



EKSERGI Jurnal Teknik Energi Vol.16 No.2 Mei 2020; 49-59

RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN *ARCHIMEDES* DENGAN DUA SUDU

F. Gatot Sumarno*, Supriyo, Alfonsus Vito Kristian , Veriza Apriliani
Noorendrassari , Muhammad Nurul Falah, Muhammad Luthfiandi
Hilmawan,

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. H. Sudarto, S.H., Tembalang, Semarang, 50275
*E-mail: fgatots@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah membuat model dari Rancang Bangun Turbin Angin Archimedes Dengan Dua Sudu dan mendapatkan karakteristik turbin dari uji kinerja dengan variasi kecepatan angin dan beban torsi. Untuk mengumpulkan data dan informasi awal menggunakan studi pustaka dan observasi. Langkah pengujian uji kinerjanya dengan cara mencari daya kinetik, daya mekanik, luasan terluar turbin, pemberian variasi kecepatan dan beban mekanik dengan cara direm secara berkala. Dari pengujian model turbin Archimedes diperoleh TSR terbesar sebesar 1,176, daya mekanik sebesar 9,992 W dengan Coeficient of Performance (C_p) sebesar 0,10 pada kecepatan angin 7 m/s untuk nilai terbesarnya. Dari data yang didapat digunakan untuk membuat grafik karakteristik turbin angin Archimedes dengan dua sudu.

Kata Kunci: Rancang bangun turbin, Turbin angin archimedes dua sudu, Uji kinerja turbin angin

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi listrik akan terus menerus meningkat seiring kemajuan teknologi serta berkembangnya ekonomi dunia. Ketersediaan energi listrik dari fosil yang sifatnya terbatas, diprediksi kebutuhan energi listrik akan sulit dipenuhi. Hal ini mendorong berbagai penelitian mengenai sumber energi alternatif. Mulai dari pengembangan untuk alat yang sudah ada hingga menciptakan suatu inovasi baru.

Pengembangan dan penciptaan inovasi tersebut banyak dilakukan bukan hanya dari pemerintah, melainkan dari swasta baik perusahaan maupun individu. Untuk itu kami sebagai mahasiswa ingin berkontribusi dengan memberi referensi model turbin angin baru yakni Turbin Angin *Archimedes* Dengan Dua Sudu yang diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu *rotor* yang menggerakkan generator guna membangkitkan energi listrik.

Dalam pembuatan model turbin angin ini menggunakan bahan – bahan yang mudah dibentuk dan mudah didapat. Hasilnya berupa turbin angin *Archimedes* dengan dua sudu yang memiliki bentuk seperti mahkota bunga mawar yang mekar. Dimana turbin ini

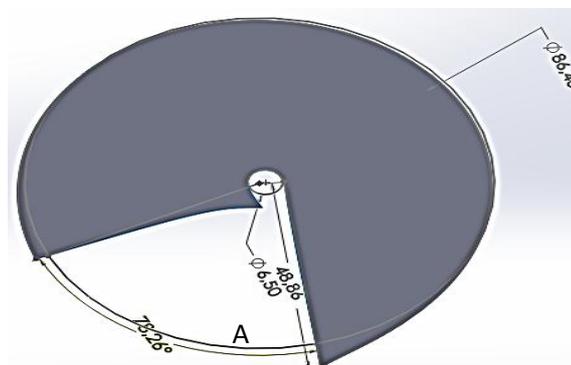
merupakan turbin angin jenis sumbu horizontal atau *Horizontal Wind Axis Turbine* (HAWT) yang sangat cocok diaplikasikan untuk kecepatan angin rendah hingga sedang. Turbin ini tidak memerlukan torsi awal saat angin yang berhembus hanya berkecepatan rendah dan hampir tidak mengeluarkan suara. Diharapkan penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi pembelajaran teknologi turbin angin.

