

STUDI PERFORMA *VERTICAL-AXIS WIND TURBINE (VAWT)* SEBAGAI PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK PADA *FLOATING PLATFORM*

Faisal Mahmuddin, Syerly Klara, Muhammad Uswah Pawara, dan Anshar Yaumul Akhir

Departemen Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Email: f.mahmuddin@gmail.com

Abstrak

Indonesia memiliki banyak sumber energi alternatif/terbarukan salah satunya adalah energi angin. Energi angin di Indonesia memiliki kecepatan yang rendah sehingga membutuhkan jenis turbin angin yang dapat beroperasi pada kecepatan angin rendah yakni turbin vertikal. Turbin vertikal yang digunakan adalah tipe Savonius dan Darrieus-Savonius dengan variasi 2 daun dan 4 daun pada kecepatan angin 4 m/s sampai 15 m/s. Hasil yang telah diperoleh menunjukkan bahwa model yang memiliki performa terbaik dari model lainnya yang telah diuji pada penelitian ini yaitu tipe model turbin angin tipe Savonius 2 daun dengan daya maksimum mencapai 6.71 watt dan efisiensi tertinggi mencapai 6.32% pada kecepatan angin 4 m/s dan tipe Darrieus-Savonius 4 daun dengan daya maksimum mencapai 7.79 watt dan efisiensi tertinggi mencapai 14.84% pada kecepatan angin 4 m/s..

Kata kunci: *energi, angin, turbin, , VAWT, floating platform*

PENDAHULUAN

Energi memiliki peran penting dan tidak dapat dilepaskan dalam kehidupan manusia. Terlebih, saat ini hampir semua aktivitas manusia sangat tergantung pada energi. Berbagai alat pendukung, seperti alat penerangan, motor penggerak, peralatan rumah tangga, dan mesin-mesin industri dapat difungsikan jika ada energi. Namun, seperti yang telah diketahui, terdapat dua kelompok besar energi yang didasarkan pada pembaharuan. Dua kelompok tersebut adalah energi terbarukan dan energi fosil yang jumlahnya terbatas. Kebutuhan akan energi yang terus meningkat dan semakin menipisnya cadangan minyak bumi memaksa manusia untuk mencari sumber-sumber energi alternatif. Negara-negara maju juga telah bersaing dan berlomba membuat terobosan-terobosan baru untuk mencari dan menggali serta menciptakan teknologi baru yang dapat menggantikan minyak bumi sebagai sumber energi. Semakin menipisnya persediaan energi dan juga ketergantungan pada salah satu jenis energi dimana hingga saat ini pemakaian bahan bakar minyak masih menjadi primadona dan hampir semua sektor kehidupan menggunakan bahan bakar ini termasuk menyediakan energi listrik, sementara hal tersebut belum sepenuhnya dapat dipenuhi oleh pemerintah, dalam hal ini PT. PLN (Persero). Sumber energi baru yang dimaksud sebaiknya memenuhi persyaratan menghasilkan jumlah energi yang cukup besar, ekonomis dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan (Bawan, 2009).

Sedangkan sumber energi alternatif/terbarukan belum dapat memenuhi kebutuhan energi manusia dalam skala besar karena fluktuasi potensi dan tingkat keekonomian yang belum bisa bersaing dengan energi konvensional. Apalagi di negara kita ini masih bergantung kepada sumber energi fosil yang ketersediaannya terbatas di alam. Sumber energi terbarukan yang ada di Indonesia contohnya yaitu energi angin, energi air, energi matahari, energi gelombang pasang surut, energi panas bumi dll. Pemanfaatan energi terbarukan pada bangunan-bangunan terapung (*floating platform*), dapat mengurangi biaya operasional yang dibutuhkan untuk mengoperasikannya yang pada umumnya masih menggunakan energi listrik yang berasal dari generator listrik berbahan bakar fosil. *Floating Platform* (Bagan Apung/Ikan), merupakan alat tangkap yang menghasilkan tangkapan ikan pelagis ekonomis penting (Putra, 2013). Alat tangkap bagan apung mudah dibuat dan relatif murah dalam pembuatannya, sehingga alat tangkap ini memiliki perkembangan yang cukup pesat. Strategi operasi penangkapan ikan sederhana bermodal perbekalan makan dan minum serta bahan bakar untuk *genset* secukupnya dan tanpa memperhitungkan hasil tangkapan yang akan didapat. Mereka belum mempertimbangkan hal-hal kecil yang dapat mempengaruhi hasil tangkapan, seperti intensitas cahaya, luas waring, ukuran mata waring, jumlah lampu, kekuatan *genset*, lama operasi dan tenaga kerja.

