

PERANCANGAN TEKNOLOGI PEMBANGKIT LISTRIK BERBASIS KINCIR ANGIN KECEPATAN RENDAH DENGAN MENGGUNAKAN *DIFFUSER* UNTUK PERUMAHAN DI DAERAH PESISIR PANTAI DI SULAWESI TENGGARA

Jenny Delly, Ridway Balaka, dan Aditya Rachman

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Haluoleo, Kendari

E-mail: jennydelly@yahoo.com

Abstrak

Energi memiliki peran penting dalam pembangunan suatu daerah. Listrik adalah salah satu bentuk energi yang telah diterima sebagai salah satu elemen pendorong pembangunan ekonomi. Sulawesi Tenggara, yang merupakan salah satu daerah yang sedang berkembang di Indonesia, tampaknya masih memiliki masalah penyediaan listrik untuk masyarakat. Listrik perkapita untuk provinsi ini adalah sekitar 50 watt, jauh dibanding rata-rata di Indonesia yang hampir sekitar 200 watt. Jumlah desa dengan koneksi listrik adalah 1440 dari total lebih dari 2000 desa. Menurut data dari pemerintah, hampir sekitar 40% dari jumlah total desa ini berada di daerah pesisir. Teknologi pembangkit berbasis turbin angin yang terintegrasi ke perumahan penduduk dapat menjadi salah satu pilihan dalam mendukung penyediaan listrik untuk masyarakat di daerah pesisir. Namun, selama ini kecepatan angin disekitar bangunan yang rendah telah menjadi kendala dalam aplikasi teknologi ini karena rendahnya nilai kinerja. Penambahan diffuser dipercaya dapat meningkatkan kecepatan angin dalam turbin, sehingga akan meningkatkan kinerja. Tujuan dari penelitian ini adalah perancangan turbin angin dengan *diffuser*, untuk membantu mendukung penyediaan listrik di daerah pesisir. Aktifitas yang dilakukan berupa pendesainan, dengan menggunakan model *Blade Element Momentum* dan data empiris dari penelitian di beberapa referensi, dan pengujian dilapangan dengan menggunakan mobil, sebagai pengganti *wind tunnel*.

Katakunci: *turbin, angin, diffuser, kecepatan*

Abstract

Power Plant Design Technology Based Windmill Low Speed With Diffuser for Residential Areas in Coastal Marine in Southeast of Sulawesi. Energy has an important role in the development of a region. Electricity is a form of energy that has been accepted as one of the driving element of economic development. Southeast Sulawesi, which is one area that is growing in Indonesia, seems to still have the problem of providing electricity to the public. Electricity per capita for the province is about 50 watts, far less than the average in Indonesia, which nearly led about 200 watts. Number of villages with electricity were connections is 1440 of a total of more than 2000 villages. According to government data, nearly 40% of the total number of villages are located in coastal areas. Wind turbine-based generation technology that integrated to housing residents may be one option to support the provision of electricity to communities in coastal areas. However, this speeds during low wind around buildings has been an obstacle in the application of this technology because of the low value of the performance. The addition of the diffuser is believed to increase the speed of the wind turbine, thereby increasing performance. The purpose of this research is the design of a wind turbine with a diffuser, to help support the provision of electricity coastal areas. Activities conducted in the form of designing, using Blade Element Momentum models and empirical data from studies in several references, and field testing using the car, instead of wind tunnels.

Keywords: *turbine, wind, diffuser, speed.*

1. Pendahuluan

Pertumbuhan ekonomi dan peningkatan standar hidup masyarakat secara langsung atau tidak langsung memiliki keterkaitan dengan meningkatnya penggunaan energi (Nguyen KQ, 2006). Listrik adalah salah satu bentuk energi yang telah diterima sebagai salah satu kekuatan pendorong pembangunan ekonomi semua negara (Kaundinya et al, 2009).