METODE PENELITIAN

Proses Pembuatan Bentangan Sudu

Bentangan sudu berbentuk lingkaran tidak penuh bersudut 282° dengan diameter 864 mm dengan sedikit tambahan pada ujung lancip. Bentangan sudu dibuat sebanyak 2 buah. Sudu turbin berasal dari plat alumunium ukuran $1 \times 1 \text{ m}^2$ dengan tebal 0,8 mm. Pemilihan alumunium sebagai bahan sudu supaya ringan, tahan korosi, kuat, mudah perawatannya dan dapat berputar cepat. Dalam pembuatannya menggunakan mesin CNC, bor, dan komputer. Adapun cara pembuatannya sebagai berikut :

- Mempelajari gambar dan melakukan cek ukuran bahan yang akan digunakan. Merubah file desain berformat SLDPRT (format Solidwork) menjadi IGS (format input mesin CNC).
- Mengaktifkan mesin CNC, menyambungkan CNC dengan komputer. Kemudian memasukan file IGS ke mesin CNC sebagai input perintah.
- Memasukan plat alumunium ke dalam mesin.
- Mengoperasikan mesin CNC untuk memotong plat sesuai inputan.
- Setelah hasil dari mesin CNC selesai, membuat lubang 6 mm di bagian "A" sebanyak 4 buah lubang, menyesuaikan lubang di *strate plate*.



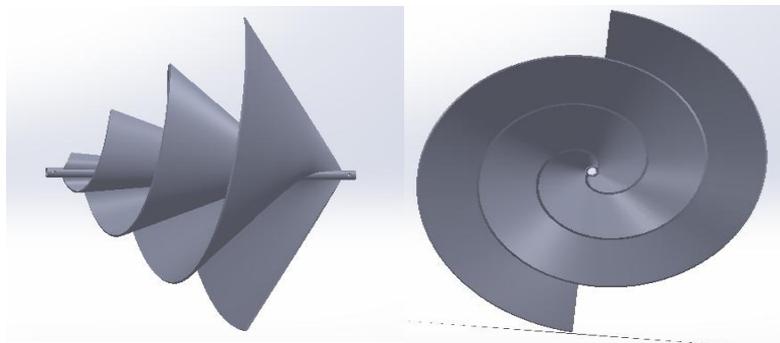
Gambar 1. Bentangan Sudu Turbin Angin *Archimedes*

Proses Pembuatan Sudu Turbin

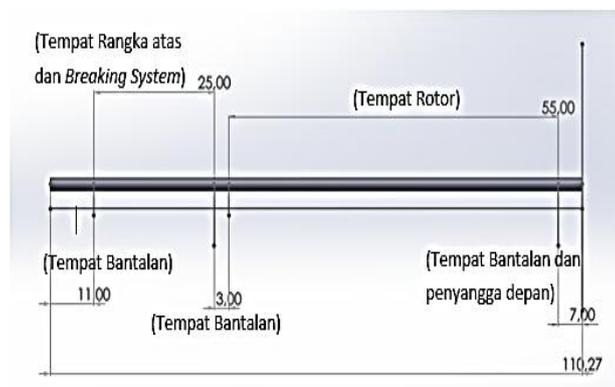
Dari hasil pembuatan bentangan sudu, kemudian dengan menggunakan beberapa alat bantu seperti mesin *Roll*, *tool rivet*, mesin las, tang, amplas, meteran, *protactor*, dan bahan

tambahan berupa 2 buah *strate plate*, 8 buah baut 6mm, 4 buah besi silinder diameter 6 mm untuk rangka penguat sudu, dempul dan sebuah poros besi ST 42, lalu dibuatlah sudu turbin yang berbentuk spiral.

- a. Me – roll plat dengan mesin roll hingga berbentuk spiral. nantinya dipotong menjadi Kemudian bentangan tadi di – roll supaya membentuk *spiral*.
- b. Mengelas *strate plate* dengan poros besi ST 42, menggerinda hasil las supaya rapi dan tidak mengganggu pemasangan bentangan sudu turbin. Kemudian memasang bentangan yang sudah di – roll tadi ke poros dengan menjepitkannya di *strate plate*.
- c. Memasang baut ke dalam lubang pada bentangan sudu yang sudah disesuaikan dengan lubang di *strate plate*.
- d. Merapikan sudu yang sudah terpasang di *strate plate* dengan menyesuaikan ukuran di kertas gambar. Dengan cara memeriksa panjang dan sudut sudu.
- e. Jika belum sesuai, menarik, dan menekuk bagian yang masih salah dengan bantuan tang.
- f. Setelah sesuai, memasang besi silinder 6mm di area terluar sudu sebagai penguat sudu agar ketika berputar tidak bergetar, koyak lalu terlepas.
- g. Mendempul bagian yang masih memiliki celah, kemudian mengamplasnya.



