

KAJI EKSPERIMENTAL JUMLAH *BLADE* TURBIN PROPELER TERHADAP UNJUK KERJA *HYBRID WIND TURBINE*

Franklin Ishak¹, Iwan Kurniawan²

Laboratorium Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia

¹franklin.ishak@student.unri.ac.id, ²iwan.ktm@gmail.com

ABSTRACT

Hybrid turbine is a combination of two different types of turbines which are still in one axis. This research used a propeller turbine with a 2 meters diameter of an S833 blade profile and combined with a 0.5 meters diameter of venturi turbine (Energy Ball Wind Turbine) with a total of 5 blades. This venturi turbine is placed in front of the propeller turbine. This research varies the number of propeller turbine blades, that are 3.4 and 5 blades. The first test is data retrieval on propeller turbines, then the retrieval of data is carried out on hybrid turbines and the two tests can be compared to the result of performance. From this research, it can be seen that hybrid turbines with 5 propeller blades produce greater generator power than other variations of 1.16 watts at 5 m/s wind speed. However, the energy wind turbine ball produces the largest average increase in generator power that is 28.55% by using 5 propeller blades.

Keywords : Propeller turbine, hybrid turbine, energy ball wind turbine

1. Pendahuluan

Perkembangan energi angin di Indonesia untuk saat ini masih tergolong rendah. Salah satu penyebabnya 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. Meskipun demikian, potensi angin di Indonesia tersedia hampir sepanjang tahun, sehingga memungkinkan untuk dikembangkan sistem pembangkit listrik skala kecil [1].

Salah satu cara untuk memanfaatkan energi angin adalah dengan mengubah energi angin menjadi energi listrik. Alat yang digunakan untuk mengubahnya adalah turbin angin. Turbin angin merupakan suatu alat yang mampu mengubah energi angin menjadi energi mekanik dan selanjutnya diubah menjadi energi listrik melalui generator. Berdasarkan sumbu putar turbin terdapat dua jenis turbin yaitu turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal. Turbin angin poros horizontal dapat ditingkatkan efisiensinya untuk mendapat koefisien daya yang maksimal. Salah satunya dengan menggunakan *blade* berjumlah banyak. Efisiensi sistem yang maksimal ini akan meningkatkan jumlah Watt (daya) yang dihasilkan sehingga untuk mendapatkan jumlah watt tertentu cukup dengan menggunakan jumlah turbin angin yang lebih sedikit [2].

Karena kondisi angin di Indonesia yang memiliki kecepatan angin yang relatif rendah, maka dari itu kami menggabungkan dua jenis turbin yaitu

turbin propeler dan *energy ball wind turbine*. Penggabungan ini dilakukan karena kedua turbin memiliki karakteristik yang berbeda, dimana *energy ball wind turbine* dapat berputar pada kecepatan angin yang relatif lebih rendah dibandingkan turbin propeler. Penggabungan ini juga kami lakukan karena pada penelitian sebelumnya sudah pernah ada yang menggabungkan dua jenis turbin tetapi pada sumbu yang berbeda. Penelitian itu menggabungkan turbin Savonius dan turbin Darrieus dan penelitian itu dilakukan oleh Gupta. Penelitian Darrieus-Savonius didasarkan karena kedua turbin yang memiliki karakteristik yang berbeda. Pada penelitian digunakan 2 jenis posisi turbin yaitu turbin Savonius yang diletakkan di dalam turbin Darrieus dan turbin Savonius yang diletakkan di bawah turbin Darrieus [3].

