

KAJI EKSPERIMENTAL RASIO DIAMETER TURBIN ANGIN PROPELER DENGAN TURBIN ANGIN VENTURI TERHADAP PERFORMA TURBIN ANGIN *HYBRID*

Ricky Irawan¹, Iwan Kurniawan²

Laboratorium Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Bina Widya Km 12.5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

¹ricky.irawanricky@student.unri.ac.id, ²iwan.kurniawan@lecturer.unri.ac.id

Abstract

In this research carried out innovation in wind turbine that generate power using wind energy. Where the propeller wind turbine and the venturi wind turbine are combined into one axis. The purpose of this study was to determine the additional performance of the propeller wind turbine after combining it with the Venturi wind turbine at low wind speeds. The performance of this hybrid wind turbine is measured at each variation in the ratio of the blade diameter of the propeller turbine to the diameter of the venturi turbine. So that the optimal ratio of the ratio of the diameter between propeller wind turbines and venturi wind turbines to this hybrid wind turbine can be obtained. In this study, using three variations of the diameter ratio of the propeller wind turbine, namely 1, 1.2 and 1.4 with the number of 3 blades and the profile of the propeller wind turbine blade using the NREL S833 type. Then add the venturi wind turbine in front of the propeller wind turbine with 3 venturi turbine blades with a diameter of 30 cm. From the test results it is known that the addition of a venturi wind turbine to a small diameter propeller wind turbine has the greatest percentage increase in performance among the three variations of the propeller wind turbine diameter.

Keywords: *propeller wind turbine, venture wind turbine, hybrid wind turbine*

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi di dunia terus meningkat karena pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi itu sendiri. Energi angin dapat dimanfaatkan dengan menggunakan turbin angin yang kemudian dikonversikan menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator listrik. Keuntungan yang didapat adalah tidak mengeluarkan gas-gas sisa pembakaran seperti karbon monoksida (CO) yang berbahaya jika jumlahnya berlebih, sehingga lebih ramah lingkungan [1].

Pemanfaatan angin di Indonesia untuk saat ini masih tergolong rendah. salah satu penyebabnya adalah karena kecepatan angin rata-rata di wilayah Indonesia tergolong kecepatan angin rendah, yaitu berkisar antara 3 m/s hingga 5 m/s. Sehingga sulit untuk menghasilkan energi listrik dalam skala besar menggunakan turbin angin. Meskipun demikian, potensi angin di Indonesia tersedia hampir sepanjang tahun, sehingga memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi pembangkit listrik dengan skala kecil. Inovasi dalam memodifikasi turbin angin perlu dikembangkan agar turbin angin tetap dapat menghasilkan listrik walaupun dengan kecepatan angin yang rendah.[1].

Fadel (2020), pada penelitiannya dilakukan penggabungan turbin angin propeler dan turbin angin venturi dengan memvariasikan diameter *blade* turbin propeler yaitu diameter 160 cm, 200 cm dan 240 cm. dan setiap variasi panjang *blade* turbin propeler menggunakan profil *blade* jenis NREL S833 dan diameter dari turbin angin venturi ditetapkan 50 cm. Kelemahan pada penelitian Fadel (2020) pada saat pengambilan data dilakukan diluar

ruangan sehingga angin yang didapat tidak konstan dan datang dari segala arah yang mengakibatkan putaran turbin angin tidak optimal. Dalam pembuatan turbin angin dengan diameter yang lebih besar maka mengakibatkan biaya dalam pembuatannya pun cukup besar pula [2].

Sedangkan pada penelitian ini adalah melanjutkan dari penelitian Fadel (2020). Dengan melakukan penggabungan dua jenis turbin angin dengan sumbu horizontal yaitu turbin angin propeler dan turbin angin venturi. Akan tetapi pada turbin angin *hybrid* ini akan dilakukan pengujian eksperimental dengan rasio yang lebih kecil dari penelitian sebelumnya. Dengan pemilihan rasio yang lebih kecil karena pada turbin angin venturi ini tidak bisa dibuat dengan diameter yang lebih besar karena akan mengakibatkan melendut pada *blade* turbin angin venturi tersebut dan ditetapkanlah turbin angin venturi dengan diameter 30 cm. Dengan variasi rasio 1, 1,2 dan 1,4. Jadi pada penelitian ini ingin melihat apakah ada peningkatan performa dari turbin angin *hybrid* ketika menggunakan rasio dengan skala *micro*. Setiap variasi panjang *blade* turbin propeler menggunakan profil *blade* jenis NREL S833, yang mana profil *blade* jenis NREL S833 ini sangat cocok pada kecepatan angin rendah. Pada penelitian ini menggunakan jenis *blade tapper* yang mana jenis *blade tapper* ini cocok digunakan pada kecepatan angin tinggi. Untuk pemilihan jenis *blade tapper* pada penelitian ini hanya untuk melihat kenaikan performa antara turbin angin propeler dengan turbin angin venturi terhadap performa turbin angin *hybrid* saja. Dengan