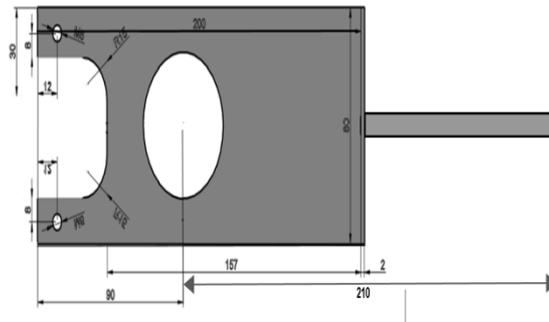
Gambar 2. Sudu Turbin Angin Archimedes



Gambar 3. Desain Poros diameter 19 mm

Brakeing System

Digunakan sebagai beban mekanik dengan cara mengerem putaran. Terbuat dari plat besi yang dibubut dan diberi bantalan pada bagian tengahnya kemudian dipasang rem sepeda dan dipasangkan dengan cakram sepeda.



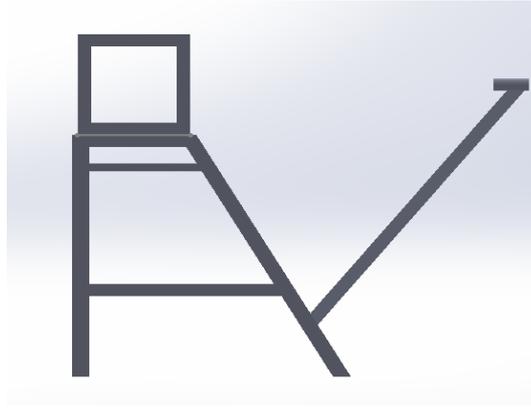
Gambar 4. Desain Plat *Brakeing System*

Rangka Turbin

Terdiri dari rangka atas dan rangka bawah. Rangka atas terbuat dari besi siku dengan tebal 4mm. Dan rangka bawah terbuat dari besi siku dengan tebal 4mm dan besi *hollow*. Penyangga turbin yang terbuat dari besi siku dengan tebal 4mm dengan sisi atas terpasang *Pillow Block Bearing* tipe P 0204 (dengan cara dilas) dan sisi bawahnya terdapat dudukan untuk pemasangan mur dan baut terhadap rangka bawah turbin.



Gambar 5. Rangka Turbin Atas dan Bawah



Gambar 6. Rangka Turbin dan Rangka Penyangga Sudu

Pemasangan

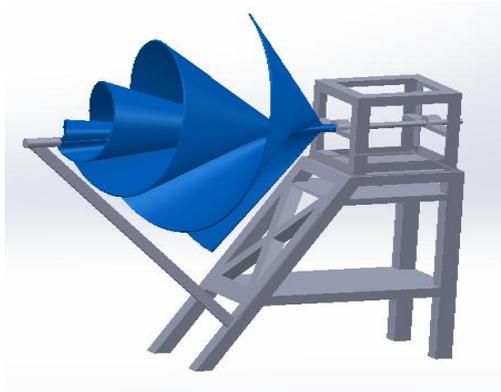
Langkah pemasangan atau kegiatan *Assembling* merupakan suatu proses penggabungan komponen- komponen mesin atau bahan menjadi satu kesatuan dengan memperhatikan urutan yang telah ditentukan, sehingga menjadi sebuah mesin yang siap digunakan sesuai dengan yang diperhitungkan dan tujuan yang telah direncanakan.

