

Rancang Bangun *Vertical Axis Wind Turbine* dengan Simulasi Numerik dan Studi Eksperimen

Prabowo^{1,a}, Ridho Hantoro^{2,b} dan Jayadi^{3,c}

¹Jurus Teknik Mesin - ITS, Surabaya, Indonesia

²Jurus Teknik Fisika - ITS, Surabaya, Indonesia

³Universitas Musamus, Merauke, Indonesia

^aprabowo@me.its.ac.id, ^bridho@tf.its.ac.id, ^clp2m_unmus@yahoo.co.id

Abstrak

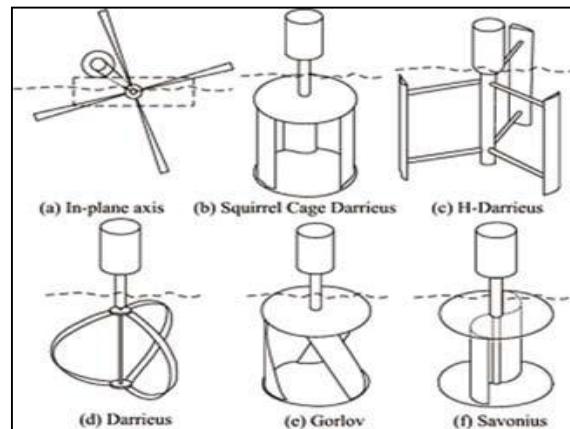
Indonesia merupakan Negara kepulauan yang memiliki banyak sekali daerah pesisir dengan potensi energi angin yang melimpah. Dalam rangka kerjasama penelitian antara ITS dan Univ. Musamus, maka dipilih daerah pesisir Merauke – Papua yang mempunyai kecepatan angin berkisar antara 4 m/s – 6 m/s untuk dijadikan penelitian pengembangan energi angin. Kincir angin ini memiliki beberapa tipe antara lain HAWT (*Horizontal Axis Wind Turbine*) dan VAWT (*Vertical Axis Wind Turbine*). Indonesia memiliki pola arah angin yang sering berubah tergantung musim, sehingga perlu dikembangkan bentuk wind turbin yang tidak tergantung arah angin. Bentuk *Vertical Axis Wind Turbine* adalah salah satu solusi untuk mengantisipasi. Dalam penelitian ini akan dilakukan rancang bangun *vertical axis wind turbine* dengan pengujian dilakukan di daerah pesisir pantai Srandonan, Bantul yang mempunyai karakteristik angin mirip dengan pantai Merauke. Metode penelitian ini digunakan 3 tahapan penelitian yaitu tahap-1, simulasi model sudu dengan menggunakan software *gambit* dan *fuent* pada variasi kecepatan 4-6 m/sec. Disamping itu juga dilakukan variasi jari-jari sudu terhadap poros yaitu R=0 dan R=50 cm. Kemudian dilanjutkan tahap-2, pembuatan dan pemasangan kincir angin. Tahapan yang ke-3, adalah pengujian di pantai Bantul. Hasil simulasi menunjukkan bahwa distribusi tekanan untuk variasi R mempunyai harga rata-rata yang hampir sama sebesar 22.1 Pa dan 22.6 Pa untuk kecepatan angin 6 m/s. Hasil eksperimen terdapat perbedaan *starting point velocity* pada kondisi nol (R=0) dengan kecepatan angin 2.7 m/s sedangkan pada kondisi penuh (R=50 cm) dibutuhkan kecepatan angin 3.2 m/s. Daya maksimum dari percobaan ini adalah 300 Watt.

Kata kunci : Angin, Energi Terbarukan, *Vertical Axis Wind Turbine*

Pendahuluan

VAWT (*Vertical Axis Wind Turbine*) adalah jenis turbin angin di mana poros rotor utama diatur secara vertikal dan komponen utama yang terletak di dasar turbin. Pengaturan ini memungkinkan generator dan gearbox untuk berada dekat dengan tanah yang bertujuan untuk mempermudah dalam proses perawatan (*maintenance*)

Pada gambar 1 terlihat berbagai bentuk/tipe dari vertical axis wind turbine. Pada dasarnya ada 6 tipe dari bentuk bilah/sudu turbin yaitu : *In-plane axis*, *Squirrel cage Darrieus*, *H-Darrieus*, *Darrieus*, *Gorlov* dan *Savonius*. Dari ke enam tipe ini yang banyak digunakan adalah tipe *H-Darrieus* dan *Gorlov* karena kedua tipe ini mempunyai effisiensi yang lebih baik.