pengambilan data yang dilakukan didalam ruangan dengan bantuan angin dari kipas angin.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada peningkatan performa pada turbin angin *hybrid* dengan rasio yang lebih kecil, dan mengetahui rasio diameter turbin angin propeler yang paling optimal dengan variasi 1, 1,2 dan 1,4 ketika diameter dari turbin angin venturi ditetapkan 30 cm.

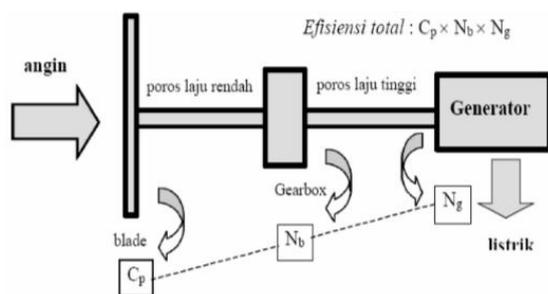
2. Tinjauan Pustaka

Energi angin merupakan jenis sumber energi terbarukan yang potensial untuk menghasilkan energi mekanik [3]. Secara umum energi kinetik yang terdapat pada angin dapat diubah menjadi energi mekanik untuk memutar peralatan, selanjutnya dari energi mekanik yaitu untuk memutar generator dan menghasilkan listrik sistem ini disebut sistem konversi energi angin [3].

2.1 Turbin Angin

Angin merupakan udara yang bergerak, disebabkan adanya beberapa perbedaan tekanan pada atmosfer bumi. Angin yang bergerak memiliki energi, agar energi yang dimiliki angin dapat dimanfaatkan maka diperlukan sebuah alat yang dapat merubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik sehingga bisa digunakan untuk memutar generator dan menghasilkan listrik. Alat ini dinamakan dengan turbin angin (kincir angin) [4].

Secara sederhana energi kinetik yang terdapat pada angin dapat memutar *blade* yang terdapat pada kincir angin, dimana *blade* ini terhubung dengan poros dan memutar poros yang telah terhubung dengan generator. Model sederhana dari turbin angin mengambil dasar teori dari momentum, angin dengan kecepatan tertentu menabrak rotor yang memiliki performa sayap atau propeler. Prinsip kerja turbin angin dapat dilihat digambar 1 [4].



Gambar 1. Prinsip Kerja turbin Angin [5]

Komponen yang menghasilkan listrik pada rangkaian turbin angin pembangkit listrik adalah generator. Prinsip kerja generator adalah memakai kaidah Hukum Faraday, yaitu apabila sebuah penghantar digerakkan di dalam sebuah medan magnet, maka kedua ujung penghantar tersebut akan timbul GGL (gaya gerak listrik) induksi. Bila kedua ujungnya dihubungkan dengan beban,

misalnya sebuah lampu, maka akan mengalir arus listrik dan timbul daya listrik [5].

2.2 Jenis-jenis Turbin Angin

Turbin berdasarkan arah sumbu rotasi rotornya, turbin angin terbagi atas dua jenis yaitu:

- a. Turbin Angin Sumbu Horizontal merupakan turbin angin yang sumbu rotasi rotornya paralel terhadap permukaan tanah [6]. Turbin angin sumbu horizontal memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara dan diarahkan menuju arah datangnya angin. Turbin angin sumbu horizontal dapat dilihat digambar 2.



Gambar 2. Turbin Angin Sumbu Horizontal [6]

- b. Turbin Angin Sumbu Vertikal Merupakan turbin angin yang sumbu rotasi rotornya tegak lurus terhadap permukaan tanah [7]. Turbin angin sumbu vertikal berguna di tempat-tempat yang arah anginnya sangat bervariasi. Dengan sumbu yang vertikal, generator serta gearbox bisa ditempatkan di dekat tanah, jadi lebih mudah untuk dilakukan proses maintenance. Turbin angin sumbu vertikal dapat dilihat digambar 3.