Menurut data dari Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia (ESDM, 2011), rasio kelistrikan di Indonesia adalah 67%. Sisa dari jumlah persentasi ini, yaitu ekuivalen dengan 19 juta rumah tangga, masih belum mendapatkan akses listrik. Diyakini bahwa sebagian besar dari 19 juta rumah tangga tersebut tinggal di wilayah timur Indonesia yang sebagian wilayahnya merupakan daerah yang sedang berkembang (ESDM, 2011).

Salah satu faktor yang menghambat program penyediaan kelistrikan adalah kondisi topografi dan geografi suatu daerah. Kondisi geografi-topografi yang berkepulauan dan bergunung dan berbukit dari suatu wilayah dapat menyulitkan proses pelayanan penyediaan energi listrik sebagai akibat dari biaya distribusi dan transmisi yang besar (Dasuki, 2001).

Energi alternatif dengan menggunakan sumber terbarukan memiliki potensi untuk menyediakan pelayanan kelistrikan secara lokal. Hal ini akan mengurangi hambatan penyediaan listrik yang disebabkan oleh kendala geografi dan topografi.

Bagi masyarakat di wilayah pedesaan, pelayanan energi terbarukan berbasis bahan baku lokal memiliki potensi untuk memberikan penerangan rumah tangga, kesempatan belajar bagi anak-anak dan orang dewasa pada malam hari dan sumber energi untuk motor listrik kecil, seperti pompa air, untuk membantu meningkatkan kehidupan sosial dan ekonomi Menurut (Zou dkk, 2002). Penggunaan energi ini juga relatif tidak tergantung dari kendala keterbatasan, karena sebagian besar sumber-sumber energi ini dapat diperbaharui. Selain itu, sebagian besar sumber daya ini juga mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan relatif lebih kecil dibandingkan dengan sumber energi minyak, batubara dan gas.

Sulawesi Tenggara adalah salah satu provinsi yang sedang berkembang di wilayah timur Indonesia yang juga sepertinya memiliki masalah dalam

penyediaan listrik bagi masyarakat. Jumlah total daya listrik yang digunakan oleh pelanggan adalah 356 GWH (BPS, 2010), yang ekuivalen dengan listrik-perkapita sekitar 50 watt (Pada tahun 2009, konsumsi total listrik di Indonesia adalah 155 TWH atau ekuivalen dengan listrik-perkapita kapita watt 174 (Badan Energi Internasional (IEA, 2012)). Menurut Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Sulawesi Tenggara (Sultra ESDM, 2011), provinsi ini memiliki rasio elektrifikasi sebesar 56%.

Provinsi ini terdiri dari pulau utama dan beberapa pulau kecil, yang dibagi secara administratif menjadi sepuluh kabupaten dan dua kota. Jumlah desa lebih dari 2,000 di mana hampir 40% dari jumlah ini tinggal di daerah pesisir (BPS 2010). Secara topografi, Sulawesi Tenggara memiliki karakteristik permukaan tanah bergunung-gunung dan bergelombang. Luas daerah pegunungan adalah 1.868.860 ha, yang sebagian besar berada pada ketinggian antara 100 sampai 500 meter dengan kemiringan 40 derajat (BPS 2010). Dari jumlah total desa yang lebih dari 2,000, hampir 40% menempati daerah pesisir (BPS, 2010).

Teknologi pembangkit berbasis energi angin terintegrasi di perumahan dapat menjadi salah satu pilihan dalam mendukung penyediaan listrik secara lokal dan bersih di daerah pesisir. Selain itu, pengintegrasian di perumahan akan mengurangi rugi-rugi daya pada transmisi listrik. Data ESDM Sultra menunjukkan bahwa kecepatan angin rata-rata di sebagian besar daerah pesisir di provinsi ini adalah 3-5 m/s (ESDM Sultra, 2010). Tujuan penelitian ini adalah merancang teknologi turbin angin dengan menggunakan *diffuser* (Tahun I). dan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan *diffuser* terhadap kinerja turbin (tahunII), dengan melakukan pengujian dilapangan dan membandingkannya dengan turbin tanpa *diffuser*.