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang menguji tentang pengaruh jumlah *blade* turbin propeler tetapi tidak dalam turbin *hybrid* yaitu Matew pada bukunya yang mengatakan bahwa semakin sedikit jumlah *blade* maka akan semakin besar *tip speed ratio* [4]. Aryanto pada jurnalnya mengatakan bahwa turbin propeler dengan 5 *blade* menghasilkan daya dan putaran yang lebih baik [1]. Dan Wiatama pada jurnalnya mengatakan bahwa turbin propeler dengan jumlah *blade* 4 lah yang lebih baik [5].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tentang variasi jumlah *blade* pada turbin angin, penulis melakukan penelitian untuk melihat

pengaruh variasi dari jumlah *blade* turbin propeler terhadap unjuk kerja turbin *hybrid*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui manakah kombinasi jumlah *blade* yang sesuai ketika jumlah *blade* pada *energy ball wind turbine* ditetapkan sebanyak 5 buah. Perbedaan penelitian kami ini dari penelitian sebelumnya adalah pada pada penelitian ini kami memvariasikan jumlah *blade* propeler dimana di depan turbin propelernya terdapat *energy ball wind turbine*. Penelitian ini juga kami lakukan karena pada penelitian yang ada sebelumnya yaitu pada pengujian turbin propeler saja jumlah *blade* yang lebih baik tidaklah sama, itu semua berdasarkan diameter dan juga jenis penampang *blade* yang digunakan.

Pada penelitian ini jenis penampang yang digunakan pada turbin propeler adalah NREL S833 dimana jenis penampang ini digunakan untuk turbin angin dengan diameter turbin angin 1 sampai 3 meter [6].

Untuk menguji turbin angin, cara pengujian turbin angin yang biasa digunakan adalah menguji secara langsung dan juga menguji menggunakan *wind tunnel*. Sementara pada penelitian ini kami mengujinya menggunakan mobil *pick-up* yang dijalankan dengan kecepatan yang telah ditentukan. Penelitian menggunakan mobil *pick-up* pernah dilakukan oleh Wiatama untuk menguji turbin angin yang di buatnya [1]. Cara ini juga kami lakukan karena kondisi tempat yang tidak

memungkinkan jika di buat *wind tunnel* karena ukurannya yang relatif besar dan biaya yang mahal.

Pada penelitian ini unjuk kerja yang di ukur adalah:

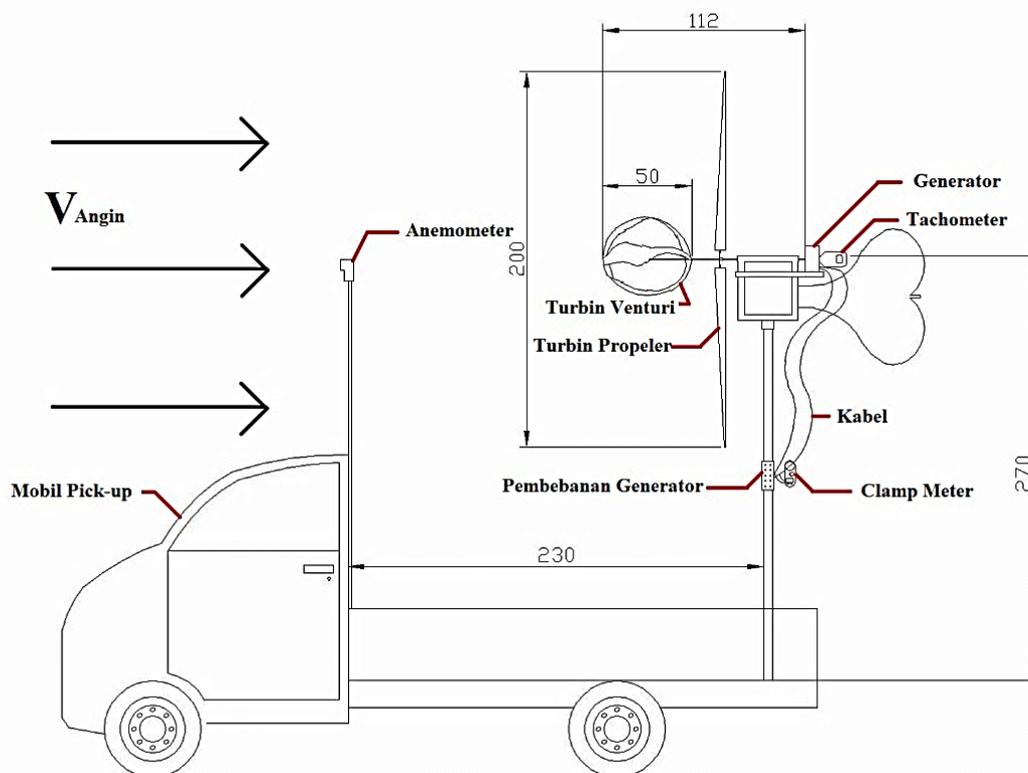
1. *Blade solidity* masing-masing variasi jumlah *blade*
2. *Tip speed ratio* pada masing-masing variasi jumlah *blade*
3. Daya generator pada masing-masing variasi jumlah *blade*