Gambar 3. Turbin Angin Sumbu Vertikal [6]

2.3 Parameter Turbin Angin

Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Kecepatan Sudut

Kecepatan sudut dari *blade* turbin dapat diketahui dengan menggunakan persamaan: [8]

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (2.1)$$

Dimana:

ω = Kecepatan sudut turbin (Rad/s)

n = Kecepatan putaran poros (Rpm)

- b. *Tip speed ratio*

Tip speed ratio (rasio kecepatan ujung) adalah perbandingan kecepatan tangensial ujung

blade turbin angin terhadap kecepatan aliran udara yang melewati turbin angin. *Tip speed ratio* akan berpengaruh pada kecepatan rotor. *Tip speed ratio* dihitung dengan persamaan: [8].

$$\lambda = \frac{\omega \cdot r}{V} \quad (2.2)$$

Dimana:

- λ = *Tip speed ratio*
- r = Jari-jari turbin angin propeller (m)
- V = Kecepatan angin (m/s)

c. Torsi

Torsi adalah gaya putar yang dihasilkan oleh poros turbin.[9]

$$T = F \cdot r \quad (2.3)$$

Dimana :

- T = Torsi turbin (N.m)
- F = Gaya/Beban (N)
- r = Jari-jari *pully* (m)

d. Daya turbin

Daya turbin adalah daya yang dihasilkan oleh poros turbin angin akibat daya angin yang melintasi *blade* turbin angin [10].

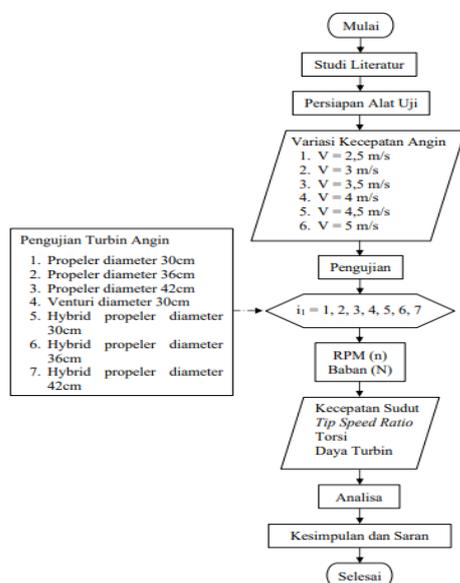
$$P_T = T \cdot \omega \quad (2.4)$$

Dimana :

- P_T = Daya turbin (watt)
- T = Torsi turbin (N.m)
- ω = Kecepatan sudut turbin (rad/s)

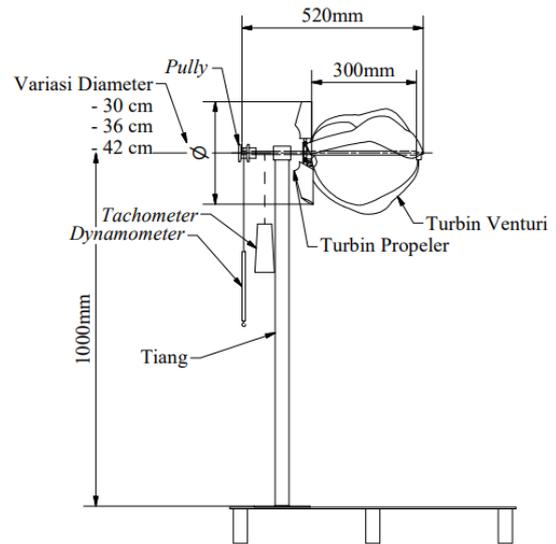
3. Metodologi

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian secara eksperimental. Penelitian ini menggunakan diagram alir sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian. Diagram alir yang digunakan dapat dilihat digambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Dan untuk sketsa alat pengujian dapat dilihat digambar 5.



Gambar 5. Sketsa Alat Pengujian

3.1 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat.

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan nilainya sebelum dilakukan pengujian. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Variasi kecepatan angin

Variasi kecepatan angin yang digunakan seperti disusun ditabel 1.

