

Pengatur diameter sudu terhadap kinerja turbin angin berporos horizontal

Rudiyanto¹, Eko Budiyanto^{2*}, Rubi Kurniawan³, Joko Sumosusilo⁴

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro^{1,2}

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro^{3,4}

Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

*Corresponding author: eko_budiyanto99yahoo.com

Abstract

Fossil energy is a limited and non-renewable source of energy, therefore it is necessary to look for alternative energy solutions that are not available and can be updated. Another reason is to reduce the impact of pollution caused by the use of fossil energy. As we all know, the biggest source of pollution in the world comes from exhaust gas/fossil fuel emissions. These plants can convert wind energy into electrical energy using wind turbines or windmill. The electricity generation system using wind as an energy source is an alternative system that is very rapidly developing, considering that wind is an energy that is not limited in nature. The purpose of this study was tested using three blades, varying the diameter with a slope of 150, namely to determine the effect of blade diameter on the power produced by the turbine and the efficiency of the horizontal shaft wind turbine. The turbine power testing method is done manually by using 2 spring balance which is associated with the belt, v-belt, then the v-belt is associated with an 8 cm diameter pulley that is on the turbine shaft, the friction between the belt and the pulley is ignored. From the test results, the torque produced by the turbine is carried out in a certain rotation. Wind turbines made with blade blades 2 m, 2.40 m, 2.80 m with wind speeds of 4 m / s From the three turbine blade variables based on testing different turbine blade diameter the resulting power is different, from the test results it can be known the power generated by the power turbine can be seen that the highest power on the blade diameter is 2.40 m at 140 turns (rpm) with turbine power of 19.9606 watts, with an efficiency of 10,6263 % and the lowest in blade diameter 2m in rotation 120 (rpm) with turbine power of 12.9374 watts, with an efficiency of 9,9579 %.

Keywords: Horizontal shaft wind turbine, Comparison of blade diameter, Power, Efficiency.

Abstrak

Energi fosil merupakan sumber energi yang terbatas dan tidak dapat diperbarui, oleh karena itu perlu di cari solusi alternatif energi lain yang ketersediannya tidak terbatas dan dapat diperbarui. Alasan lainnya ialah untuk mengurangi dampak polusi yang ditimbulkan dari pemakaian energi fosil tersebut, Seperti yang telah kita ketahui bersama bahwa sumber polusi terbesar di dunia berasal dari gas buang/emisi bahan bakar fosil tersebut. Pembangkit ini dapat mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Sistem pembangkitan listrik menggunakan angin sebagai sumber energi merupakan sistem alternatif yang sangat berkembang pesat, mengingat angin merupakan salah satu energi yang tidak terbatas di alam. Tujuan dari penelitian ini yang diujikan menggunakan berjumlah tiga sudu, memvariasikan diameter dengan kemiringan 150, yaitu untuk mengetahui pengaruh diameter sudu terhadap daya yang dihasilkan turbin dan efisiensi turbin angin poros horizontal. Metode pengujian daya turbin dilakukan dengan manual yaitu dengan menggunakan 2 neraca pegas yang dikaitkan dengan sabuk v-belt kemudian v-belt tersebut dikaitkan dengan puli yang berdiameter 8 cm yang berada pada poros turbin, gaya gesek antara v-belt dengan puli diabaikan. Dari hasil pengujian dilakukan

didapatkan torsi yang dihasilkan turbin pada putaran tertentu. Turbin angin yang dibuat dengan sudu diameter 2 m, 2,40 m, 2,80 m dengan kecepatan angin 4 m/s. Dari ketiga variabel sudu turbin berdasarkan pengujian beda diameter sudu turbin daya yang di hasilkan berbeda, dari hasil pengujian tersebut maka dapat diketahui daya yang dihasilkan oleh turbin daya dapat diketahui bahwa daya tertinggi pada diameter sudu 2,40 m pada putaran 140 (rpm) dengan daya turbin sebesar yaitu 19,9606 watt, dengan efisiensi 10,6263 % dan daya terendah pada diameter sudu 2 m pada putaran 120 (rpm) dengan daya turbin sebesar yaitu 12,9374 watt, dengan efisiensi 9,9579 %.