Gambar 1. Berbagai Tipe Vertical Axis Wind Turbine

Pemilihan tipe VAWT ini juga didasari oleh pola perubahan arah angin yang disesuaikan dengan musim yang terdapat di Indonesia. Tipe VAWT ini tidak terpengaruh oleh arah angin yang berubah-ubah sehingga cocok jika dilakukan penelitian di Indonesia yang memiliki pola angin yang berubah-ubah sesuai dengan musim.

Potensi energi terbarukan khususnya angin di Indonesia sangat besar tetapi hanya 0.05% yang baru terealisasi. Tentunya penelitian mengenai pemanfaatan energi angin menjadi energi listrik sangat dibutuhkan untuk mengubah energi angin semaksimal mungkin.

Pada umumnya bentuk kincir angin adalah selalu *Horizontal Axis Wind Turbine*. Bentuk ini memang sangat cocok untuk daerah-daerah dengan arah angin yang sudah tertentu. Pola aliran angin yang sering berubah tergantung musim seperti di Indonesia, perlu dikembangkan bentuk wind turbin yang tidak tergantung arah angin. Bentuk *Vertical Axis Wind Turbine* adalah salah satu solusi untuk mengantisipasi.

Melihat pernyataan diatas, maka dalam penelitian ini akan melakukan rancang bangun vertical axis wind turbine untuk daerah pesisir pantai Merauke.

Analisis *transient loading* pada bilah turbin adalah sangat penting sebagai pertimbangan dalam desain dan penentuan kondisi yang ekstrim dalam penyerapan energy angin yang selalu berubah-ubah oleh *Atif Shahzad et al* [1]. Posisi sudu akan memiliki dampak produksi keluaran torsi maksimum dan minimum yang disesuaikan dengan kecepatan inlet. Kondisi juga *accelerating* memberikan hasil yang berbeda dibandingkan dengan kondisi *decelerating* meskipun laju perubahan kecepatannya sama. Penentuan posisi dan *design* sudu yang akan digunakan memiliki pengaruh yang besar terhadap torsi yang dihasilkan oleh energy angin.

Pada penelitian yang dilakukan oleh *In Seong Hwang et al* [2] menganalisa aerodinamika pada *vertical axis wind turbine* dilakukan dengan pengubahan *pitch angle* dan *phase angle* berdasarkan dari kecepatan angin dan arah angin. *Controller* yang digunakan dapat meningkatkan produksi energi sebesar 30% apabila dibandingkan dengan *wind turbine* dengan *fixed pitch angle*. Karena pemikiran tersebut, *In Seong Hwang* melakukan studi untuk memperoleh *pitch angle* optimal yang dapat memaksimalkan gaya tangensial pada tiap sudu. Berdasarkan studi numeric pada beberapa

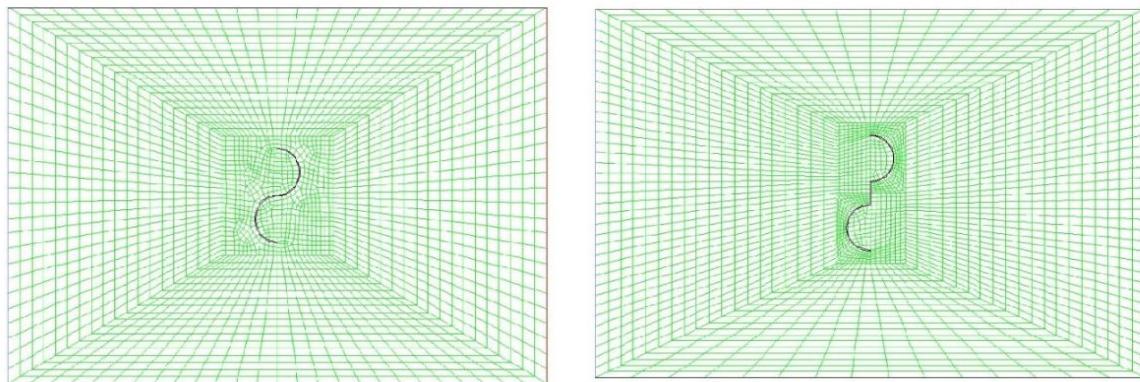
airfoil tipe NACA 4 series dan 6 series pemilihan *pitch angle* yang tepat dapat meningkatkan performa dari *wind turbine* sebesar 60%. Sehingga dari penelitian *In Seong Hwang* kita mendapatkan kesimpulan bahwa pemilihan pitch angledan tipe *airfoil* tepat akan memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap daya yang dihasilkan oleh *wind turbine*.