Tabel 1. Variasi Kecepatan Angin

Nomor	Kecepatan Angin (m/s)
1	2,5
2	3
3	3,5
4	4
5	4,5
6	5

b. Variasi diameter turbin propeler yang digunakan adalah diameter 30 cm, 36 cm, dan 42 cm.

2. Variabel terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi besar nilainya bergantung pada nilai variabel bebas. Penelitian ini mempunyai variabel terikat yang meliputi data-data yang diperoleh dari pengujian pada turbin *hybrid*. Variabel terikat yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. *Tip Speed Ratio*

Tip speed ratio adalah perbandingan kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin. Untuk kecepatan angin nominal tertentu, *tip speed ratio* akan berpengaruh pada kecepatan rotor. *Tip speed ratio* dihitung dengan persamaan (2.2).

3.2 Alat Uji Penelitian

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat digambar 6.

1. Kipas Angin



2. Nozle



3. Anemometer



4. Dynamometer



5. Tachometer

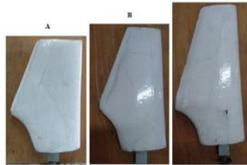


Gambar 6. Alat Uji Penelitian

3.3 Bahan Uji Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat digambar 7.

1. Blade Turbin Propeler



(A) Panjang 15 cm, (B) Panjang 18 cm (C) Panjang 21 cm

2. Blade Turbin Venturi



3. Pulley



Gambar 7. Bahan Uji Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian seperti disusun ditabel 2.

Tabel 2. Data Pengujian

TURBIN ANGIN HYBRID DIAMETER 30 CM				
r Pully(m)	r Propeler(m)	V(m/s)	F Beban (N)	n (rpm)
0.025	0.15	2.5	0	163
0.025	0.15	2.5	0.05	140
0.025	0.15	2.5	0.1	123
0.025	0.15	2.5	1	84
0.025	0.15	2.5	1.2	68
0.025	0.15	2.5	1.4	57
0.025	0.15	3	0	228
0.025	0.15	3	0.1	216
0.025	0.15	3	0.2	204
0.025	0.15	3	1	163
0.025	0.15	3	1.2	146
0.025	0.15	3	1.6	94
0.025	0.15	3.5	0	284
0.025	0.15	3.5	0.1	263
0.025	0.15	3.5	0.6	236
0.025	0.15	3.5	1	197
0.025	0.15	3.5	2	142
0.025	0.15	3.5	3	87
0.025	0.15	4	0	392
0.025	0.15	4	0.6	336
0.025	0.15	4	1	292
0.025	0.15	4	2	201
0.025	0.15	4	3	118
0.025	0.15	4	3.5	86
0.025	0.15	4.5	0	409
0.025	0.15	4.5	0.6	369
0.025	0.15	4.5	1	331
0.025	0.15	4.5	2	236
0.025	0.15	4.5	3	137
0.025	0.15	4.5	3.5	116
0.025	0.15	5	0	433
0.025	0.15	5	0.6	398
0.025	0.15	5	1	321
0.025	0.15	5	2	243
0.025	0.15	5	3	157
0.025	0.15	5	4	60

TURBIN ANGIN HYBRID DIAMETER 36 CM				
r Pully(m)	r Propeler(m)	V(m/s)	F Beban (N)	n (rpm)
0.025	0.18	2.5	0	195
0.025	0.18	2.5	0.05	163
0.025	0.18	2.5	1	134
0.025	0.18	2.5	1.2	106
0.025	0.18	2.5	1.4	82
0.025	0.18	3	0	227
0.025	0.18	3	0.1	208
0.025	0.18	3	1.4	115
0.025	0.18	3	1.6	106
0.025	0.18	3	1.8	94
0.025	0.18	3	2	82
0.025	0.18	3.5	0	352
0.025	0.18	3.5	0.1	329
0.025	0.18	3.5	1	294
0.025	0.18	3.5	2	221
0.025	0.18	3.5	3	136
0.025	0.18	3.5	4	94
0.025	0.18	4	0	367
0.025	0.18	4	0.6	321
0.025	0.18	4	1	296
0.025	0.18	4	2	234
0.025	0.18	4	3	161
0.025	0.18	4	4	102
0.025	0.18	4.5	0	372
0.025	0.18	4.5	0.6	359
0.025	0.18	4.5	1	342
0.025	0.18	4.5	2	257
0.025	0.18	4.5	3	178
0.025	0.18	4.5	4	108
0.025	0.18	5	0	384
0.025	0.18	5	0.6	367
0.025	0.18	5	1	323
0.025	0.18	5	2	264
0.025	0.18	5	3	195
0.025	0.18	5	4	128
0.025	0.18	5	5	98