BANGUNAN TERAPUNG/*FLOATING PLATFORM*

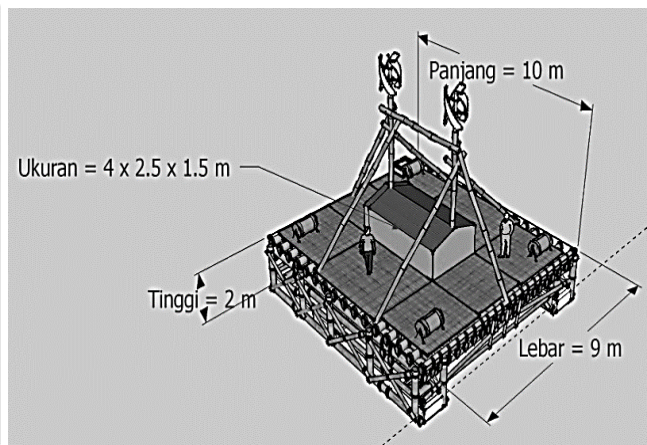
Menurut Rahardiana (2008), Ciri-ciri bangunan lepas pantai adalah:

1. Tidak beroperasi di daratan.
2. Beroperasi di daerah sekitar sumur minyak atau daerah pertambangan yang terbatas, tidak dapat beroperasi di daratan dan tidak dapat berpindah-pindah.
3. Struktur tidak dibangun langsung dilapangan tetapi komponen-komponennya dibuat di darat lalu kemudian diangkut dan dirakit langsung di lapangan.
4. Beroperasi di lapangan (laut) untuk perioda waktu yang lama sehingga bangunan harus mampu bertahan dalam kondisi cuaca baik maupun kondisi cuaca buruk yang mungkin terjadi selama beroperasi.

BAGAN IKAN



(a) Bagan Apung/Ikan



(b) Model Bagan Apung/Ikan

Gambar 1. Contoh bagan apung dan model yang digunakan dalam penelitian

Bagan adalah salah satu jenis alat tangkap yang digunakan nelayan untuk menangkap ikan pelagis kecil. Bagan dalam perkembangannya telah banyak mengalami perubahan baik bentuk maupun ukuran yang dimodifikasi sedemikian rupa sehingga sesuai dengan daerah penangkapannya. Berdasarkan cara pengoperasiannya bagan dikelompokkan dalam jaring angkat (lift net), namun karena menggunakan cahaya lampu untuk mengumpulkan ikan maka disebut juga light fishing (Subani dan Barrus, 1989). Berdasarkan mobilitasnya, alat tangkap bagan dibagi dua yaitu bagan tancap dan bagan apung. Bagan tancap sifatnya menetap sedangkan bagan apung dapat berpindah dari satu daerah penangkapan ke daerah penangkapan lainnya.

TURBI ANGIN

Turbin angin atau dalam bahasa sederhana kincir angin merupakan turbin yang digerakkan oleh angin, yaitu udara yang bergerak di atas permukaan bumi. Sudah sejak dahulu angin berjasa bagi kehidupan manusia, salah satunya adalah para nelayan. Selain itu, turbin angin pada awalnya juga dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, memompa air dan menggiling jagung. Penggunaan turbin angin terus mengalami perkembangan guna memanfaatkan energi angin secara efektif, terutama pada daerah-daerah dengan aliran angin yang relatif tinggi sepanjang tahun.

Prinsip dasar kincir angin adalah mengkonversi tenaga mekanik dari putaran kincir menjadi energi listrik dengan induksi magnetik. Putaran kincir dapat terjadi dengan efektif dengan mengaplikasikan dasar teori aerodinamika pada desain batang kincir (*blade*). Ketersediaan angin dengan kecepatan yang memadai menjadi faktor utama dalam implementasi teknologi kincir angin (Ikhsan dan Hipi, 2011).

JENIS TURBIN ANGIN

Turbin Angin Tipe Horizontal (*Horizontall-Axis Wind Turbine/HAWT*)

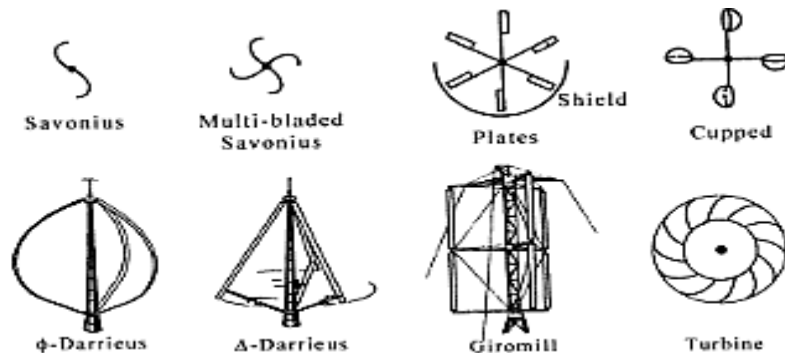
HAWT merupakan turbin yang poros utamanya berputar menyesuaikan arah angin. Agar rotor dapat berputar dengan baik, arah angin harus sejajar dengan poros turbin dan tegak lurus terhadap arah putaran rotor. Biasanya turbin jenis ini memiliki blade berbentuk airfoil seperti bentuk sayap pada pesawat. Secara umum semakin banyak jumlah blade, semakin tinggi putaran turbin.

