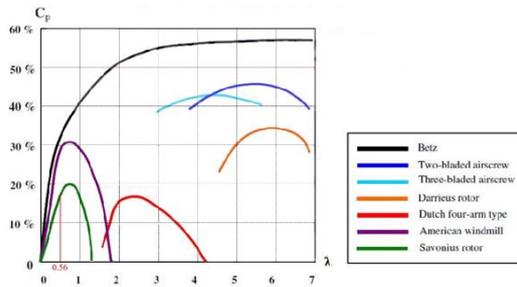
4.2.3 Perhitungan daya kincir

Daya yang dihasilkan oleh kincir angin dapat dihitung menggunakan persamaan (2.8), untuk mendapatkan daya kincir harus diketahui kecepatan sudut dan torsi. Daya output perlu dicari dahulu menggunakan persamaan (2.7) dan (2.5).

Untuk mencari kecepatan sudut menggunakan persamaan (2.8) dan torsi kincir menggunakan persamaan (2.5) :

$$\begin{aligned}
 \omega &= \frac{n \cdot \pi}{30 \text{ s}} \text{ rad/s} \\
 \omega &= \frac{31,4 \pi}{30 \text{ s}} \text{ rad/s} \\
 &= 3,29 \text{ rad/s}
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai kecepatan sudut, langkah berikutnya untuk mendapatkan torsi yang bekerja pada blade, persamaan (2.6). C_p didapatkan dari grafik hubungan C_p dan TSR.



Gambar 4.2 Grafik hubungan C_p dan TSR

$$T = \frac{0.5 C_p \rho A r V^2}{TSR}$$

$$T = \frac{0,5 \cdot 0,17 \cdot 1,2 \cdot 0,85 \cdot 0,4245 \cdot 2,5^2}{0,558}$$

$$T = 0,411$$

Dari persamaan (2.5) dan persamaan (2.6) dapat dihitung daya output menggunakan persamaan (2.7)

$$P_{out} = T \omega$$

$$P_{out} = (0.411 \text{ N})(3.29 \text{ rad/s})$$

$$= 1.35 \text{ watt}$$

4.3 Data Hasil Perhitungan

Parameter yang diperoleh dari penelitian dioalah dengan menggunakan *Microsoft excel* untuk menampilkan hubungan besarnya torsi yang dihasilkan oleh blade savonius tertutup dan savonius terbuka, besarnya daya output untuk setiap variasi blade, koefisien daya dan *tip speed ratio*. tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data perhitungan blade savonius tertutup dan terbuka

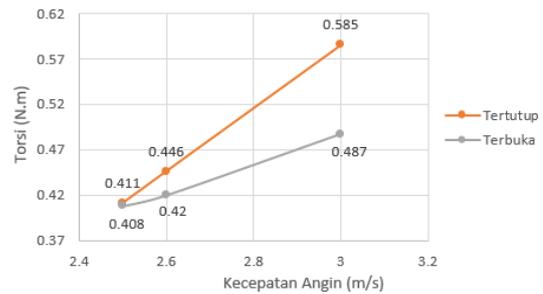
Variasi Blade	Tertutup			Terbuka		
	2.5	2.6	3	2.5	2.6	3
Kecepatan Angin (m/s)	2.5	2.6	3	2.5	2.6	3
Putaran, n (rpm)	31.4	34.4	36.8	35.4	39.8	54.2
Daya Input, P_{in} (Watt)	7.97	8.96	13.77	7.97	8.96	13.77
Tip Speed Ratio (tsr)	0.56	0.59	0.55	0.63	0.68	0.8
Kecepatan sudut, ω (rad/s)	3.29	3.60	3.85	3.71	4.17	5.67
Koefisien daya (C_p)	0.17	0.18	0.165	0.19	0.195	0.2
Torsi, T (Nm)	0.411	0.446	0.585	0.408	0.420	0.487
Daya output, P_{out} (Watt)	1.35	1.61	2.25	1.51	1.75	2.76
Efisiensi Blade (%)	16.9	17.9	16.4	19.0	19.5	20.1

Hasil perhitungan pada table 4.3, menunjukkan kincir angin savonius yang tidak menggunakan tutup mampu menghasilkan efisiensi yang lebih bagus. *Tip speed ratio* paling tinggi 0,80 terjadi pada blade savonius turbuka pada kecepatan angin 3 m/s. Efisiensi blade terbaik terjadi pada blade savonius terbuka dengan kecepatan angin yang sama blade savonius

terbuka mampu memanfaatkan energi angin dengan baik.

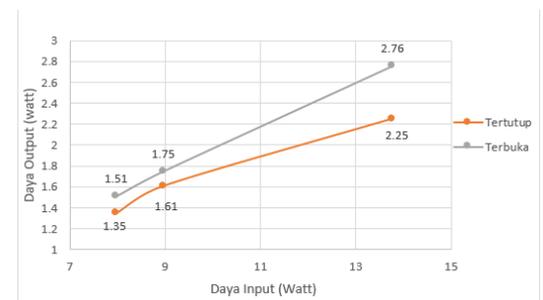
4.4 Grafik Hasil Perhitungan dan Pembahasan

Data yang diperoleh pada tabel 4.3, kemudian diolah kembali kedalam bentuk grafik untuk mengetahui hubungan kecepatan angin (m/s) dengan torsi (N.m) dan hubungan antara daya input (watt) dengan daya output (watt). Grafik *blade savonius* tertutup dan terbuka akan disajikan pada grafik.