Kontribusi dalam penelitian ini adalah informasi dalam pendesainan turbin horizontal kecepatan rendah yang di integrasikan di perumahan. Bentuk informasi berupa pengaruh penambahan *diffuser* terhadap kinerja turbin. Diharapkan, dalam penelitian ini ada sebuah rekomendasi berupa dimensi dan bentuk turbin *diffuser* untuk menghasilkan kinerja maksimum. Informasi ini juga dapat menjadi acuan dalam menilai keekonomian dari aplikasi turbin menggunakan

diffuser yang terintegrasi di perumahan untuk masyarakat didaerah pesisir pantai.

Patuh (2008) melakukan penelitian terhadap turbin angin *savonius* dengan variasi bentuk sudu plat dan *airfoil*. Cerobong penyearah angin ditempatkan diantara sumber angin dan turbin angin untuk mengurangi faktor turbulensi. Kecepatan angin yang digunakan terdapat empat variasi yaitu 2,05 m/s, 2,55 m/s, 2,97 m/s dan 5,63 m/s. Hasil penelitian ditampilkan dalam sebuah kurva karakteristik ($C_p-\lambda$) untuk setiap variasi bentuk sudu dan kecepatan angin. Turbin angin *savonius* sudu plat memiliki nilai C_{pmax} dan daya yang lebih baik dibanding dengan turbin angin *savonius* sudu *airfoil*. Ini menunjukkan bahwa turbin angin *savonius* sudu plat memiliki kinerja yang lebih baik dibanding turbin angin *savonius* sudu *airfoil*. Turbin angin *savonius* sudu plat dan sudu *airfoil* merupakan turbin angin sumbu vertikal yang bisa *self starting*. Nilai *cut in speed* untuk sudu plat sebesar 0,78 m/s, sedangkan untuk sudu *airfoil* sebesar 0,23 m/s.

Slamet (2008) melakukan penelitian dengan memanfaatkan *drag force* dan *lift force* dengan membuat sudu berbentuk *airfoil*, menggunakan jenis poros vertikal untuk tetap mempertahankan *lower cost of installation and easier accessibility for maintenance and repairs*. Obyek penelitian berupa turbin angin poros vertikal dengan rotor tipe *savonius* dan sudu *airfoil* yang memiliki luas penampang sapuan rotor 1,28 m². Pengujian dilakukan dengan sumber angin yang berasal dari *stand fan*. Cerobong penyearah angin ditempatkan diantara sumber angin dan turbin angin yang bertujuan untuk mengurangi turbulensi. Kecepatan angin pada pengujian ini ada tiga variasi, yaitu 3,37 m/s, 3,58 m/s, dan 4,06 m/s, yang masing-masing merupakan kecepatan angin rata-rata dari *stand fan*. Hasil penelitian ditampilkan dalam bentuk grafik karakteristik koefisien daya terhadap tip *speed ratio* ($C_p-\lambda$) untuk setiap variasi kecepatan angin dan variasi tanpa dan menggunakan cerobong penyearah. Nilai *cut in speed* tanpa menggunakan cerobong penyearah sebesar 2,84 m/s, sedangkan dengan menggunakan cerobong penyearah sebesar 1,42 m/s. Turbin angin tanpa menggunakan cerobong penyearah memiliki C_p maksimal 0,141 (14,1%) yang diperoleh pada kecepatan angin 3,58 m/s, sedangkan turbin angin dengan menggunakan cerobong penyearah memiliki C_p maksimal 0,062 (6,2 %) yang diperoleh pada kecepatan angin 3,58

m/s. daya maksimal yang dihasilkan tanpa menggunakan cerobong penyearah adalah 6,45 watt pada putaran rotor 48,98 rpm, sedangkan daya maksimal yang dihasilkan dengan menggunakan cerobong penyearah adalah 2,94 watt pada putaran rotor 37,36 rpm.