Payam Sabiefard et al [4] menjelaskan tentang penggunaan *Vertical Axis Wind Turbine*, karena perubahan arah angin tidak berpengaruh signifikan terhadap performa turbin angin ini. Pada jurnal ini dibahas tentang turbin angin tipe darrieus, dengan variabel yang diubah adalah jumlah sudu dan tipe *airfoil*. Umumnya pada angin kecepatan rendah, tip speed ratio yang dihasilkan akan rendah pula. *Pada* saat kecepatan angin rendah, akan lebih menguntungkan apabila menggunakan jumlah sudu yang lebih banyak, sedangkan untuk angin dengan kecepatan lebih tinggi sebaliknya.

Chris Kaminsky [4] melakukan penelitian tentang metode komputasi terhadap suatu bentuk sudu yang digunakan pada *Vertical Axis Wind Turbine*. *Chris Kaminsky* ingin membandingkan antara hasil studi eksperimen dan studi numerik. Sehingga dapat menjadi suatu *reference* dalam studi numerik.

Metodologi

Agar hasil dari penelitian ini yang berupa kincir angin diharapkan dapat di-implementasikan di daerah Merauke, maka dilakukan 3 tahapan. Tahap 1 adalah simulasi 2D dengan FLUENT 6.3 untuk bentuk sudu *Savonius* agar mendapatkan distribusi tekanan pada sudu bagian cekung ”) maupun bagian cembung (“ dengan variasi jari-jari terhadap poros adalah R=0 dan R=50 cm seperti ditunjukkan pada gambar 1 (a) dan (b). Variasi kecepatan angin adalah 4-6 m/sec. Kemudian pada tahapan ke-2, hasil dari simulasi dilakukan proses pembuatan sudu *Savonius* dengan panjang sekitar 4 m agar dapat menghasilkan daya maksimum sebesar 500 Watt. Pada tahapan ini dilakukan proses pembuatan cetakan sudu untuk pembuatan 4 sudu *Savonius* sampai dengan pemasangan dari gambar 2-4. Pemasangan sudu atas dan bawah dibedakan 90° agar terjadi putaran yang dihasilkan lebih stabil. Tahapan yang ke-3, adalah proses pengujian dipantai Srandonan, Bantul.



Grid

Apr 02, 2014
FLUENT 6.3 (2d, pbns, lam)