Kata kunci : Turbin angin poros horizontal, Perbandingan diameter sudu, Daya, Efisiensi.

Pendahuluan

Krisis energi fosil akhir akhir ini menjadi berita yang sering kali didengar, penggunaan energi fosil seperti minyak, gas, dan batu bara secara besar besaran menjadi ancaman serius bagi kehidupan manusia saat ini. Dampak yang dihasilkan adalah dapat menyebabkan menipisnya energi yang tak terbarukan. Hal tersebut mendesak pemerintah Indonesia untuk mengupayakan sumber energi baru dan terbarukan yang ramah lingkungan. Indonesia memiliki potensi sumber energi terbarukan dalam jumlah besar, beberapa diantaranya adalah bioethanol sebagai pengganti bensin, biodiesel untuk pengganti solar, tenaga panas bumi, mikrohidro, tenaga surya, dan tenaga angin.

Kebutuhan energi listrik di Indonesia pada saat ini meningkat karena jumlah penduduk yang ada di Indonesia semakin bertambah. Hampir semua kegiatan manusia disetiap harinya memerlukan energi listrik yang pastinya diperlukan sebuah pembangkit listrik untuk dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Ironisnya adanya kenaikan jumlah kebutuhan energi listrik tersebut tidak diimbangi dengan persediaan energi yang memadai dan pada saat ini pun di Indonesia kenaikan tenaga listrik semakin meningkat setiap tahunnya. Akan tetapi, fenomena yang terjadi pada saat ini justru menunjukkan adanya

krisis energi listrik yang dibuktikan adanya pemadaman listrik secara bergilir maupun kampanye efisiensi penggunaan listrik kepada masyarakat. Sebagai konsekuensi atas kebutuhan manusia akan

listrik, maka harus dicari semacam solusi terhadap pemenuhan listrik dengan pemanfaatan energi alternatif terbarukan. Salah satu energi alternatif terbarukan yang saat ini cukup mendapat perhatian dikalangan pengusaha serta ilmuwan dalam bidang energi, adalah penggunaan energi angin untuk menggerakkan turbin angin guna memenuhi kebutuhan manusia akan kebutuhan listrik.

Ketersediaan energi termasuk listrik merupakan elemen yang sangat penting dalam berbagai aspek kehidupan manusia, sekaligus sebagai kebutuhan mutlak untuk menunjang pembangunan nasional yang berkelanjutan. Hal ini menjadi tantangan besar bagi Indonesia ketika dihadapkan pada kondisi dimana sebagian besar penyediaannya masih bergantung pada energi fosil dan pengembangan sumber-sumber energi terbarukan masih sangat terbatas. Sementara permintaan energi semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan pembangunan yang terus berkembang. Disamping itu ketidaksesuaian antara lokasi sumber daya energi dengan daerah pengguna energi serta infrastruktur di berbagai tempat yang minim telah menyebabkan keterbatasan akses masyarakat terhadap energi. Selain itu, kesenjangan pendapatan masyarakat yang cukup tinggi semakin menambah kompleksitas permasalahan di sektor energi.

Selama ini energi terbarukan lebih banyak dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik mengingat listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting baik

sebagai penerangan dirumah-rumah maupun untuk menggerakkan industri. Namun demikian, ada juga beberapa jenis energi terbarukan yang dikonsumsi secara langsung walaupun jumlahnya masih sangat sedikit. Padahal pengembangan energi terbarukan merupakan salah satu solusi penting bagi keberlanjutan pembangunan khususnya sektor energi [1].

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan Windmill.

Secara umum semua tipe turbin angin diklasifikasikan dalam dua group. Klasifikasi pertama berdasar pada orientasi dari sumbu putar relatif terhadap arah angin yaitu :

1. Horizontal Axis Wind Turbines (HAWT) atau dikenal turbin angin horisontal
2. Vertical Axis Wind Turbines (VAWT) atau dikenal turbin angin vertikal.