Penambahan diffuser

Kinerja turbin dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kecepatan angin dan luas sapuan (Manwell dkk, 2002). Penambahan *diffuser* atau selubung dipercaya dapat meningkatkan kecepatan angin pada turbin, sehingga memungkinkan untuk meningkatkan kinerja turbin. Beberapa studi, dengan metode eksperimen lapangan dan simulasi, telah mencoba meneliti pengaruh *diffuser* atau selubung terhadap kinerja turbin.

Anzai dkk (2004) dan Wang dkk (2008) melakukan penelitian tentang turbin angin yang menggunakan selubung nosel. Studi ini menunjukkan bahwa koefisien kinerja turbin dapat setinggi 0.55.

Hansen dkk (2000) meneliti turbin angin yang menggunakan *diffuser* berbentuk *airfoil* dengan menggunakan simulasi CFD. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan *diffuser* berbentuk *airfoil* dapat meningkatkan kinerja turbin.

Sebuah turbin dengan konfigurasi selubung diteliti (Hua dkk, 2007). Dengan menggunakan simulasi CFD, terlihat bahwa kecepatan angin dalam selubung meningkat dengan faktor 2.1 dibandingkan dengan kecepatan sekitar.

Sebuah turbin dengan *diffuser* bergelang telah diselidiki oleh Matsushima dkk. (2006) dan Ohya dkk. (2004) dengan menggunakan analisis terowongan angin, analisis CFD dan percobaan lapangan. Studi-studi ini menunjukkan bahwa kecepatan dalam *diffuser* lebih tinggi dari kecepatan angin disekitar. Menurut Ohya (2004), penambahan *diffuser* akan membentuk zona tekanan rendah didaerah dibelakang turbin, sehingga dapat menyerap lebih angin dari luar sehingga meningkatkan kecepatan didalam selubung.

2. Metodologi Penelitian

Tempat, Alat, dan Bahan Penelitian

Studi ini dilakukan dengan metoda eksperimen pada model turbin angin horizontal dengan menggunakan mobil untuk memberikan pengaruh aliran udara.

Pembuatan model turbin angin

Pembuatan model turbin angin dilakukan di Laboratorium Teknologi Mekanik Fakultas Teknik Universitas Haluoleo Kendari.

Model turbin didesain dengan tiga buah sudu dengan jari-jari 30 cm. Bentuk sudu adalah plat. Lebar sudu dibawah (*hub*) adalah 5 cm dan lebar sudu diatas (*tip*) adalah 13 cm. Sudut kemiringan turbin adalah 20 derajat. Poros sudu turbin dihubungkan dengan sebuah *puley*, yang dihubungkan dengan sebuah generator yang terkoneksi dengan lampu.

Model ini juga didesain untuk dapat dimodifikasi untuk penempatan selubung, yang berupa *diffuser*.

Metode eksperimen

Model turbin ditempatkan di bagian belakang (*box*) sebuah mobil *pickup*. Mobil dijalankan dan kecepatannya diatur sehingga kecepatan angin arah berlawanan (dengan arah mobil) sesuai yang diinginkan. Kecepatan angin arah berlawanan ini dijadikan sebagai kecepatan angin yang bekerja pada turbin. Kecepatan angin ini diukur dengan anemometer.



Gambar 1. Metoda eksperimen dengan mobil.



Gambar 2. Pengambilan data kecepatan angin.

Dalam studi ini, kecepatan angin adalah 4 m/s. Untuk masing-masing konfigurasi turbin (penambahan *diffuser* dan tanpa *diffuser*) akan diukur besar arus yang mengalir pada lampu untuk menentukan kinerja turbin (efisiensi), yaitu perbandingan antara energi tersedia oleh angin dengan energi yang dihasilkan oleh generator pada turbin angin.