2. Metodologi

Proses pembuatan Turbin angin *hybrid* dilakukan di Laboratorium Perawatan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Riau. Sementara pengujian sistem dilakukan di jalan Naga Sakti, Pekanbaru.

2.1 Skema pengujian

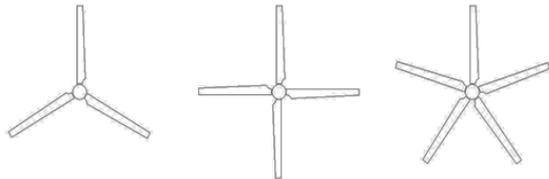
Pada gambar sketsa pengujian, turbin akan di putar oleh angin pada saat mobil di jalankan dengan kecepatan 2,5 m/s sampai dengan 5 m/s. Untuk mengetahui kecepatan aliran angin, digunakan *anemometer* yang dapat mengukur kecepatan angin secara *real-time*. Ketika kecepatan angin yang diinginkan tercapai, kecepatan mobil distabilkan dan di saat yang bersamaan kuat arus, tegangan listrik serta kecepatan putaran poros diukur. Dalam pengujian turbin angin *hybrid* skema pengujian alat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema pengujian turbin angin *hybrid*

Selanjutnya putaran dari *blade* turbin akan di teruskan ke generator melalui poros turbin. Selanjutnya generator akan menghasilkan daya listrik yang di salurkan ke pembebanan yaitu lampu pijar. Daya listrik tersebut akan di ukur menggunakan *clampmeter*. Sedangkan putaran turbin diukur menggunakan *tachometer*.

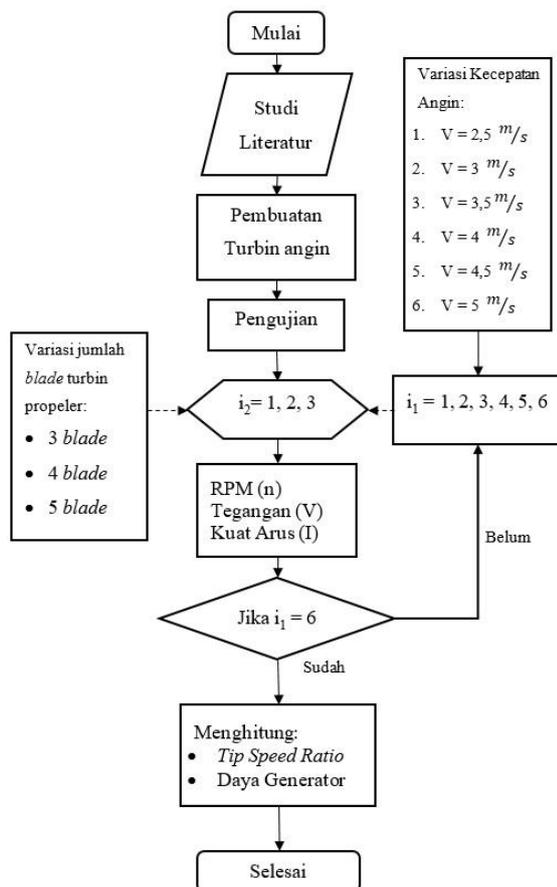
Gambar variasi jumlah *blade* turbin propeler yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Variasi jumlah *blade* turbin propeler