Sedangkan klasifikasi kedua berdasarkan cara pembangkit tenaga gerak pada rotor yaitu drag type dan lift type. Pemakaian jenis VAWT banyak keuntungannya diantaranya; tidak perlu pengarah, rendah emisi suara [2]. Turbin angin dengan sumbu horizontal mempunyai sudu yang berputar dalam bidang vertikal seperti halnya propeler pesawat terbang. Turbin angin biasanya mempunyai sudu dengan bentuk irisan melintang khusus di mana aliran udara pada salah satu sisinya dapat bergerak lebih cepat dari aliran udara di sisi yang lain ketika angin melewatinya. Fenomena ini menimbulkan daerah tekanan rendah pada belakang sudu dan daerah tekanan tinggi di depan sudu. Perbedaan tekanan ini membentuk gaya yang menyebabkan sudu berputar.

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan Windmill. Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin [3].

Tinjauan Pustaka

Dalam perancangan alat atau pembuatan diameter sudu turbin horisontal diperlukan berbagai macam perhitungan sehingga dalam pembuatan dapat menghasilkan sudu yang lebih baik. Adapun perhitungan dalam perancangan dan pembuatan sudu turbin angin horisontal yaitu :

Dalam menentukan luas penampang sudu akan digunakan untuk membuat sudu dapat diketahui dengan mencari luas penampang sudu. Adapun persamaan untuk menentukan luas penampang yaitu sebagai berikut :

Luas Penampang Sudu

$$A_{\text{Luas penampang sudu}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \quad (1)$$

Keterangan :

- A : Luas penampang (m²)
- D : Diameter Sudu (m)

Untuk mengetahui daya angin yang diperlukan, dapat dihitung berdasarkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$W = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^2 \quad (2)$$

Keterangan :

- W : Daya angin (Watt)

ρ : Kerapatan udara (Kg/m³)
 A : Luas penampang sudu (m²)
 V : Kecepatan angin (m/s)

Sedangkan untuk mencari nilai A , menggunakan persamaan berikut :

$$A = D = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \quad (3)$$

Keterangan :

A : Luas penampang sudu (m²)
 T : Diameter sudu (m)

Daya Yang Dihasilkan Turbin Angin Tipe (sumbu horisontal) Untuk mengetahui daya yang dihasilkan turbin dapat dilakukan dengan menggunakan pengujian metode pengereman (Rope Break) dan untuk mengetahui daya turbin di gunakan persamaan sebagai berikut :

Perhitungan daya turbin yang digunakan daya turbin merupakan output dari daya angin, daya turbin dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$\rho = T \cdot \omega \quad (4)$$

Keterangan :

ρ : Daya turbin (Watt)
 T : Torsi (Nm)
 ω : Kecepatan sudut sudu (rad/s)

Torsi yang dianalisa ialah torsi akibat dari gaya pada sudu secara teoritis dapat ditulis sebagai berikut :

$$T = F \cdot t \quad (5)$$

Keterangan :

T : Torsi pada Turbin (Nm)

F : gaya pada sudu (N)
 r : jari-jari pully (m)

Kecepatan sudut turbin dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (6)$$

Keterangan :

ω : Kecepatan Sudut sudu (rad/s)
 n : putaran turbin (rpm)

Merupakan perbandingan antara daya turbin dan daya angin dari turbin dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut :

$$\eta_{sistem} = \frac{P_t}{W} \cdot 100 \% \quad (7)$$

Keterangan :

P_t : daya turbin (Watt)
 W : Daya angin (Watt)

Tip speed rasio adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas.

$$\lambda = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{60 \cdot V} \quad (8)$$

Keterangan :

D : diameter turbin (m)
 N : putaran turbin (rpm)
 V : Kecepatan Angin (m/s)

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Maret s.d. Agustus 2018, di Desa Cirebon Baru, Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung timur.

Penelitian ini dilakukan dengan metode-metode perhitungan secara teoritis dan metode eksperimen nyata. Metode

meliputi tahap perencanaan, Membuat sudu turbin angin.