Untuk dapat memberikan penjelasan dari hasil eksperimen, data putaran sudu turbin untuk setiap konfigurasi dalam eksperimen akan diukur dengan tachometer. Data kecepatan angin didalam selubung pada saat sudu dihilangkan juga akan diukur dengan anemometer

Fungsi dan Kegunaan dari Peralatan yang digunakan

1. Anemometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin.
2. *Tachometer* adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan putaran suatu benda, misalnya kecepatan roda, turbin, dsb
3. Palu berfungsi sebagai pemukul benda yang keras misalnya besi dibengkokkan, paku ditancapkan, dsb.
4. Gergaji sebagai alat pemotong benda keras, misalnya kayu dan besi.
5. Penggaris untuk mengukur benda yang akan dipotong
6. Kapur sebagai penanda garis, atau membuat garis.
7. Gunting sebagai alat pemotong sama seperti gergaji.
8. Las listrik berfungsi sebagai sarana untuk menyambungkan besi.
9. Gurinda sebagai alat pemotong juga sebagai alat pengikir besi yang tumpul.

3. Hasil dan Pembahasan

Gambar Hasil Penelitian

Setelah dilakukan perancangan dan pembuatan alat turbin angin vertikal dengan menggunakan *diffuser* seperti pada gambar dibawah ini menunjukkan bahwa alat tersebut sesuai dengan hasil perancangan dan telah menghasilkan listrik.

Dalam proses pengujian alat turbin angin kami, kami melakukan tiga percobaan yaitu menggunakan *diffuser*, *nozzle*, dan tidak menggunakan *diffuser* dan *nozzle*. Seperti tampak pada gambar di bawah ini :



Diffuser *Nozzle* Tanpa *diffuser*

Gambar 3. Foto turbin dengan *diffuser* dan tanpa *diffuser*.

Kegunaan *diffuser* pada turbin angin ini adalah sebagai alat yang mampu menambah tekanan pada turbin. Sehingga ini dapat mempermudah dan menambah tekanan angin pada turbin untuk berputar.

Proses pembuatan alat.

A. Desain

Turbin angin vertikal menggunakan *diffuser* merupakan sebuah alat yang menghasilkan listrik, dalam hal ini, penambahan *diffuser* kami lakukan karena ini merupakan suatu penelitian untuk membandingkan tekanan listrik antara turbin angin menggunakan *diffuser*, nozel, dan tanpa menggunakan keduanya.

Proses perancangannya tidak terlalu sulit, kita cukup menambahkan dudukan untuk *diffuser* dan nosel. Dudukan yang dibuat melingkar pada poros turbin dengan menggunakan pipa besi dan di pererat menggunakan baut dan mur. Hal ini di lakukan karena posisi dudukan akan di bolak balik sesuai keperluan percobaan.



Gambar 4. Desain dudukan *diffuser*.

B. Pengukuran

Dudukan Turbin/kaki

Pengukuran terhadap rangka dudukan dengan ukuran 90 cm x 90 cm, besi yang di gunakan adalah besi siku 5,5. Hal ini di karenakan kaki

turbin harus seimbang dengan poros, sudu, dan *diffuser*.

Poros/Tiang

Pengukuran pada tiang dengan panjang 120 cm, dan ukuran 2,5 inci. Pada bagian ujung atas tiang dilakukan pengelasan plat dengan panjang ± 15 cm dan dibaut berhubungan plat untuk dudukan poros *pulley* dan dinamo



Gambar 6. Tiang / poros.

Dudukan dinamo dan pulley

Pengukuran pada dudukan dinamo dan pulley dengan panjang 48 cm dan lebar 15 cm. Hal ini di lakukan agar dapat menyangga dinamo dan *pulley*.

Sudu

Pengukuran pada sudu harus sangat teliti, ini dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya putaran yang tidak rata. Jumlah sudu ada 4 daun, setiap ukuran daun sudu memiliki lebar 30 cm dan tinggi sudu adalah 35 cm sedangkan diameter lingkaran rangka sudu adalah 60 cm.



Gambar 7. Sudu / kipas.

Diffuser

Ukuran diameter lingkaran pada bagian depan *diffuser* adalah 80 cm, sedangkan pada lingkaran bagian belakang adalah 90 cm, dan panjang *diffuser* 110 cm, serta bagian dalam *diffuser* terdapat 10 batang besi strip ukuran 2,7 ini

berfungsi sebagai pemegang seng plat yang akan membungkus rangka *diffuser*.