TURBIN ANGIN HYBRID DIAMETER 42 CM				
r Pully(m)	r Propeler(m)	V(m/s)	F Beban (N)	n (rpm)
0.025	0.21	2.5	0	204
0.025	0.21	2.5	0.05	172
0.025	0.21	2.5	1	146
0.025	0.21	2.5	1.2	116
0.025	0.21	2.5	1.4	90
0.025	0.21	3	0	252
0.025	0.21	3	0.1	228
0.025	0.21	3	1	195
0.025	0.21	3	1.6	178
0.025	0.21	3	2	150
0.025	0.21	3	2.6	70
0.025	0.21	3.5	0	358
0.025	0.21	3.5	0.1	316
0.025	0.21	3.5	1	299
0.025	0.21	3.5	2	274
0.025	0.21	3.5	3	172
0.025	0.21	3.5	4	114
0.025	0.21	3.5	5	72
0.025	0.21	4	0	380
0.025	0.21	4	0.6	346
0.025	0.21	4	1	311
0.025	0.21	4	2	283
0.025	0.21	4	3	198
0.025	0.21	4	4	138
0.025	0.21	4	5	106
0.025	0.21	4	5.4	48
0.025	0.21	4.5	0	384
0.025	0.21	4.5	0.6	352
0.025	0.21	4.5	1	316
0.025	0.21	4.5	2	272
0.025	0.21	4.5	3	218
0.025	0.21	4.5	4	163
0.025	0.21	4.5	5	113
0.025	0.21	4.5	5.6	58
0.025	0.21	5	0	409
0.025	0.21	5	0.6	364
0.025	0.21	5	1	328
0.025	0.21	5	2	289
0.025	0.21	5	3	245
0.025	0.21	5	4	188
0.025	0.21	5	5	138
0.025	0.21	5	5.8	58

4.2 Perhitungan Data

Perhitungan data diambil pada turbin angin *Hybrid* diameter 30cm pada kecepatan angin 5m/s dengan beban 4 Newton.

a. Perhitungan Kecepatan Sudut

Diketahui: $\eta = 60 \text{ rpm}$

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60}$$

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times 60 \text{ rpm}}{60}$$

$$\omega = 6.28 \text{ rad / s}$$

b. Perhitungan tip speed ratio

Diketahui: - $\omega = 6.28 \text{ rad/s}$

- $V = 5 \text{ m/s}$

- $r = 15 \text{ cm} = 0.15 \text{ m}$

$$\lambda = \frac{\omega \cdot r}{V}$$

$$\lambda = \frac{6.28 \text{ rad / s} \times 0.15 \text{ m}}{5 \text{ m / s}}$$

$$\lambda = 0.188$$

c. Perhitungan Torsi

Diketahui: - $F = 4 \text{ Newton}$

- $r \text{ pully} = 25 \text{ mm} = 0.025 \text{ m}$

$$T = F \cdot r$$

$$T = 4 \text{ N} \times 0.025 \text{ m}$$

$$T = 0.1 \text{ N.m}$$

d. Perhitungan Daya Turbin

Diketahui: - $T = 0.1 \text{ N.m}$

- $\omega = 6.28 \text{ rad/s}$

$$P_T = T \cdot \omega$$

$$P_T = 0.1 \text{ N.m} \times 6.28 \text{ rad / s}$$

$$P_T = 0.628 \text{ Watt}$$

Tabel hasil perhitungan seperti disusun ditabel.