Gambar 1. (a) Meshing Kincir Angin R= 0 cm, (b) Meshing Kincir Angin R = 50 cm



Gambar 2. Proses pembuatan cetakan sudu



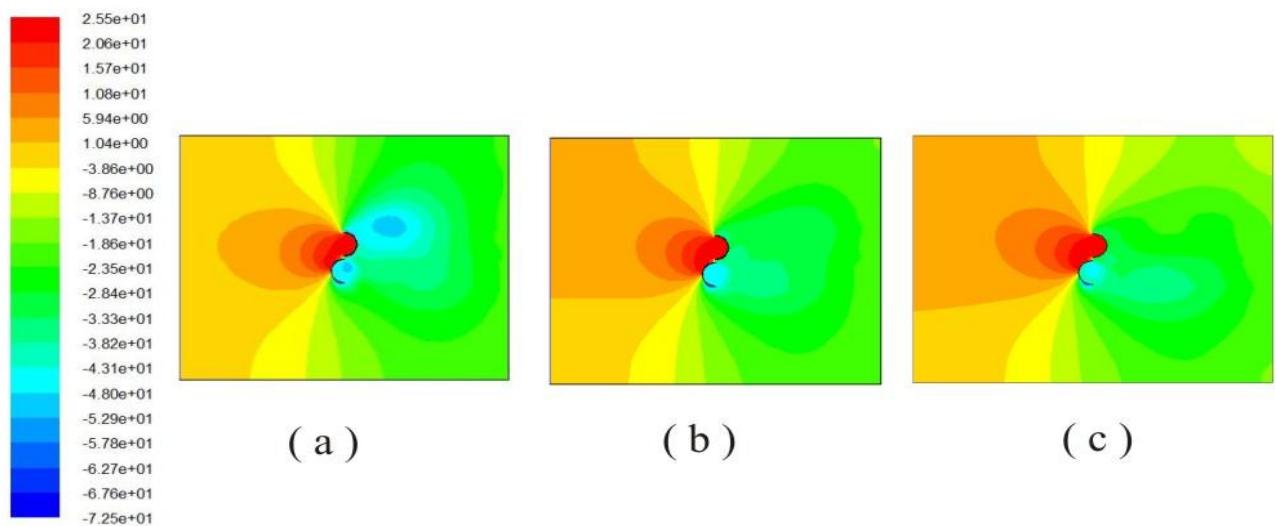
Gambar 3. Proses assembly kincir angin



Gambar 4. Proses pengambilan data kincir angin

Hasil dan diskusi

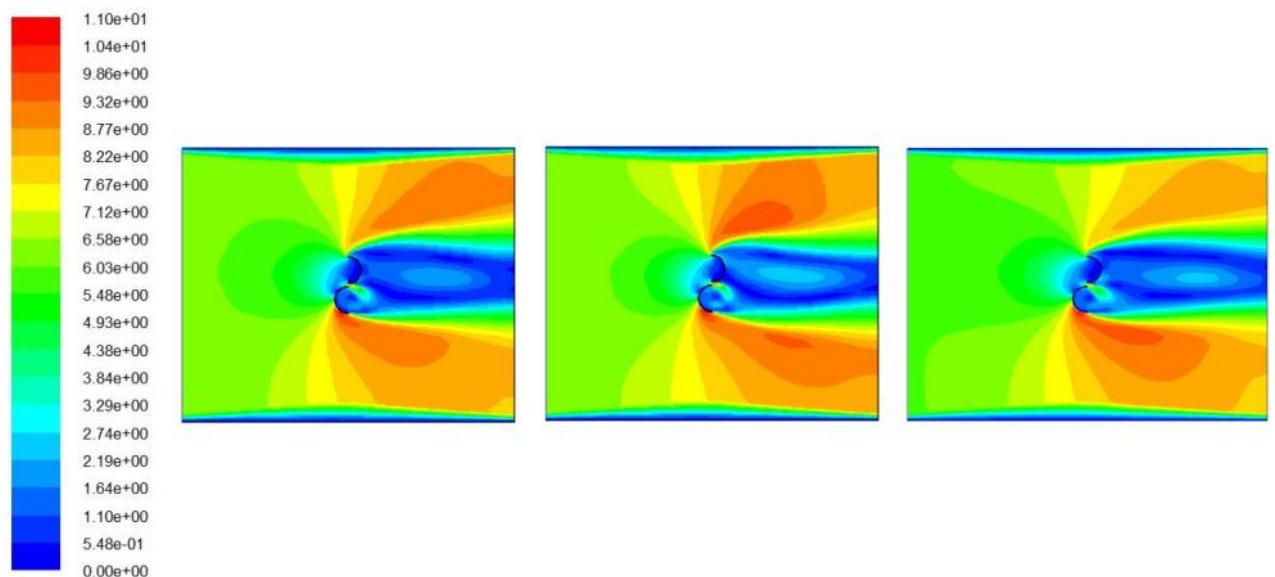
Pada gambar 5 merupakan gambar kontur tekanan pada suku kincir saat kecepatan inlet 4 m/s, 5m/s dan 6 m/s. Pada gambar ditunjukkan distribusi warna dari warna biru sebagai warna yang mengindikasikan tekanan yang paling rendah dan warna merah yang mengindikasikan tekanan yang paling tinggi. Sudu terdiri dari dua bilah yang menghadap ke arah yang berlawanan. Sudu yang membentuk cekungan kearah depan “)” akan disebut sebagai daerah cekung. Sudu yang membentuk cekungan kearah belakang “(“ akan disebut sebagai daerah cembung. Sisi kiri pada masing-masing gambar disebut sisi inlet dan sisi outlet disebut daerah outlet. Pada gambar 5 kontur tekanan yang ditunjukkan sisi inlet menunjukkan warna jingga muda yang mengindikasikan tekanan sedang. Kemudian aliran mengalami peningkatan tekanan hingga menumbuk bagian depan daerah cekung.