Setiap desain rotor mempunyai kelebihan dan kekurangan. Kelebihan turbin jenis ini, yaitu memiliki efisiensi yang tinggi, dan cut-in wind speed rendah. Kekurangannya, yaitu turbin jenis ini memiliki desain yang lebih rumit karena rotor hanya dapat menangkap angin dari satu arah sehingga dibutuhkan pengarah angin.

Turbin Angin Tipe Vertikal (*Vertical-Axis Wind Turbine/VAWT*)

VAWT merupakan turbin angin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin. VAWT juga mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya, yaitu memiliki torsi tinggi sehingga dapat berputar pada kecepatan angin rendah, generator dapat ditempatkan di bagian bawah turbin sehingga mempermudah perawatan dan kerja turbin tidak dipengaruhi arah angin. Kekurangannya yaitu kecepatan angin di bagian bawah sangat rendah sehingga apabila tidak memakai tower akan menghasilkan putaran yang rendah, dan efisiensi lebih rendah dibandingkan HAWT.

Ada tiga model rotor pada turbin angin jenis ini, yaitu: Savonius, Darrieus, dan H rotor. Turbin Savonius memanfaatkan gaya drag sedangkan Darrieus dan H rotor memanfaatkan gaya lift. Turbin Savonius ditemukan oleh sarjana Finlandia bernama Sigurd J. Savonius pada tahun 1922, konstruksi turbin sangat sederhana, tersusun dari dua buah sudu setengah silinder. Salah satu model VAWT yang mempunyai desain terbaik yang menggunakan kombinasi drag dan lift untuk menghasilkan tenaga, sehingga memiliki torsi startup yang sangat baik dan efisiensi adalah model Lenz2.



Gambar 2. Macam-Macam Desain Turbin Angin VAWT (Nakhoda dan Saleh, 2015)

EFISIENSI TURBIN ANGIN

Efisiensi turbin dapat dihitung menggunakan Persamaan

$$\text{Efisiensi} = \frac{P_{\text{Output}}}{P_{\text{Maksimum}}} = \frac{P_{\text{Output}}}{\frac{1}{2}\rho Av^3} \quad (1)$$

Dimana :

- A = Luas Penampang (m^2)
- v = Kecepatan Angin (m/s)
- ρ = Massa Jenis (Kg/m^3)

DATA BAGAN APUNG (*FLOATING PLATORM*)

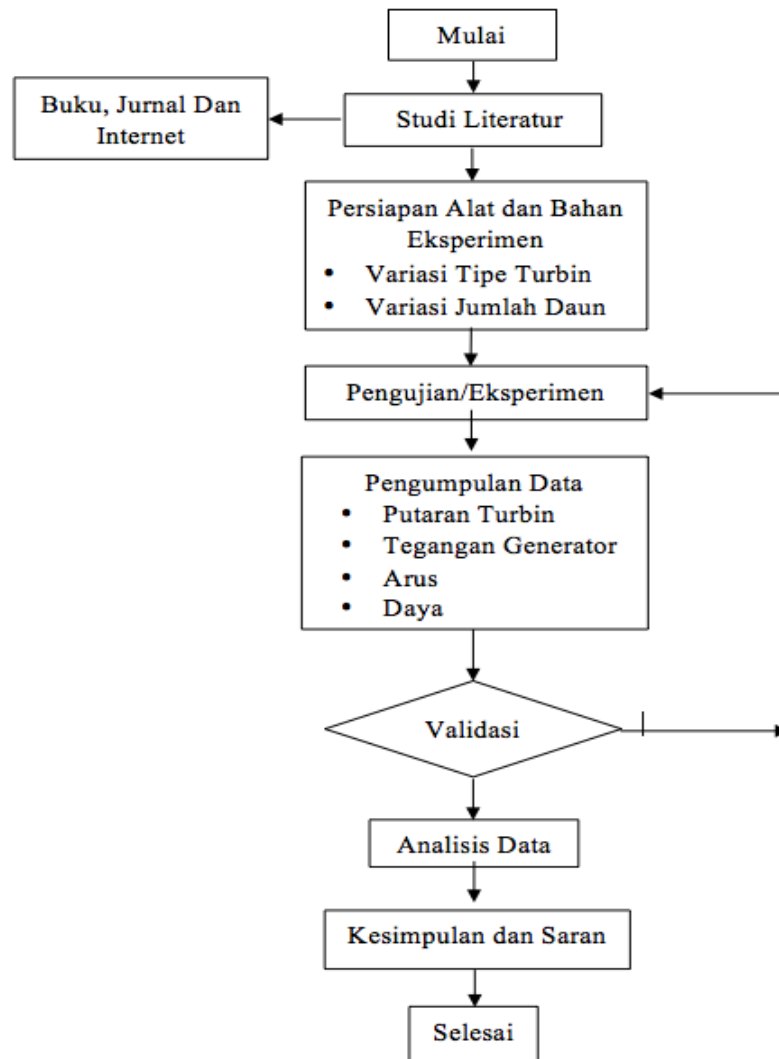
Tabel 1 menunjukkan dimensi bagan apung yang digunakan dalam penelitian, sedangkan model yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 1.b