2.2 Alur Penelitian

Penelitian ini adalah metode penelitian secara eksperimental. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah *blade* turbin propeler terhadap unjuk kerja turbin angin *hybrid*. Diagram alir pengujian ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Alur penelitian turbin angin *hybrid*

2.3 Unjuk kerja turbin angin

Berikut ini unjuk kerja turbin yang di hitung dalam penelitian ini.

1. Blade solidity

Blade solidity dapat di artikan dengan rasio antara bagian dari *blade* yang bila dilihat dari depan padat dan bagian yang hanya udara.

Blade solidity dapat dirumuskan sebagai berikut [5].

$$\sigma_l = \frac{\text{Luas permukaan blade}}{\text{Luas sapuan blade}}$$

$$\sigma_l = \frac{N_c \times Cl \times r}{\pi \times r^2}$$

Dimana,

σ_l adalah *blade solidity*
 N_c adalah jumlah *blade*
 r adalah radius turbin
 Cl adalah *Chord length*

2. Daya generator

Pada penelitian ini daya yang dihitung adalah daya listrik yang dihasilkan oleh generator yang di putar oleh turbin dan dapat dirumuskan oleh persamaan di bawah ini [7].

$$\text{Daya generator } P = V \cdot I \cdot \cos \theta$$

Dimana,

P = Daya generator turbin (watt)
 V = Tegangan listrik (volt)
 I = Kuat arus listrik (ampere)
 $\cos \theta$ = Faktor daya

3. Tip Speed Ratio

Tip speed ratio adalah perbandingan kecepatan ujung *rotor* terhadap kecepatan angin [5].

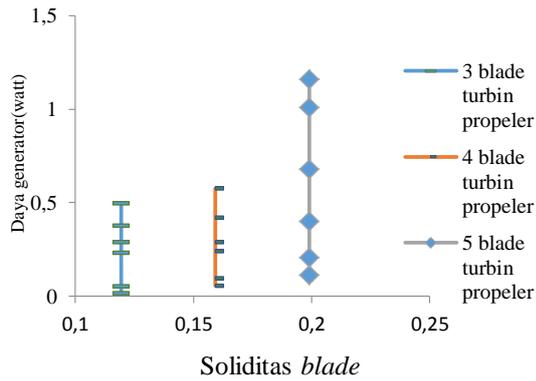
$$\lambda = \frac{\omega r}{v}$$

Dimana,

λ = *tip speed ratio*
 ω = kecepatan sudut (rad/sec)
 r = jari-jari rotor (m)
 v = kecepatan angin (m/s)

3. Hasil dan pembahasan

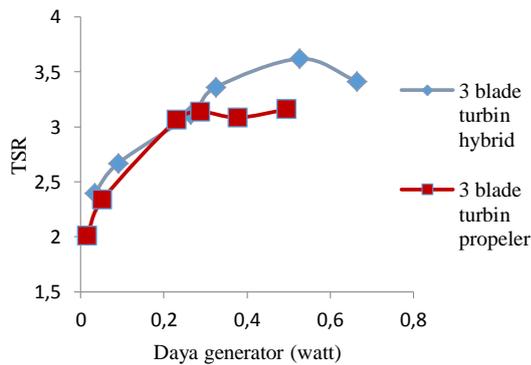
Setelah dilakukan pengujian dan pengolahan data di dapatkan hasil berupa beberapa grafik diantaranya grafik perbandingan *blade solidity* dengan daya generator pada setiap variasi yang dapat dilihat pada Gambar 4.