Langkah awal untuk melakukan pemasangan adalah melakukan pengecekan komponen-komponen yang akan dipasang, menyiapkan alat bantu dalam pemasangan komponen-komponen serta melakukan langkah-langkah pemasangan

Langkah pemasangan yang dilakukan diuraikan sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan gambar rancangan.
- b. Mempersiapkan alat dan bagian turbin.
- c. Memasang rangka atas turbin dengan rangka bawah turbin dengan memberi baut L d6 2 buah, mengencangi baut dengan kunci L.
- d. Memasang *Pillow Block Bearing* tipe P 0204 pada rangka atas, memberi mur baut d14 dan mengencangkan dengan kunci kombinasi d14.
- e. Memasukkan poros turbin yang sudah terpasang rotor turbin, ke dalam lubang bantalan pertama, kemudian memasangkan *Brake System* (plat baja, dudukan *disk brake* dan dudukan *caliper* rem). Setelah itu memasukkan poros turbin ke lubang bantalan kedua. Mengunci poros turbin dengan memasang baut L d6 pada lubang bantalan – bantalan yang ada.
- f. Memasang rangka penyangga turbin dengan memasangkan poros di ujung terdepan turbin ke lubang bantalan rangka penyangga. Kemudian memasang rangka penyangga ke rangka bawah.
- g. Mengunci bantalan rangka penyangga dengan poros menggunakan mur baut d6. Mengunci rangka penyangga dengan rangka bawah menggunakan mur – baut d12.

- h. Memeriksa rangkaian sebelum dioperasikan.



Gambar 7. Hasil Assembling Bagian – bagian Turbin Angin *Archimedes*

Prosedur Pengujian

Tahapan pengujian alat merupakan tahapan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan alat untuk beroperasi dan menghasilkan daya. Adapun pengujian ini adalah untuk mendapatkan daya mekanik yang digunakan untuk mencari nilai *Coefficient of Performance* (C_p) turbin. Nilai C_p akan digunakan untuk membuat karakteristik turbin terhadap *Tip Speed Ratio* (TSR).

Pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi kecepatan angin dan beban dari *Brakeing System*. Variasi kecepatan angin dilakukan dengan cara mengatur jarak *blower* dengan turbin, sedangkan variasi beban dilakukan dengan cara mengerem secara berkala hingga turbin berhenti berputar.

Langkah – langkah pengujian Turbin Angin *Archimedes* dengan dua sudu dilakukan dengan cara :

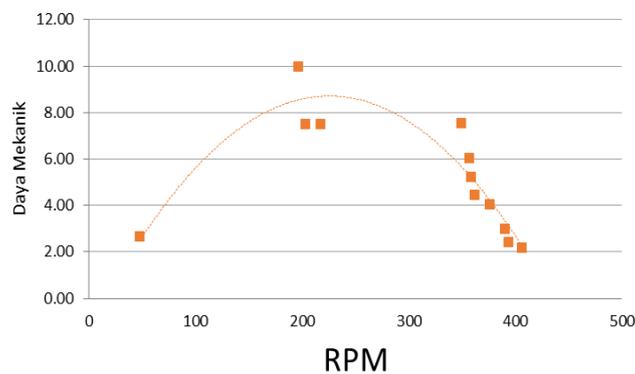
- a. Mempersiapkan peralatan bantu yang akan digunakan untuk uji kinerja turbin seperti *blower*, neraca, *tachometer*, *anemometer*, *hygrometer*.
- b. Merangkai peralatan dengan benar.
- c. Memeriksa rangkaian dan memastikan rangkaian yang akan diuji sudah benar.
- d. Mengukur massa jenis udara menggunakan *Hygrometer*.
- e. Mengatur jarak antara *blower* dengan turbin angin *Archimedes* agar menghasilkan kecepatan angin 7 m/s, 8 m/s, 9 m/s, 10 m/s dan 11 m/s yang diukur menggunakan *anemometer*.
- f. Mengaktifkan *Blower*.
- g. Mengukur kecepatan putaran poros menggunakan *tachometer*. Dan mengukur beban mekanik pada lengan torsi menggunakan neraca.
- h. Mencatat data yang ditunjukkan oleh alat ukur.