Tabel 1. Spesifikasi Bagan Apung (*Floating Platorm*)

Dimensi Bagan	Panjang	10 m
	Tinggi	2 m
	Lebar	9 m

DESAIN PENELITIAN

Kerangka acuan penelitian dan prosedur yang dilakukan selama penelitian terangkum pada gambar dibawah ini

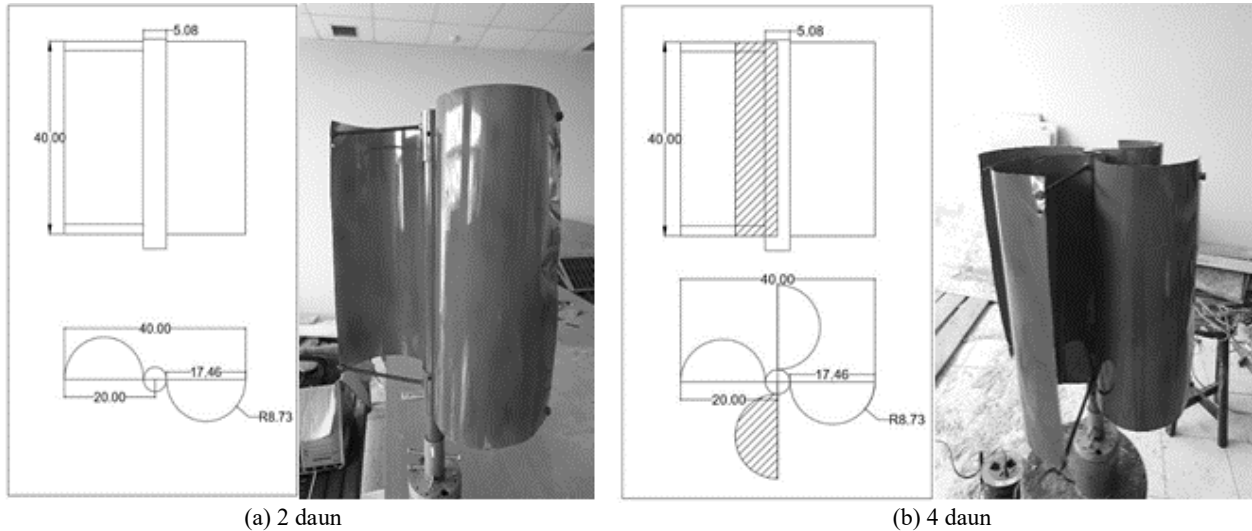


Gambar 3. Flow chart penelitian

SPESIFIKASI TURBIN

Spesifikasi Turbin Tipe *Savonius*

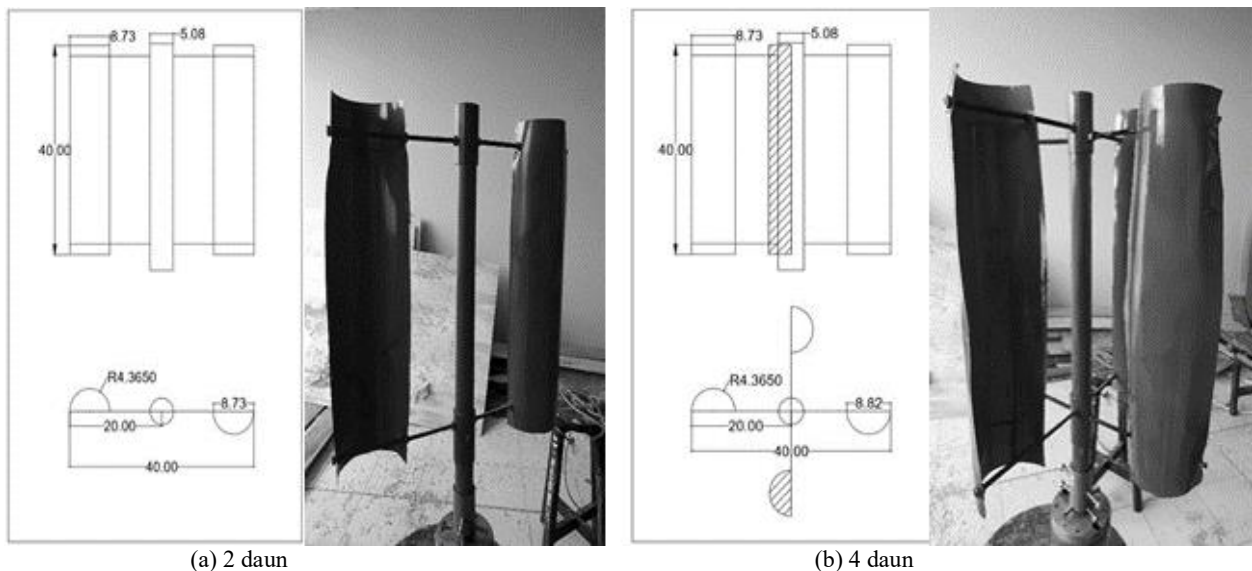
Tipe *Savonius* dibuat 2 buah model dengan variasi jumlah daun yang berbeda yakni 2 dan 4 daun. Untuk model yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Model Turbin Angin Tipe Savonius