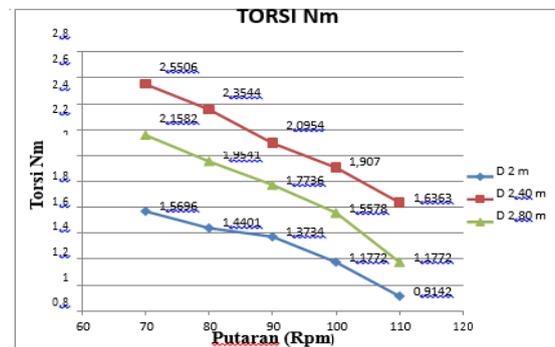
Dalam penelitian ini pengumpulan data atau informasi yang diperlukan dapat diperoleh melalui beberapa metode yaitu:

- Kajian kepustakaan (Study Pustaka). Dalam penelitian ini penulis menggunakan dengan “Pengaruh diameter sudu terhadap kinerja pada turbin angin poros horisontal”. Baik sebagai sumber data dan informasi maupun sebagai teori dasar atau studi pustaka yang dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya.
- Pengamatan secara langsung atau observasi Metode ini merupakan metode yang langsung dengan mengadakan atau melakukan survai dilakukan masyarakat untuk mencari manfaat dari turbin angin.
- Metode eksperimental. Dalam proses ini dilakukan perencanaan sudu dengan menggambar detail dari turbin serta pembuatan dan pengujian. Dari hasil pengujian tersebut kemudian dilakukan analisis faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kinerja turbin.
- Dokumentasi Dengan melakukan pengumpulan data data dari lapangan dan foto foto kegiatan selama dalam penelitian.

Hasil dan Pembahasan

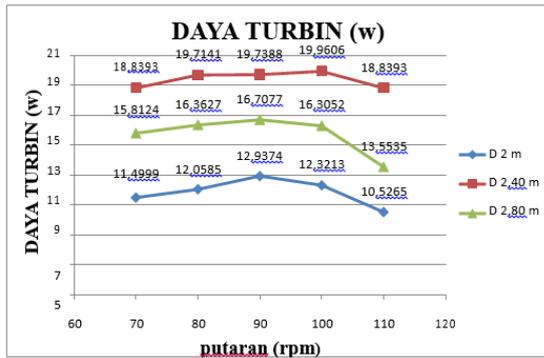
Dalam pengujian daya turbin dilakukan dengan manual yaitu dengan menggunakan 2 neraca pegas yang dikaitkan dengan sabuk *V-belt* kemudian sabuk *V-belt* tersebut dikaitkan dengan pulli yang berdiameter 8 cm yang berada pada poros, Gaya gesek antara *V-belt* dengan pulli diabaikan. Setelah pengujian dilakukan didapatkan torsi yang dihasilkan turbin pada putaran tertentu. Dari hasil pengujian tersebut maka dapat diketahui daya yang dihasilkan oleh turbin, Di bawah ini adalah grafik dari hasil

pengujian torsi turbin yang memvariasikan Rpm pada turbin.



Gambar 1. Grafik hubungan pengaruh putaran (Rpm) turbin terhadap torsi turbin pada variasi deameter sudu turbin.

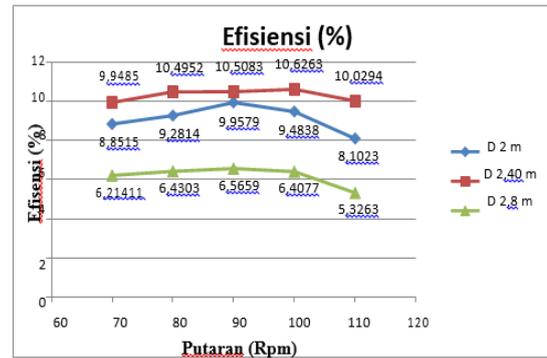
Dari Gambar 1. Grafik hubungan putaran (Rpm) turbin terhadap torsi turbin dapat diketahui bahwa variasi rpm dengan berkelipatan 10 yang diberikan torsi yang berbeda beda. Pada perbandingan diameter sudu turbin 2 m torsi yang yang di hasilkan pada saat putaran rpm 110 menghasilkan torsi sebesar 0,9142 Nm, Dengan menurunnya rpm 70 dapat dietaketahui torsi yang dihasilkan sebesar 1,5696 Nm, Sedangkan pada perbandingan diameter sudu turbin 2,40 m torsi yang yang di hasilkan pada saat putaran rpm 110 menghasilkan torsi sebesar 1,6363 Nm, Dengan menurunnya rpm 70 dapat dietaketahui torsi yang dihasilkan sebesar 2,5506 Nm, Sedangkan padaperbandingan diameter sudu turbin 2,80 m torsi yang yang di hasilkan pada saat putaran rpm 110 menghasilkan torsi sebesar 1,1772