- i. Mengulangi langkah g – h, dengan variasi beban mekanik yang berbeda. Mengatur penambahan beban mekanik dengan mengatur rem pada *caliper rem* secara berkala, hingga turbin berhenti.
- j. Mengulangi langkah e – i untuk variasi kecepatan angin yang berbeda.
- k. Jika sudah selesai mematikan blower.
- l. Membereskan alat dan merapikannya seperti semula.
- m. Mengolah data yang telah didapat dan menganalisisnya. Memasukan data dalam tabel dan membuat grafik karakteristik turbin.

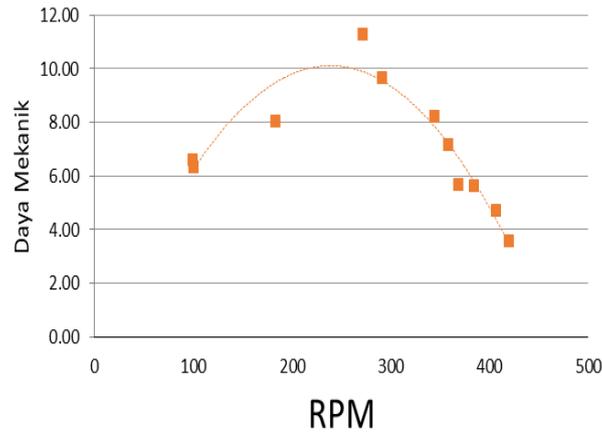
Analisa Data

Analisa data dilakukan dengan cara membandingkan kurva- kurva karakteristik hasil pengolahan data. Pengujian turbin angin *Archimedes* dilakukan pada kecepatan angin 7 m/s, 8 m/s, 9 m/s, 10 m/s dan 11 m/s. Tabel 4.1 merupakan data hasil pengujian turbin angin *Archimedes* pada kecepatan angin 7 m/s. Parameter pengukuran meliputi kecepatan angin (v), kecepatan putaran turbin (n), massa (m).

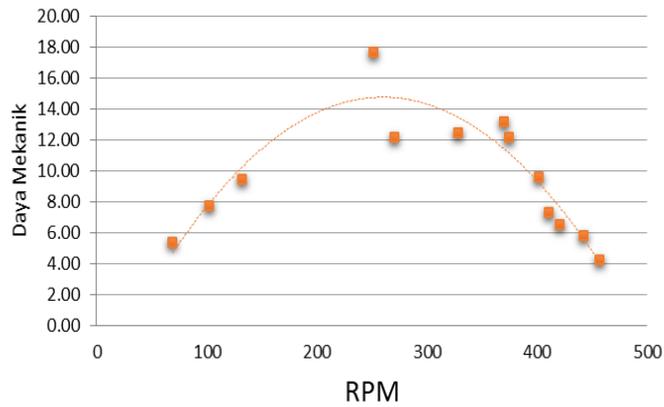
HASIL DAN PEMBAHASAN



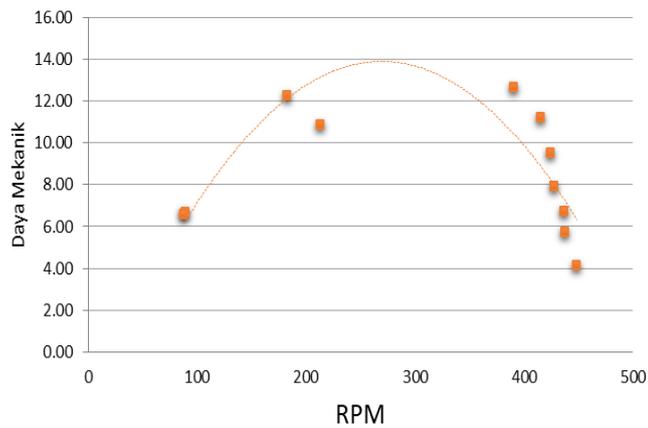
Gambar 8. Grafik perbandingan karakteristik daya mekanik terhadap putaran dengan variasi kecepatan angin 7 m/s