Spesifikasi Turbin Tipe *Darrieus-Savonius*

Tipe Darrieus-Savonius juga dibuat 2 buah model dengan variasi 2 dan 4 daun. Untuk model yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. Model Turbin Angin Tipe Darrieus-Savonius

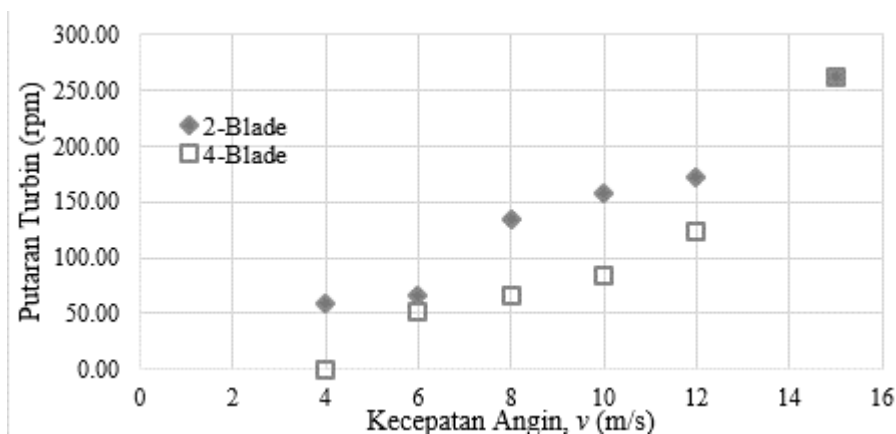
Tabel 2. Spesifikasi Turbin Dua Tipe Turbin yang Digunakan

Tipe Savonius	Darrieus-Savonius
---------------	-------------------

Dimensi	Diameter Rotor	0.4 m	0.4 m
	Tinggi	0.4 m	0.4 m
	Berat	3 kg	3 kg
Blade	Diameter Blade	0.2 m	0.2 m
	Jumlah daun (Blade)	2 dan 4	2 dan 4
	Material	Plat Alumunium 0.22 mm	Plat Alumunium 0.22 mm
Hub	Diameter Hub	2.54 cm	2.54 cm
	Tinggi Hub	0.4 m	0.4 m
	Material Hub	Pipa PVC	Pipa PVC
Generator	Tipe	DC, 2 Fase	DC, 2 Fase
	Daya Output	40w	40w

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Pengaruh Jumlah Daun

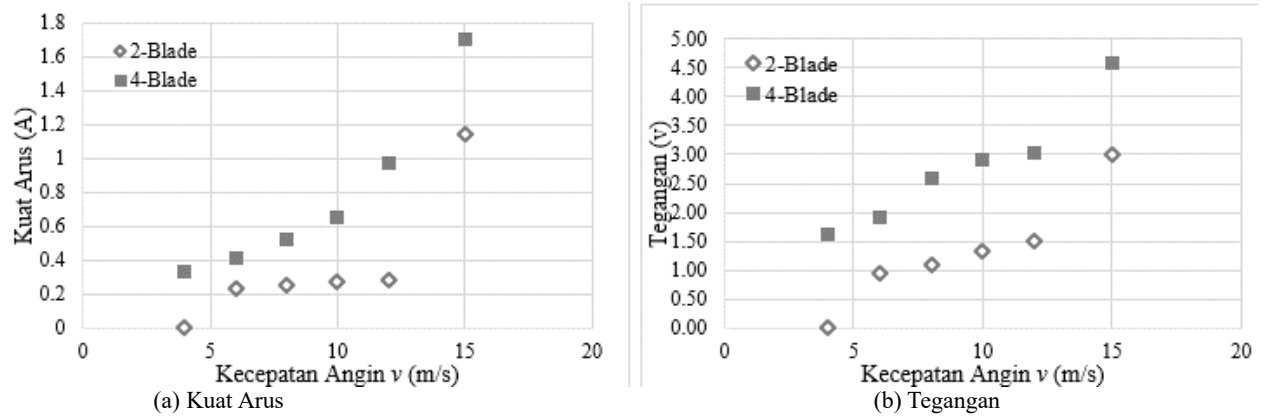


Gambar 6. Perbandingan Putaran pada Model Turbin Angin Tipe Savonius

Gambar 6 menunjukkan bahwa pada tipe Savonius, semakin tinggi kecepatan angin maka semakin besar pula putaran turbin. Namun, perbedaan yang mencolok terhadap kedua model dapat dilihat pada v 4 m/s – 12 m/s dimana model 2 daun mempunyai putaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan model 4 daun. Model 4 daun tidak dapat beroperasi pada v 4 m/s dan dapat mulai beroperasi pada v 6 m/s – 15 m/s. Pada v antara 8 m/s-12 m/s dapat dilihat pada grafik menunjukkan kedua data yang semula berjauhan mulai saling berdekatan dan berpotongan pada v 15 m/s.