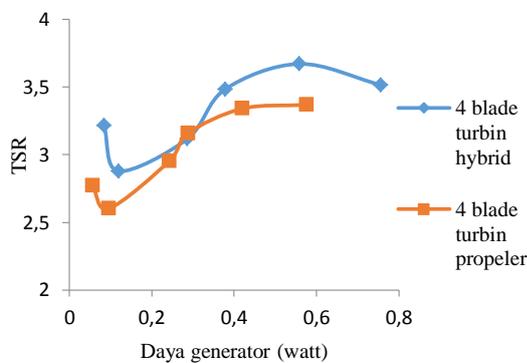
Gambar 4. Grafik soliditas VS daya turbin propeler

Dari grafik perbandingan soliditas *blade* dengan daya generator turbin dapat dilihat bahwa dimana jika soliditas turbin propeler semakin besar maka daya generator turbin yang dihasilkan akan semakin besar. Dari grafik juga dapat dilihat bahwa pada setiap pertambahan titik pada grafik, turbin yang memiliki soliditas yang lebih besarlah yang menghasilkan daya yang lebih besar dimana titik pada grafik tersebut menandakan variasi penambahan kecepatan angin.

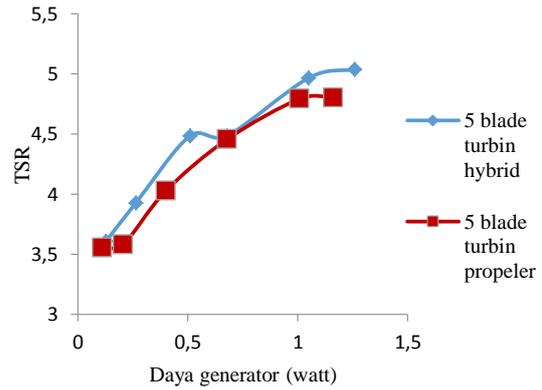
Perbandingan TSR dengan daya generator pada setiap variasi dapat dilihat pada Gambar 5,6 dan 7.



Gambar 5. Grafik daya generator VS TSR 3 blade



Gambar 6. Grafik daya generator VS TSR 4 blade

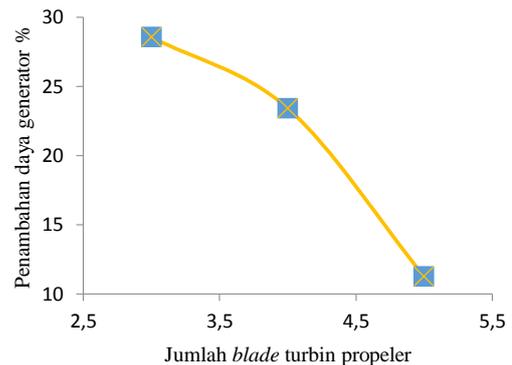


Gambar 7. Grafik daya generator VS TSR 5 blade

Dari ketiga grafik perbandingan daya listrik generator turbin dengan *tip speed ratio* turbin yaitu pada 3, 4 dan 5 *blade* turbin propeler, pada setiap variasi jumlah *blade* turbin propeler dapat dilihat bahwa ketika daya yang dihasilkan generator semakin besar maka nilai *tip speed ratio* akan semakin besar. Itu terjadi pada turbin propeler saja maupun turbin *hybrid*. Dapat dilihat pula bahwa turbin yang menggunakan 5 *blade* turbin propeler menghasilkan *tip speed ratio* dan juga daya yang lebih besar dibandingkan variasi *blade* 3 dan 4.

Turbin dengan 5 *blade* propeler dapat menghasilkan daya serta *tip speed ratio* yang lebih besar dibandingkan 4 dan 3 *blade* karena turbin dengan 5 *blade* memiliki daerah tangkapan angin yang lebih besar dibandingkan dengan variasi yang lainnya sehingga energi angin yang dapat diekstrak lebih besar.