Gambar 8. *Diffuser*.

C. Perakitan/ pengelasan

Hal pertama yang kami dilakukan yaitu, membuat kaki turbin dengan menggunakan besi siku 5x5 cm. kemudian pemasangan pipa sebagai tiang/poros dengan ketebalan tiang 2,5 inci, setelah itu pembuatan dudukan *pulley* dan dinamonya, kemudian membuat turbin/kipas dengan menggunakan plat, dan membuat 4 buah sudu yang masing-masing tingginya 35 cm dan lebarnya 30 cm serta lingkaran sebagai dudukan sudu yang berdiameter 60 cm, kemudian membuat poros sudu memakai pipa setebal 5 mm, setelah itu membuat lekukan pada sudu dan mengelas lingkaran pada sudu dan poros pipa untuk menahan lekukan sudu agar tidak kembali seperti semula. Kemudian memotong besi strip sebagai rangka *diffuser*, setelah itu seng plat digunting dengan ukuran rangka *diffuser*, kemudian membuat lubang pada rangka strip dan seng plat yang telah dipotong, lalu keduanya dipasang dengan menggunakan klem. Ujung bawah *diffuser* di pererat dengan menggunakan baut yang di pasang secara berlawanan, hal ini dilakukan untuk mengantisipasi lepasnya *diffuser*.

D. Transmisi

Transmisi untuk alat turbin angin menggunakan *diffuser* ini menggunakan dinamo, *pulley*, *fanbelt*, dan As (poros *pulley*). As/poros *pulley* terhubung oleh lahar di ikat oleh 2 buah mur dimana pully ini memiliki peran penting untuk menghasilkan listrik, *pulley* besar (6 inci) terhubung langsung oleh As pada sudu/turbin, pemasangan *fanbelt* sesuai dengan ukuran *pulley* 6 inci karena pemasangan kepala dinamonya juga bersentuhan langsung dengan *pulley* 6 inci tersebut. Ini dilakukan untuk

memaksimalkan putaran turbin agar aliran listrik dari dinamo lebih kuat.



Gambar 9. Transmisi.

Dalam proses pengujian alat turbin angin vertikal menggunakan *diffuser*, kami menggunakan tiga metode percobaan.

Adapun metode percobaan adalah sebagai berikut :

- a. Turbin angin dengan menggunakan *diffuser*.
 Pada percobaan ini kecepatan kendaraan 60km/jam, serta kecepatan angin yang digunakan adalah Maksimum 18,2 mph, rata-rata 12,7 mph, dan kecepatan putaran *pulley* 229 rpm. Pada percobaan ini listrik yang dihasilkan adalah 15 Watt dan dapat menyalakan 3 buah lampu redup.
- b. Turbin angin dengan menggunakan nozel
 Pada percobaan turbin ini kecepatan kendaraan 60km/jam, serta kecepatan angin yang digunakan adalah maksimum 11,6 mph dan rata-rata 8,7 mph dan kecepatan putaran *pulley* 178 rpm. Pada percobaan ini listrik yang dihasilkan adalah 10 watt dan hanya mampu menyalakan 2 buah lampu.
- c. Turbin angin tanpa *diffuser*
 Pada percobaan turbin ini kecepatan kendaraan 60km/jam. Serta kecepatan angin yang digunakan adalah max 14,2 mph dan average 9,7 mph, dan kecepatan putaran pully 548,5 rpm. Pada percobaan ini listrik yang dihasilkan adalah 15 watt dan mampu menyalakan 3 buah lampu terang.