Gambar 7.a menunjukkan bahwa tipe Darrieus-Savonius, semakin tinggi kecepatan angin maka semakin besar pula tegangan generator. Pada v 4 m/s, model 4 daun dapat bekerja dengan baik dan menghasilkan tegangan sebesar 1.62 volt dan, model 4 daun tidak dapat beroperasi dan dapat mulai beroperasi pada v 6 m/s dan menghasilkan tegangan sebesar 0.96 volt. Selanjutnya, 4 daun, tegangan mulai meningkat seiring dengan kenaikan kecepatan angin pada v 8 m/s – 12 m/s, berbeda dengan 2 daun, tegangan tidak mengalami kenaikan yang signifikan pada v antara 6 m/s – 12 m/s dan selanjutnya kenaikan yang drastic pada v 15 m/s. Pada v 15 m/s dapat dilihat pada grafik bahwa kedua model turbin dapat beroperasi dengan putaran yang hampir sama. Pada Gambar 7.b dapat dilihat bahwa 4 daun dapat beroperasi pada v 4 m/s dengan kuat arus 0.33 ampere. Namun, tipe 2 daun mulai dapat beroperasi pada v 6 m/s dengan dan kuat arus 0.23 ampere. Selanjutnya, untuk 4 daun, kuat arus mulai meningkat seiring dengan kenaikan kecepatan angin pada v 8 m/s – 12 m/s, berbeda dengan 2 daun, sama hal nya dengan putaran turbin dan

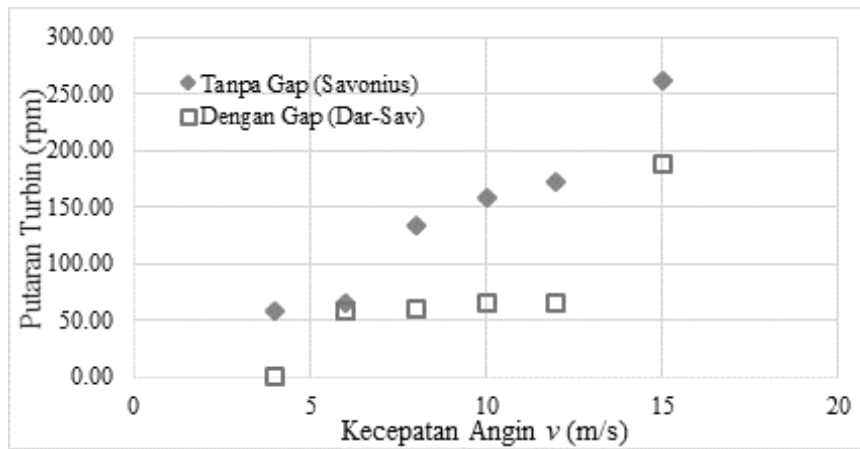
teganan generaor yakni tidak mengalami kenaikan yang signifikan pada v antara 6 m/s – 12 m/s dan selanjutnya kenaikan yang drastis pada v 15 m/s.



Gambar 7. Perbandingan Kuat Arus dan Tegangan pada Model Turbin Angin Tipe Darrieus-Savonius

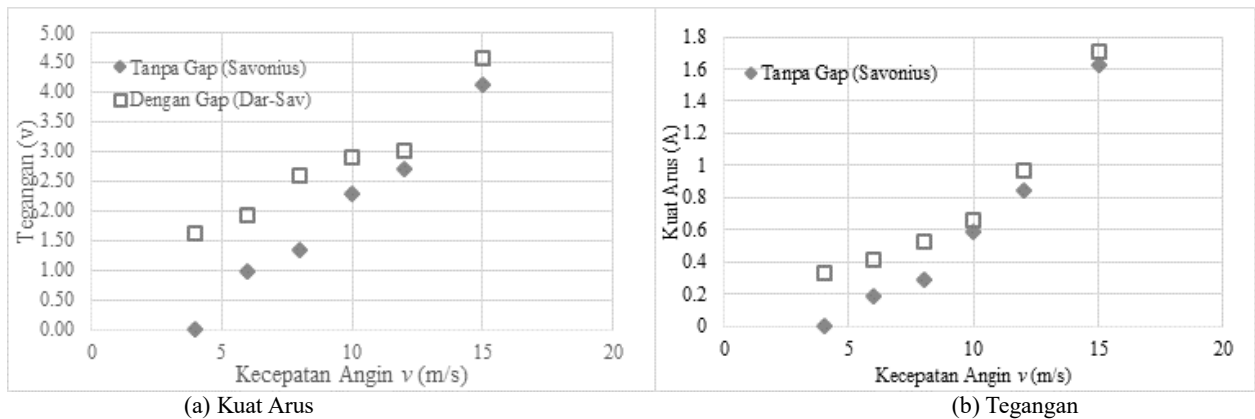
Analisa Pengaruh *Gap* (Jarak *Blade* Terhadap Poros)