Gambar 4.3 Grafik hubungan kecepatan angin dan torsi blade savonius terbuka dan tertutup

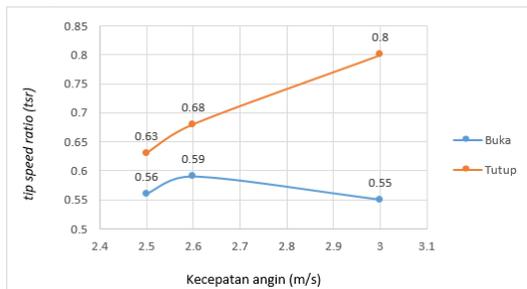
Dari grafik pada Gambar 4.3 diperoleh hasil bahwa semakin besar kecepatan angin yang menumbuk blade maka semakin besar torsi dihasilkan dengan kata lain hubungan kecepatan angin dengan torsi pada blade savonius terbuka dan tertutup yang dihasilkan meningkat.



Gambar 4.4 Grafik hubungan daya input dan daya output

Dari grafik pada Gambar 4.4 diperoleh hasil bahwa semakin besar daya input yang dihasilkan maka semakin besar daya output yang dihasilkan dengan kata lain hubungan daya input dengan daya output blade savonius terbuka dan tertutup meningkat. Dari penelitian yang dilakukan hubungan antara daya input dan daya output, blade savonius terbuka lebih baik dikarenakan dengan daya input yang sama, blade savonius terbuka mampu menghasilkan daya output yang besar dibandingkan blade savonius tertutup.

Tabel 4.3 secara umum nilai $tsr < 1$ untuk setiap turbin. Maka gaya yang bekerja pada turbin adalah gaya hambat (*drag*). Turbin dengan gaya dominan yaitu gaya hambat (*drag*) akan memiliki efisiensi dan daya yang lebih rendah dibandingkan dengan turbin yang mengalami gaya angkat (*lift*), dan kecepatan ujung sudu lebih rendah dari kecepatan angin yang mengenai turbin ini merupakan penyajian grafik hubungan antara torsi (N.m) dengan *tip speed ratio* (*tsr*) untuk blade savonius terbuka dan tertutup yang dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 1 Grafik hubungan kecepatan angin dan *tip speed ratio*

Gambar 4.5 menunjukkan *tsr* yang terjadi pada savonius terbuka meningkat drastis pada kecepatan angin 3m/s, berbanding terbalik dari blade savonius yang tertutup pada kecepatan angin 3m/s *tip speed ratio* menurun.

5 Kesimpulan

1. Secara umum dengan kecepatan angin yang sama pada setiap blade memiliki pola serupa yaitu semakin besar kecepatan angin yang menumbuk blade, maka semakin cepat putaran rotor blade kincir angin.
2. Kinerja terbaik dari blade Savonius adalah blade savonius terbuka dengan putaran yang lebih baik dari blade savonius tertutup. Dengan kecepatan angin 3 m/s, blade savonius terbuka mampu menghasilkan putaran 54.2 rpm sedangkan blade savonius tertutup 36.8 rpm.
3. Dengan daya input yang sama blade savonius tertutup mampu menghasilkan daya output 2.25 watt, sedangkan blade savonius terbuka mampu menghasilkan daya output 2.76 watt.
4. Dengan daya input yang sama efisiensi pada blade savonius terbuka mencapai 20.1 % sedangkan pada blade savonius tertutup 16.4 %.

6 Saran

Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk perbaikan penelitian selanjutnya adalah:

1. Mendesain blade yang mampu beroperasi pada kecepatan yang rendah (dengan kecepatan angin minimal 1 m/s).
2. Mendesain pompa torak dengan gaya gesek yang rendah sehingga mampu digerakkan oleh kincir angin dengan daya output yang rendah.
3. Merekomendasikan penelitian kincir angin pada lokasi yang menghasilkan angin minimal 3 m/s.

7 Daftar Pustaka

- [1] A. Jannifar, "Desain Mesin Pertanian Serbaguna Berdasarkan Model Mesin Perontok Padi Konvensional," *J. Polimesin*, Vol. 14, No. 1, Pp. 1–6, 2016.
- [2] B. Statistik And Distribusi, *Profil Pembangunan Aceh*. Aceh: Bps Provinsi Aceh Bekerja Sama Dengan Bappeda Aceh, 2016.
- [3] Y. I. Nakhoda And C. Saleh, "Rancang Bangun Kincir Angin Sumbu Vertikal Pembangkit Tenaga Listrik Portabel," Pp. 59–68, 2015.
- [4] A. Sifa And C. Casiman, "Pengujian Kincir Angin Horizontal Type Di Kawasan Tambak Sebagai Energi Listrik Alternatif Untuk Penerangan," In *Prosiding Industrial Research Workshop And National Seminar*, 2014, Vol. 5, Pp. 166–171.