Memakai <i>diffuser</i>		Tanpa memakai <i>diffuser</i>	
V	4 m/s	V	4 m/s
I	1.34 ampere	I	0.81 ampere
R	2 ohm	R	2 ohm

Effisiensi turbin dengan *diffuser*

$$\eta = \frac{\text{Daya yang dihasilkan oleh generator (Pgen)}}{\text{Daya angin yang tersedia (Pav)}}$$

$$= \frac{R I^2}{0.5 \rho \Pi R^2 V^3} = \frac{2 \cdot 1.34^2}{0.5 \cdot 1 \cdot \Pi \cdot 0.3^2 \cdot 4^3} = 0.4$$

Effisiensi turbin tanpa diffuser

$$\eta = \frac{\text{Daya yang dihasilkan oleh generator (Pgen)}}{\text{Daya angin yang tersedia (Pav)}} = \frac{R I^2}{0.5 \rho \Pi R^2 V^3} = \frac{2 \cdot 0.8^2}{0.5 \cdot 1 \cdot \Pi \cdot 0.3^2 \cdot 4^3} = 0.2$$

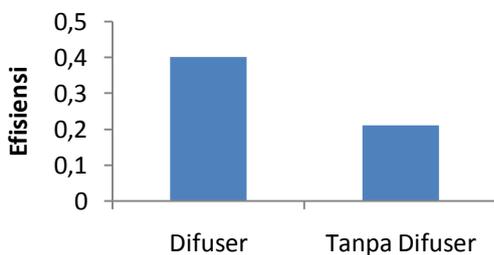
Pembahasan

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa turbin dengan *diffuser* memiliki efisiensi tertinggi dengan nilai sekitar 0.45, sedangkan turbin tanpa *diffuser* memiliki efisiensi sebesar 0.26.

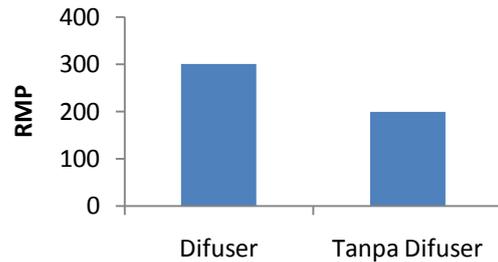
Turbin dengan *diffuser* memiliki putaran sebesar 308 RPM sedangkan turbin tanpa *diffuser (bare)* memiliki putaran sebesar 200 RPM.

Kinerja turbin merupakan fungsi dari torsi dan putaran. Putaran yang tinggi akan sangat memungkinkan untuk mendapatkan kinerja yang tinggi. Hal ini dapat menjadi salah satu alasan turbin *diffuser* memiliki kinerja yang terbesar dikarenakan putaranya paling besar.

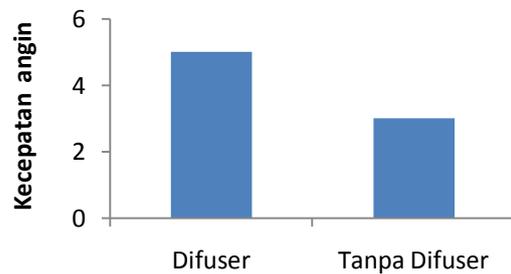
Putaran yang besar dapat disebabkan oleh besarnya kecepatan yang bekerja pada turbin . Dari hasil pengukuran kecepatan di dalam selubung, kecepatan untuk *diffuser* adalah yang terbesar (lihat Grafik 1). Hal ini dapat menjadi salah satu penyebab besarnya putaran pada turbin dengan *diffuser*.



Grafik 1. Efisiensi pada konfigurasi diffuser dan tanpa selubung (*bare*).



Grafik 2. Putaran pada konfigurasi *diffuser* dan tanpa selubung (*bare*).



Grafik 3. Kecepatan pada konfigurasi *diffuser* dan tanpa selubung (*bare*).

4. Kesimpulan

Dari hasil perancangan penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain sebagai berikut :

1. Turbin dengan tambahan *diffuser* memiliki nilai kinerja lebih besar dibandingkan dengan turbin tanpa *diffuser*
2. Putaran turbin dengan *diffuser* lebih besar dibanding dengan putaran turbin tanpa selubung (*diffuser*). Hal ini dapat menjadi salah satu alasan kinerja yang tinggi pada turbin yang memakai *diffuser*.
3. Putaran yang tinggi pada turbin yang memakai *diffuser* dapat disebabkan oleh tingginya kecepatan dalam selubung.