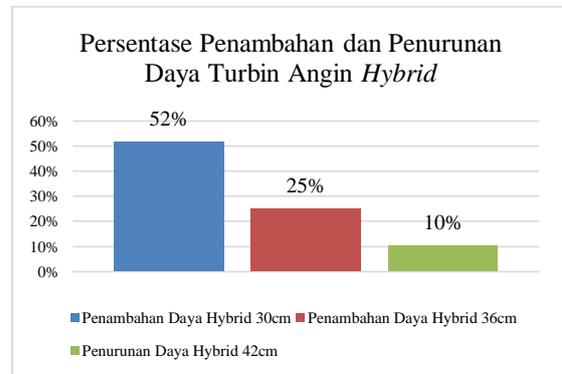
Tabel 3. Hasil Perhitungan

Turbin angin Diameter 30cm Pada Beban Maximum					
V angin (m/s)	TSR Propeller	Daya Propeller (Watt)	TSR Hybrid	Daya Hybrid (Watt)	Penambahan Daya
2.5	0.38936	0.02028	0.35796	0.20881	19%
3	0.85303	0.0853	0.49193	0.39355	31%
3.5	0.04934	0.01727	0.39026	0.68295	67%
4	0.11383	0.10624	0.33755	0.78762	68%
4.5	0.10816	0.11356	0.40471	1.06237	95%
5	0.27946	0.32604	0.1884	0.628	30%
		11%		63%	52%

Turbin angin Diameter 36cm Pada Beban Maximum					
V angin (m/s)	TSR Propeller	Daya Propeller (Watt)	TSR Hybrid	Daya Hybrid (Watt)	Penambahan Daya
2.5	0.74606	0.15543	0.61795	0.30039	14%
3	0.4082	0.27213	0.51496	0.42913	16%
3.5	0.32297	0.471	0.50599	0.98387	51%
4	0.31557	0.61361	0.48042	1.0676	45%
4.5	0.45635	1.02678	0.45216	1.1304	10%
5	0.36173	1.15552	0.36926	1.28217	13%
		62%		87%	25%

Turbin angin Diameter 42cm Pada Beban Maximum					
V angin (m/s)	TSR Propeller	Daya Propeller (Watt)	TSR Hybrid	Daya Hybrid (Watt)	Penurunan Daya
2.5	1.14296	0.54427	0.79128	0.3297	21%
3	0.68871	0.55343	0.51287	0.47623	8%
3.5	0.67824	1.01736	0.45216	0.942	8%
4	0.37916	0.7222	0.2638	0.67824	4%
4.5	0.47868	1.02573	0.2833	0.84989	18%
5	0.31651	0.90432	0.25497	0.88025	2%
		79%		69%	10%

Persentase penambahan dan penurunan daya turbin angin *hybrid* dapat dilihat digambar 8.



Gambar 8. Grafik Persentase Penambahan dan Penurunan Daya Turbin Angin *Hybrid*

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa pada turbin angin *hybrid* diameter 30cm atau sama dengan rasio 1 memiliki peningkatan daya sebesar 52%, dikarenakan pada turbin angin venturi diameter 30cm dengan kecepatan angin 2,5m/s dan beban maksimum sebesar 0,125 Newton menghasilkan nilai daya sebesar 0,029 watt dan pada turbin angin propeller diameter 30cm dengan kecepatan angin 2,5m/s dan beban maksimum sebesar 0,125 Newton menghasilkan nilai daya sebesar 0,020 watt dan pada turbin angin *hybrid* memiliki nilai torsi maksimum paling tinggi yaitu sebesar 0,035 N.m dibandingkan dengan turbin angin venturi diameter 30cm dan turbin angin propeller diameter 30cm. Jadi ketika turbin angin venturi diameter 30cm digabungkan dengan turbin angin propeller diameter 30cm mengalami peningkatan daya pada turbin angin *hybrid*. Untuk turbin angin *hybrid* diameter 36cm atau sama