Gap memiliki pengaruh *penting* pada desain *blade* turbin. Pengertian *Gap* yang dimaksud pada penelitian ini adalah jarak pemisah yang terdapat diantara *blade* dengan poros *hub* turbin. Dalam sub bab ini akan dibahas pengaruh yang dapat diberikan oleh *gap* pada desain *blade* turbin.



Gambar 8. Perbandingan Putaran pada Model Turbin Angin 2 Daun Tanpa Gap (Savonius) dan Dengan Gap (Darrieus-Savonius)

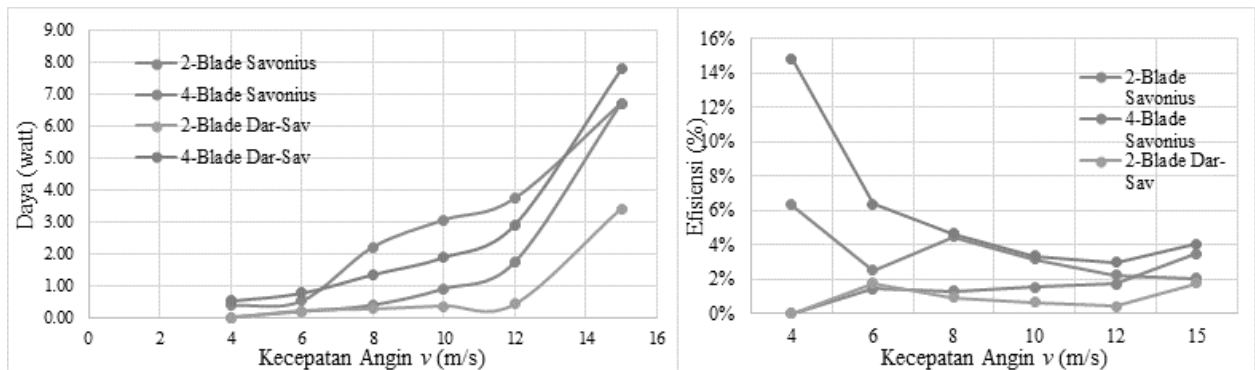
Pengaruh *gap* untuk model turbin 2 daun dapat diamati pada Gambar 8, Gambar ini menunjukkan bahwa pada model turbin angin tipe Savonius 2 daun memiliki perubahan yang lebih tinggi pada putaran turbin terhadap kenaikan kecepatan angin dibandingkan dengan model turbin angin tipe Darrieus-Savonius 2 daun. Untuk model turbin angin tipe Savonius 2 daun, kenaikan putaran turbin telah terlihat sejak v 6 m/s – 15 m/s, berbeda dengan model turbin angin tipe Darrieus-Savonius 2 daun, antara v 6 m/s – 12 m/s, putaran turbin memiliki kenaikan yang rendah untuk tiap kenaikan kecepatan angin dan putaran turbin mulai meningkat drastis pada v 15 m/s.



Gambar 9. Perbandingan Kuat Arus dan Tegangan pada Model Turbin Angin 4 Daun Tanpa Gap (Savonius) dan Dengan Gap (Darrieus-Savonius)

Pada v antara 6 m/s – 15 m/s, untuk tipe Darrieus-Savonius 4 daun, memiliki rata-rata kenaikan kuat arus yang lebih tinggi pada kenaikan v dibandingkan dengan tipe Savonius 4 daun. Namun, keduanya memiliki kuat arus yang hampir sama pada v 10 m/s - 15 m/s. Pengaruh *gap* pada blade turbin dapat dilihat pada Gambar 9.a dan 9.b, menunjukkan bahwa untuk tipe Darrieus-Savonius 4 daun memiliki performa yang lebih baik dibandingkan dengan tipe Savonius 4 daun.

Perhitungan Daya dan Efisiensi Turbin



Gambar 10. Daya dan Efisiensi Tiap Model Turbin

Gambar 10 menunjukkan Tipe Savonius 2 daun menghasilkan daya tertinggi pada v 8 m/s – 12 m/s yakni pada v 8 m/s mencapai 2.20 watt, v 10 m/s mencapai 3.06 watt, dan v 12 m/s mencapai 3.73 watt. Tipe Savonius 4 daun dapat menghasilkan daya yang cukup rendah yakni berkisar antara 0.18 watt - 1.72 watt pada 8 m/s – 12 m/s namun pada 15 m/s dapat menghasilkan daya yang sama dengan tipe Savonius 2 daun yakni mencapai 6.71 watt. Dari hasil analisa dapat disimpulkan bahwa tipe Darrieus-Savonius 4 daun dan tipe Savonius 2 daun memiliki performa terbaik dibandingkan dengan model lainnya. Tipe Darrieus-Savonius 4 daun dapat menghasilkan daya 7,79 watt dengan efisiensi rata-rata 6.05% pada v 4 m/s -15 m/s. tipe Savonius 2 daun dapat menghasilkan daya 6.71 watt dengan efisiensi rata-rata 3.5% pada v 4 m/s -15 m/s.