Daftar Pustaka

Anzai, A, Nemoto, Y & Ushiyama, I. 2004. “*Wind tunnel analysis of concentrators for augmented wind turbine*”. Wind Engineering, vol. 28, no. 5, pp. 605–614.

BPS Sultra. 2010. “*Sulawesi Tenggara in Figure. Industry, mining , electricity and water supply*”

- BPS Sultra. 2010. "Sulawesi Tenggara in Figure. Geography".
- BPS Sultra. 2011. "Profil kemiskinan di Sulawesi Tenggara September". online http://sultra.bps.go.id/index.php?option=com_content&task=view&id=300&Itemid=2
- Dasuki AS, Djamin M, Lubis AY. 2001. "The strategy of photovoltaic technology development in Indonesia". The Agency for the Assessment and Application of Technology (BPPT), Indonesia, Renewable Energy.
- ESDM Sultra. 2011. "Daftar Rasio Elektrifikasi dan Rasio Desa Berlistrik Provinsi Sulawesi Tenggara". Pemerintah Provinsi Sulawesi Tenggara Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral.
- ESDM Sultra. 2011. "Renewable Energy Provinsi Sulawesi Tenggara". Pemerintah Provinsi Sulawesi Tenggara Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral.
- EIA. 2012. "Heat/Electricity in Indonesia in 2009". Available online http://www.iea.org/stats/electricitydata.asp?COUNTRY_CODE=ID
- Hansen, MOL, Sørensen, NN& Flay, RGJ. 2000. "Effect of placing a diffuser around a wind turbine". Wind Energy, vol.3, pp. 207–213.
- Hua, SY& Cheng, JH. 2007. "Innovatory designs for ducted wind turbines", Renewable Energy, vol. 33, pp. 1491–1498
- Kaundinya D P, Balachandra P, Ravindranath N H. 2009. "Grid-connected versus stand-alone energy systems for decentralized power—A review of literature". Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Khan MJ, Bhuyan G , Iqbal MT and Quaioco JE, .2009. "Hydrokinetic energy conversion systems and assessment of horizontal and vertical axis turbines for river and tidal applications". A technology status review, Journal of Applied Energy 86 , 1823–1835, www.elsevier.com/locate/apenergy
- Lanzafame R and Messina M. 2010. "Horizontal axis wind turbine working at maximum power coefficient continuously". In Journal Renewable Energy 35 / 301–306
- Matsushima, T, Takagi, S& Muroyama, S. 2006. "Characteristics of a highly efficient propeller type small wind turbine with a diffuser". Renewable Energy, vol. 31, pp. 1343–1354.
- Manwell J.F, McGowan J.G and Rogers A.L. 2002. "Wind Energy Explained : Theory , Design and Application". University of Massachusetts, Amherst, USA JOHN WILEY & SONS, LTD
- Nguyen K Q. 2006. "Alternatives to grid extension for rural electrification". Decentralized renewable energy technologies in Vietnam Energy Policy 35 (2007), 2579–2589
- Zhou A & Byrne J .2002. "Renewable Energy for Rural Sustainability: Lessons From China, Bulletin of Science Technology Society; 22;123".<http://bst.sagepub.com/cgi/content/abstract/22/2/123>
- Ohya, Y & Abea, KI. 2004. "An investigation of flow fields around flanged diffusers using CFD". Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 92, pp. 315–330
- Ohya, Y, Karasudania, T, Sakuraib, A, Abeb, KI& Inouec, M. 2008. "Development of a shrouded wind turbine with a flanged diffuser". Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 96, pp. 524–539.
- Sharman, D . 2010. "Getting real about small wind". Renewable energy.com, <<http://www.renewableenergyfocus.com/view/7033/getting-real-about-small-wind/>>.
- Wang, F, Baia, L, Fletcher, J, Whiteford, J& Cullenc, D. 2008. "The methodology for aerodynamic study on a small domestic wind turbine with scoop". Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 96, pp. 1–24.