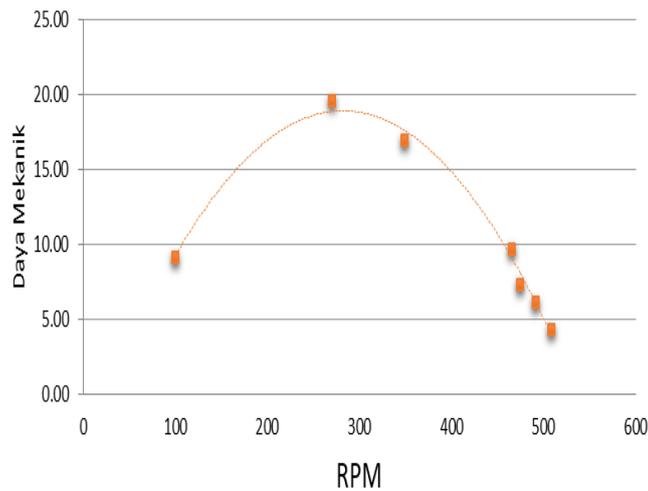
Gambar 9. Grafik perbandingan karakteristik daya mekanik terhadap putaran dengan variasi kecepatan angin 8 m/s



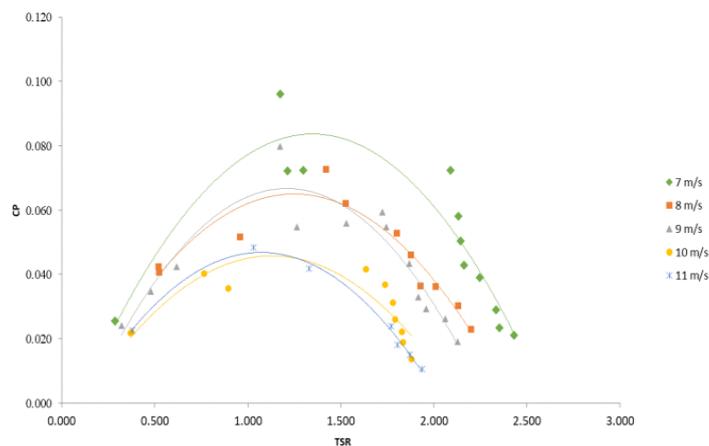
Gambar 10. Grafik perbandingan karakteristik daya mekanik terhadap putaran dengan variasi kecepatan angin 9 m/s



Gambar 11. Grafik perbandingan karakteristik daya mekanik terhadap putaran dengan variasi kecepatan angin 10 m/s



Gambar 12. Grafik perbandingan karakteristik daya mekanik terhadap putaran dengan variasi kecepatan angin 11 m/s



Gambar 13. Grafik perbandingan karakteristik TSR terhadap Cp dengan variasi kecepatan angin pada Turbin Angin *Archimedes* dengan Dua Sudu

Grafik di atas adalah hasil pengujian menggunakan turbin angin *Archimedes*. Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa untuk tren grafik daya mekanik terhadap putaran terjadi kenaikan hingga optimum dan kemudian mengalami penurunan hingga nol.

Turbin angin *Archimedes* pada kecepatan angin 7 m/s menghasilkan daya mekanik optimum sebesar 9,992 Watt pada putaran (n) sebesar 196,68 rpm. Kecepatan angin 8 m/s menghasilkan daya mekanik optimum sebesar 11,287 Watt pada putaran (n) sebesar 271,54 rpm. Kecepatan angin 9 m/s menghasilkan daya mekanik optimum sebesar 17,673 Watt pada putaran (n) sebesar 252,3 rpm. Kecepatan angin 10 m/s menghasilkan daya mekanik optimum sebesar 12,634 Watt pada putaran (n) sebesar 390,78 rpm. Kecepatan

angin 11 m/s menghasilkan daya mekanik optimum sebesar 19,58 Watt pada putaran (n) sebesar 270,6 rpm.

Grafik di atas adalah hasil pengujian menggunakan turbin angin *Archimedes*. Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa untuk TSR dan C_p sendiri terdapat satu besaran yang sangat berpengaruh terhadap variasi perubahan nilai dari TSR dan C_p . Besaran tersebut adalah kecepatan angin, untuk tiap kenaikan kecepatan angin sebanding dengan penambahan koefisien daya namun berbanding terbalik dengan tip speed ratio (berdasarkan persamaan).