dengan rasio 1,2 memiliki peningkatan daya sebesar 25%, dikarenakan pada turbin angin propeller diameter 36cm dengan kecepatan angin 2,5m/s dan beban maksimum sebesar 0,6 Newton menghasilkan nilai daya sebesar 0,155 watt dan pada turbin angin venturi diameter 30cm dengan kecepatan angin 2,5m/s dan beban maksimum sebesar 0,125 Newton menghasilkan nilai daya sebesar 0,029 watt dan pada turbin angin *hybrid* memiliki nilai torsi maksimum paling tinggi yaitu sebesar 0,035N.m dibandingkan dengan turbin angin venturi diameter 30cm dan turbin angin propeller diameter 36cm. Jadi ketika turbin angin venturi diameter 30cm digabungkan dengan turbin angin propeller diameter 36cm masih mengalami peningkatan daya pada turbin angin *hybrid*. Dan pada turbin angin *hybrid* diameter 42cm atau sama dengan rasio 1,4 memiliki penurunan daya sebesar 10%, dikarenakan pada turbin angin propeller diameter 42cm dengan kecepatan angin 2,5m/s dan beban maksimum sebesar 1,6 Newton menghasilkan nilai daya sebesar 0,544 watt dan pada turbin angin venturi diameter 30cm dengan kecepatan angin 2,5m/s dan beban maksimum sebesar 0,125 Newton menghasilkan nilai daya sebesar 0,029 watt dan turbin angin Propeller diameter 42cm memiliki nilai torsi maksimum paling tinggi yaitu sebesar 0,04N.m dibandingkan dengan turbin angin venturi diameter 30cm dan turbin angin *hybrid* diameter 42cm. Jadi ketika turbin angin venturi diameter 30cm digabungkan dengan turbin angin propeller diameter 42cm mengalami penurunan daya pada turbin angin *hybrid*. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai rasio atau semakin besar diameter turbin angin propeller jika digabungkan dengan turbin angin venturi maka daya turbin yang dihasilkan semakin menurun. Dan rasio yang paling ideal antara turbin angin propeller dengan turbin angin venturi adalah turbin angin dengan rasio 1 yaitu turbin angin propeller diameter 30cm dengan turbin angin venturi diameter 30cm.

5. Simpulan

Dari hasil pengujian dan pengolahan data, didapatkan kesimpulan dari hasil penelitian ini bahwa diantara ketiga variasi rasio diameter turbin angin propeller dan venturi, hanya rasio 1 yang memiliki persentase kenaikan performa yang paling tinggi dengan kenaikan performa sebesar 52%, jadi antara turbin angin propeller 30cm dan turbin angin venturi 30cm tersebut saling membantu dan tidak menjadikan beban antara turbin angin propeller 30cm dan turbin angin venturi 30cm. Dan untuk turbin angin dengan rasio 1.4 mengalami penurunan persentase sebesar 10%, dan dapat dinyatakan bahwa turbin angin venturi diameter 30cm tidak membantu dan malah menjadikan beban terhadap turbin angin propeller diameter 42cm. Jadi, Jika semakin rendah rasio diameter

turbin angin propeller dengan turbin angin venturi, maka semakin tinggi nilai kenaikan performa turbin angin *hybrid* tersebut.

6. Daftar Pustaka

- [1] Nahkoda, Yusuf Ismail. 2015. Rancang Bangun Kincir Angin Sumbu Vertikal Pembangkit Tenaga Listrik Portabel. Teknik elektro Institut Teknologi Nasional Malang.
- [2] Firanda, Fadel. 2020. *Kaji Eksperimental Variasi Diameter Turbin Angin Propeller Terhadap Performa Turbin Angin Hybrid*. Universitas Riau, Pekanbaru.
- [3] Aryanto, Firman, dkk. 2013. Pengaruh Kecepatan Angin Dan Variasi Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal. *Dinamika Teknik Mesin*, Volume 3 No. 1.
- [4] Sumiati, Ruzita. 2013. Rancang Bangun Miniatur Turbin Angin Pembangkit Listrik Untuk Media Pembelajaran. *Jurnal Teknisk Mesin Vol. 3, No. 2*.
- [5] Pratama, Deni. 2016. Rancang Bangun Sistem Pengendalian Blade Pitch Angle Pada Prototipe Turbin Angin Berbasis euro - Fuzzy. Undergraduate Thesis of Physics Engineering, Institut Teknologi Surabaya (RSF 629.89 Pra.r).
- [6] Letcher, T. (2017). *Wind Energy Engineering A Handbook for Onshore and Offshore Wind Turbines*. United Kingdom: Academic Press is an imprint of Elsevier.
- [7] Manwell, J., Mcgowan, J., & Rogers. A. (2009). *Wind Energy Explained Theory, Design and Application Second Edition*. USA: University of Massachusetts
- [8] Mathew, Sathyajith. 2006. *Fundamental Resource Analysis and Economics. India: Springer*.
- [9] L.D. Marizka. 2010. Analisis Kinerja Turbin Hidrokinetika Poros Vertical Dengan Modifikasi Rotor Savonius L Untuk Optimasi Kinerja Turbin."Tugas Akhir Sains Fisika. FMIPA-Universitas Sebelas Maret.
- [10] Daryanto, T. 2012, *Energi Terbarukan*, <http://www.Kompas.com> Diakses: Tanggal 22 April 2012.