Besar persentase penambahan daya generator pada setiap variasi dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik persentase penambahan daya generator turbin *hybrid* dengan turbin propeler

Dari penelitian ini juga dapat dilihat seberapa besar rata-rata penambahan daya yang didapatkan dengan menambahkan *energy ball wind turbine* pada bagian depan turbin propeler. Rata-rata penambahan daya yang didapatkan untuk jumlah 3, 4 dan 5 *blade* turbin propeler berbeda-beda.

Dapat dilihat bahwa rata-rata penambahan daya generator yang terbesar dihasilkan dengan memakai 3 *blade* turbin propeler yaitu 28,55%. Menandakan bahwa *energy ball wind turbine* lebih baik pasangkan dengan 3 *blade* propeler untuk menghasilkan daya yang lebih optimal untuk kecepatan angin 2,5 m/s hingga 5 m/s . Turbin dengan 3 *blade* propeler menghasilkan penambahan daya yang lebih besar dibandingkan 4 dan 5 *blade* karena turbin dengan 3 *blade* propeler memiliki daerah tangkapan angin yang paling kecil dari variasi yang lainnya, maka *energy ball wind turbine* memiliki kontribusi yang besar pada saat memutar turbin. Sementara pada 5 *blade* propeler *energy ball wind turbine* berkontribusi lebih kecil karena daerah tangkapan energi angin yang sudah besar.

4. Simpulan

Setelah dilakukan penelitian tentang jumlah *blade* turbin propeler terhadap unjuk kerja *hybrid wind turbine* maka dapat diambil kesimpulan bahwa turbin *hybrid* dengan 5 *blade* propeler menghasilkan daya generator yang lebih besar dibandingkan variasi yang lainnya yaitu 1,16 watt pada kecepatan angin 5 m/s . Tetapi *energy ball wind turbine* menghasilkan kenaikan daya generator yang paling besar yaitu 28,55% ketika menggunakan 3 *blade* propeler.

5. Daftar pustaka

- [1] Nakhoda, Y. I., & Saleh, C. (2015). Rancang Bangun Kincir Angin Pembangkit Tenaga Listrik Sumbu Vertikal Savonius Portabel Menggunakan Generator Magnet Permanen. *Jurnal Inovatif*, 5, 19–24.
- [2] Aryanto, F., Mara, M., & Nuarsa, M. (2013). Pengaruh Kecepatan Angin Dan Variasi Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal. *Dinamika Teknik*
- [3] Paulides, J. J. H., Encica, L., Jansen, J. W., Lomonova, E. A., & Van Wijck, D. (2009). *Small-scale urban venturi wind turbine: Direct-drive generator*. 2009 *IEEE International Electric Machines and Drives Conference, IEMDC '09*, (May 2014), 1368–1373.
<https://doi.org/10.1109/IEMDC.2009.5075381>
- [4] Gupta, R., Biswas, A., & Sharma, K. K. (2008). *Comparative study of a three-bucket Savonius rotor with a combined three-bucket Savonius-three-bladed Darrieus rotor*. *Renewable Energy*, 33(9), 1974–1981.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.12.008>
- [5] Mathew, S. (2007). Wind energy: Fundamentals, resource analysis and economics. In *Wind Energy: Fundamentals, Resource Analysis and Economics*.
<https://doi.org/10.1007/3-540-30906-3>
- [6] Wiatama, I. K., Subandria, I., & Mara, I. M. (2016). Pengaruh profil *blade* dan jumlah *blade* terhadap unjuk kerja daya generator

turbin angin sumbu horizontal. *Dinamika Teknik Mesin*, ISSN: 2088-088X.

- [7] Tambunan, J. M., Harmonik, D., & Daya, P. (2015). Analisis pengaruh jenis beban listrik terhadap kinerja pemutus daya listrik di gedung cyber jakarta. *Jurnal Energi & Kelistrikan*, 7(2), 108–117.