Gambar 2. Grafik hubungan pengaruh putaran (rpm) terhadap Daya turbin terhadap pada variasi deameter sudu turbin

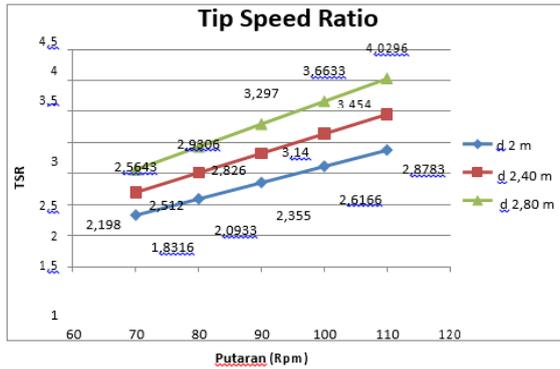
Dari Gambar 2. Grafik hubungan putaran (rpm) turbin terhadap daya turbin dapat dilakukan bahwa setiap variasi rpm dengan berkelipatan 10 yang di berikan ke turbin memiliki daya yang berbeda beda. Pada perbandingan diameter sudu turbin 2 m daya yang di hasilkan pada saat putaran rpm 110 menghhasilkan daya sebesar 10,5265 Watt, pada putaran 70 rpm menghhasilkan daya sebesar 11,4999 watt, Sedangkan pada perbandingan diameter sudu turbin 2,40 m daya yang di hasilkan pada saat putaran rpm 110 menghhasilkan daya sebesar 18,8393 Watt, pada putaran 70 rpm menghhasilkan daya sebesar 18,8393 watt, Sedangkan pada perbandingan diameter sudu turbin 2,80 m daya yang di hasilkan pada saat putaran rpm 110 menghhasilkan daya sebesar 13,5535 Watt, pada putaran 70 rpm menghhasilkan daya sebesar 15,8124 watt. Dalam perbandingan diameter sudu turbin ini dapat diketahui bahwa daya yang paling besar pada sudu turbin berdiameter 2,40 m menghhasilkan daya sebesar 19,9606 Watt.

Pada grafik diatas menjelaskan bahwa daya turbin paling besar terdapat pada diameter sudu 2,40 m dikarenakan bahwa penangkapan angin terhadap sudu diameter 2,40 m diblok secara sempurna atau tidak terbuang.



Gambar 3. Grafik hubungan pengaruh rpm dengan efisiensi turbin terhadap pada variasi deameter sudu turbin

Dari gambar 3. grafik hubungan pengaruh putaran (rpm) pada efisiensi turbin dapat diketahui bahwa setiap variasi rpm dengan berkelipatan 10 yang diberikan ke turbin memiliki efisiensi yang berbeda beda. Pada perbandingan diameter sudu turbin 2 m efisiensi yang di hasilkan pada saat putaran rpm 110 menghhasilkan efisiensi sebesar 10,0294 %, pada putaran 70 rpm menghhasilkan efisiensi sebesar 9,9485 %, Sedangkan pada perbandingan diameter sudu turbin 2,40 m efisiensi yang di hasilkan pada saat putaran rpm 110 menghhasilkan efisiensi sebesar 8,1023 %, pada putaran 70 rpm menghhasilkan efisiensi sebesar 8,8515 %, Sedangkan pada perbandingan diameter sudu turbin 2,80 m efisiensi yang di hasilkan pada saat putaran rpm 110 menghhasilkan efisiensi sebesar 5,3263 %, pada putaran 70 rpm menghhasilkan efisiensi sebesar 6,2141 %. Dalam perbandingan diameter sudu turbin ini dapat diketahui bahwa efisiensi yang paling besar pada sudu turbin berdiameter 2,40 m menghhasilkan efisiensi sebesar 10,6263 %, hal yang paling penting dalam penelitian mengenai turbin angin adalah kemampuan sudu turbin untuk mengubah energi angin menjadi energi mekanik, kemampuan sudu turbin ini juga dapat dilihat melalui efisiensi turbin, faktor utama yang mempengaruhi besarnya efisiensi yang diperoleh adalah banyaknya angin cukup besar disekitar lokasi pengujian.