KESIMPULAN

Setelah melakukan eksperimen dan analisis data, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. The Rancangan tipe turbin yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe Savonius dan tipe Darrieus-Savonius dengan variasi jumlah daun yakni 2 dan 4 daun untuk masing-masing tipe turbin.

2. Model turbin angin tipe Darrieus-Savonius 4 daun dan tipe Savonius 2 daun memiliki performa terbaik dibandingkan dengan model lainnya. Model turbin angin tipe Darrieus-Savonius 4 daun dapat menghasilkan daya 7,79 watt dengan efisiensi rata-rata mencapai 6.05% pada kecepatan angin 4 m/s -15 m/s. Model turbin angin tipe Savonius 2 daun dapat menghasilkan daya 6.71 watt dengan efisiensi rata-rata mencapai 3.5% pada kecepatan angin 4 m/s -15 m/s.
3. Model turbin dengan efisiensi tertinggi pada kecepatan angin 4 m/s – 1
4. 5 m/s adalah model turbin angin tipe Darrieus-Savonius 4 daun dengan efisiensi pada tiap kecepatan angin adalah 14.84% pada kecepatan angin 4 m/s, 6.40% pada kecepatan angin 6 m/s, 4.68% pada kecepatan angin 8 m/s, 3.34% pada kecepatan angin 10 m/s, 2.97% pada kecepatan angin 12 m/s, dan 4.05% pada kecepatan angin 15 m/s.

DAFTAR PUSTAKA

- Bawan, E. K. (2009). Analisa Potensi Energi Terbarukan di Kabupaten Kaimana Propinsi Papua Barat. *SMARTek* .
- Dewi, A. Y., & Atonov. (2013). Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Suplai Cadangan pada Laboratorium Elektro Dasar di Institut Teknologi Padang. *Jurnal Teknik Elektro Volume 2 No. 3* .
- Haqqi, M. H., Nugroho, G., & Musyafa, A. (2013). Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Jenis Savonius dengan Variasi Jumlah Blade Terintegrasi Circular Shield untuk Memperoleh Daya Maksimum. *Jurnal Teknik Pomits* , 1-6.
- Himran, S. (2005). *Energi Angin*. Makassar: Bintang Lamumpang.
- Ikhsan, I., & Hipi, M. A. (2011). *Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Kinerja Kincir Angin Tipe Propeller pada Wind Tunnel Sederhana* . Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Musila, A. S., & Mbitu, E. T. (2012). Analisis Pengaruh Disain Kontak Atas (Front Contact) pada Peningkatan Efisiensi Sel Surya. *Jurnal Teknologi* , 995-1001.
- Nakhoda, Y. I., & Saleh, C. (2015). Rancang Bangun Kincir Angin Sumbu Vertikal Pembangkit Tenaga Listrik Portabel. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III*. Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama .
- Patty, W., & Notanubun, J. (2010). *Perbedaan Penggunaan Intensitas Cahaya Lampu Terhadap Hasil Tangkapan Bagan Apung di Perairan Selat Rosenberg Kabupaten Maluku Tenggara Kepulauan Kei*. Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- Puspito, G. (2008). Lampu Petromaks; Manfaat, Kelemahan, dan Solusinya pada Perikanan Bagan. *ISBN 978-979-1225-04-5*. Bogor: Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Fakultas Perikanan dan Kelautan IPB.
- Puspito, G. (2012). Pengaruh Pemusatan Cahaya Terhadap Efektivitas Bagan . *Jurnal Saintek Perikanan Vol. 7. No.2* , 5-9.
- Puspito, G. (2006a). Sebaran Iluminasi Cahaya Petromaks dan Penerapannya pada Perikanan Bagan. *Prosiding Seminar Nasional Perikanan Tangkap* (hal. 174-184). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Puspito, G. (2008). Uji Coba Penggunaan Tudung Petromaks Berbentuk Kerucut Pada Bagan Apung. *Jurnal Mangrove dan Pesisir Vol.VIII No.I* , 1-11.
- Rahardiana, B. Y. (2008). *Analisis Struktur Jacket 4 Kaki di Selat Makassar* . Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Rahmawan, A. B. (2015). *Pengembangan Media Pembelajaran Kincir Angin Pada Mata Pelajaran Prakarya dan Kewirausahaan*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Subani, W., & Barrus, H. R. (1989). Alat Penangkapan Ikan dan Udang di Indonesia. *Jurnal Penelitian Perikanan Laut* , 248.