Turbin angin *Archimedes* pada kecepatan angin 7 m/s menghasilkan C_p optimum sebesar 0,10 dan *Tip Speed Ratio* optimum sebesar 1,176 pada putaran (n) sebesar 196,68 rpm. Kecepatan angin 8 m/s menghasilkan C_p optimum sebesar 0,07 dan *Tip Speed Ratio* optimum sebesar 1,421 pada putaran (n) sebesar 271,5 rpm. Kecepatan angin 9 m/s menghasilkan C_p optimum sebesar 0,08 dan *Tip Speed Ratio* optimum sebesar 1,174 pada putaran (n) sebesar 252,3 rpm. Kecepatan angin 10 m/s menghasilkan C_p optimum sebesar 0,042 dan *Tip Speed Ratio* optimum sebesar 1,818 pada putaran (n) sebesar 390,78 rpm. Kecepatan angin 11 m/s menghasilkan C_p optimum sebesar 0,048 dan *Tip Speed Ratio* optimum sebesar 1,133 pada putaran (n) sebesar 270,6 rpm.

SIMPULAN

Setelah melakukan pengujian pada Rancang Bangun Turbin *Archimedes* dengan Dua Sudu dapat disimpulkan bahwa :

1. Spesifikasi Turbin Angin *Archimedes* dengan dua sudu yaitu:
 - a. Diameter sudu serang paling luarnya 800 mm.
 - b. Dengan panjang sudu 550 mm.
 - c. Bahan sudu terbuat dari alumunium dengan tebal 0,8 mm
 - d. Jumlah sudu 2 buah.
2. Pengujian dilakukan pada kecepatan angin 7 m/s, 8 m/s, 9 m/s, 10 m/s, dan 11 m/s. Berdasarkan parameter uji tersebut diperoleh hasil kinerja terbaik dari turbin angin *Archimedes* dengan dua sudu sebagai berikut :
 - a. Model turbin angin *Archimedes* diperoleh C_p optimum sebesar 0,10 dan TSR sebesar 1,176 pada kecepatan angin 7 m/s dengan putaran (n) sebesar 196,68 rpm, daya kinetik sebesar 104,1360 W dan daya mekanik sebesar 9,992 W.
3. Turbin ini cocok untuk kecepatan angin tinggi karena berdasarkan hasil pengujian C_p terbaik terjadi pada pengujian menggunakan kecepatan angin 7 m/s, sehingga

berdasarkan data kecepatan angin di Indonesia, jenis turbin ini tidak cocok dikembangkan di Indonesia.

4. Semakin besar kecepatan angin yang digunakan dalam pengujian daya mekanik semakin besar namun C_p semakin kecil.
5. Pengujian dilakukan pada kecepatan angin 7 m/s karena pada kecepatan angin dibawah 7 m/s turbin tidak dapat memutar. Turbin umumnya dapat bekerja pada kecepatan angin 5 m/s – 7 m/s.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al –Bar, Ahmad S., dkk. 2017. Pembuatan Model Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Angin Kombinasi *Darrieus Savonius*. Semarang
- [2] Hau, Erich. 2006. *Wind Turbines. “Fundamental, Technologies, Application, Economics 2nd”*. Germany
- [3] Kim, Kyung Chun and Friends. 2014. *Experimental and Numerical Study of the Aerodynamic Characteristics of an Archimedes Spiral Wind Turbine Blade*. South Korea
- [4] Muller, Gerald; James Senior. 2009. *Théorie Simplifiée de la vis d'Archimède*. Great Britain: University of Southampton
- [5] Prihananto, Dhandung. 2017. Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Kemiringan Sudu, Posisi Vertikal Turbin *Cross Flow* Dan Sudut Pengarah Aliran (*Guide Vane*) Terhadap Daya Poros Yang Dihasilkan Pada Sistem Pemulihan Energi Terintegrasi Dengan Menara Pendingin. Surakarta
- [6] S. Sandeep Divani and Friends. 2017. *Design, Fabrication and Aerodynamic Analysis of a Modified Archimedes Wind Turbine*. India