Gambar 4. Grafik hubungan pengaruh rpm dengan efisiensi turbin terhadap pada variasi deameter sudu turbin

Dari gambar 4. Tip speed rasion adalah kecepatan ujung sudu terhadap kecepatan angin bebas, Untuk kecepatan angin nominal yang tertentu, tiip speed ratio akan berpengaruh pada putaran rotor, hubungan pengaruh putaran (Rpm) pada tiip speed ratio turbin dapat diketahui bahwa setiap variasi rpm dengan berkelipatan 10 (rpm) yang di berikan ke turbin memiliki tiip speed ratio (tsr) yang berbeda beda.

Pada diameter sudu turbin 2 m pada putaran 110 rpm tiip speed ratio (tsr) yang dihasilkan sebesar 2,8783, dengan menurunnya putaran 70 rpm dapat diketahui tiip speed ratio (tsr) yang dihasilkan sebesar 1,8316, Sedangkan untuk diameter sudu 2,40 m pada putaran 110 rpm tiip speed ratio (tsr) yang dihasilkan sebesar 3,454, dengan menurunnya putaran 70 rpm dapat diketahui tiip speed ratio (tsr) yang dihasilkan sebesar 12,198, Sedangkan untuk diameter sudu 2,80 m pada putaran 110 rpm tiip speed ratio (tsr) yang dihasilkan sebesar 4,0296, dengan menurunnya putaran 70 rpm dapat diketahui tiip speed ratio (tsr). yang dihasilkan sebesar 2,5643. Pada grafik diatas menjelaskan bahwa hubungan antara putaran (rpm) dan tiip speed ratio dengan variasi diameter sudu 2 m,2,40 m,2,80 m. Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada TSR rendah sudu model turbin angin berputar sangat pelan dan hampir seluruh aliran

angin hanya melawati sudu tanpa banyak daya yang di tangkap oleh sudu, Disisi lain,ketika nilai tsr terlalu besar sudu turbin angin berputar semakin kencang.

Kecepatan angin yang tersedia di desa cirebon Baru Kecamatan Labuhan Maringgai dengan kecepatan angin 4 m/s, Maka dari variasi diameter sudu turbin angin dengan pengujian tersebut menggunakan kecepatan angin yang sama dapat memutarakan poros turbin dengan kecepatan rpm dari hasil pengujian maka diperoleh data data sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil putaran porosturbin dari masing masing diameter

No	Diameter (m)	Putaran (Rpm)
1	2	120
2	2,40	140
3	2,80	124

Kesimpulan

Perbandingan diameter sudu rasio diameter 2 m, 2,40 m, 2,80 m, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Daya turbin angin tertinggi pada pengujian dengan menggunakan diameter sudu turbin 2,40 m,Dengan daya tertinggi yang dihasilkan turbin sebesar 19,9606 watt, Sedangkan daya yang terendah dihasilkan pada sudu berdiameter 2 m daya yang dihasilkan 12,9347 watt.
2. Efisiensi turbin angin pada pengujian dengan menggunakan diameter sudu turbin 2,40 m, Dengan Efisiensi tertinggi yang dihasilkan turbin sebesar 6,4077 %, sedangkan Efisiensi yang terendah dihasilkan pada sudu berdiameter 2,80 m Efisiensi yang dihasilkan sebesar 6,5659 %.
3. Putaran rata-rata yang dihasilkan pada poros turbin menghasilkan putaran sebesar 140 rpm pada diameter sudu 2,40 m, Sedangkan putaran 124 rpm pada diameter 2,80

m, Dan yang putaran 120 rpm pada diameter sudu 2 m.

Referensi

- [1]. Wardani I 2008. (<https://repository> Presentasi Menteri ESDM,11 April 2008).
- [2]. Mertens. S., Wind energy in the built environment: *Concetrator effects of buildings*, TU Delft, (2006), pp.3-14, Multi-Science.
- [3]. Daryanto. 2007. (<http://michael-suseno.blogspot.com/2011/09/turbin-angin.html>) Diakses Tanggal 10 Januari 2018