Contours of Static Pressure (pascal)

Oct 10, 2013
FLUENT 6.3 (2d, pbns, S-A)

**Gambar 5 . (a) Kontur Tekanan untuk kecepatan angin (a) 4 m/s, (b) 5 m/s dan
(c) Kontur 6 m/s**



Contours of Velocity Magnitude (m/s)

Oct 10, 2013
FLUENT 6.3 (2d, pbns, S-A)

**Gambar 6 . (a) Kontur Kecepatan untuk kecepatan angin (a) 4 m/s, (b) 5 m/s
dan (c) 6 m/s**

Pada bagian depan daerah cekung mencapai tekanan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah. Pada bagian depan daerah cembung ditunjukkan dengan warna jingga yang mengindikasikan tekanan yang cukup tinggi. Pada bagian belakang daerah cembung ditunjukkan dengan warna biru. Pada bagian depan daerah cekung masukan angin menghasilkan tekanan yang paling besar 25.5 Pascal saat kecepatan 6 m/s, sedangkan pada bagian depan daerah

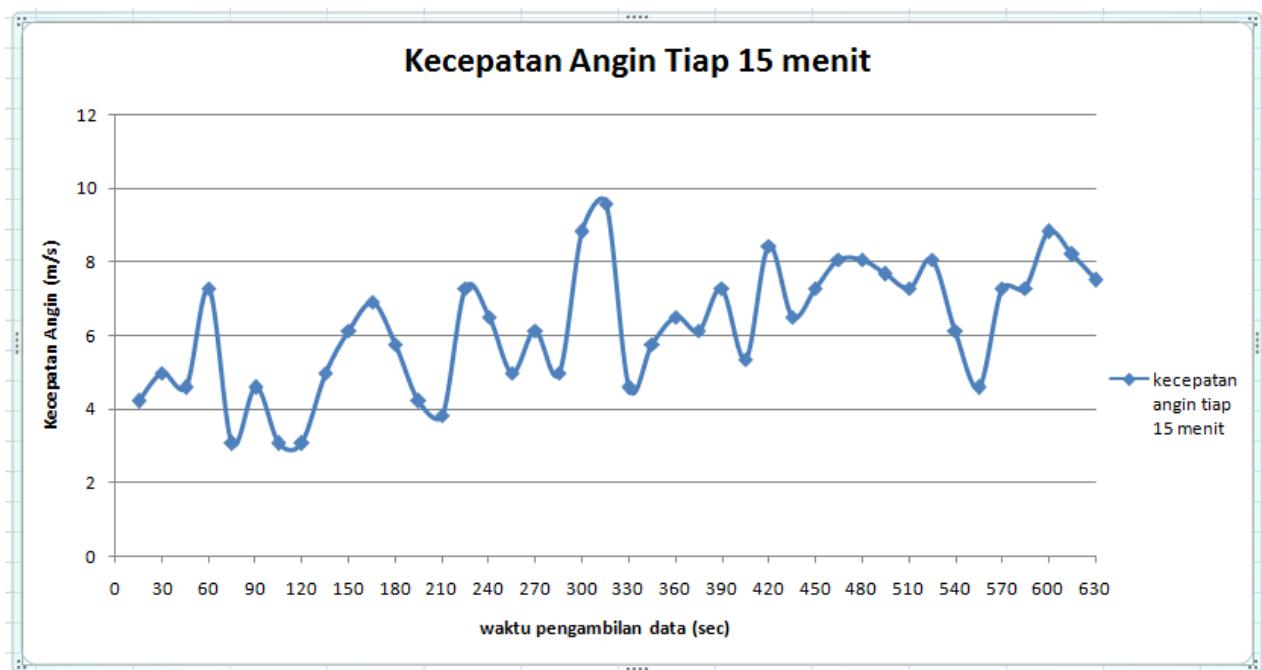
cembung menghasilkan tekanan yang paling kecil yaitu -72.5 Pascal. distribusi tekanan rata-rata pada daerah depan cekung sebesar 22.1 Pa sedangkan pada bagian belakang sebesar 3.2 Pa. Distribusi tekanan rata rata pada bagian depan daerah cembung adalah 5.3 Pa sedangkan pada bagian belakang sebesar 4.8 Pa. Sehingga didapatkan gaya sebesar 9.2 N/m panjang sudu. Dari gaya tersebut maka dapat dihasilkan torsi

sebesar 4.6 J/m dengan arah pergerakan sudu searah jarum jam.

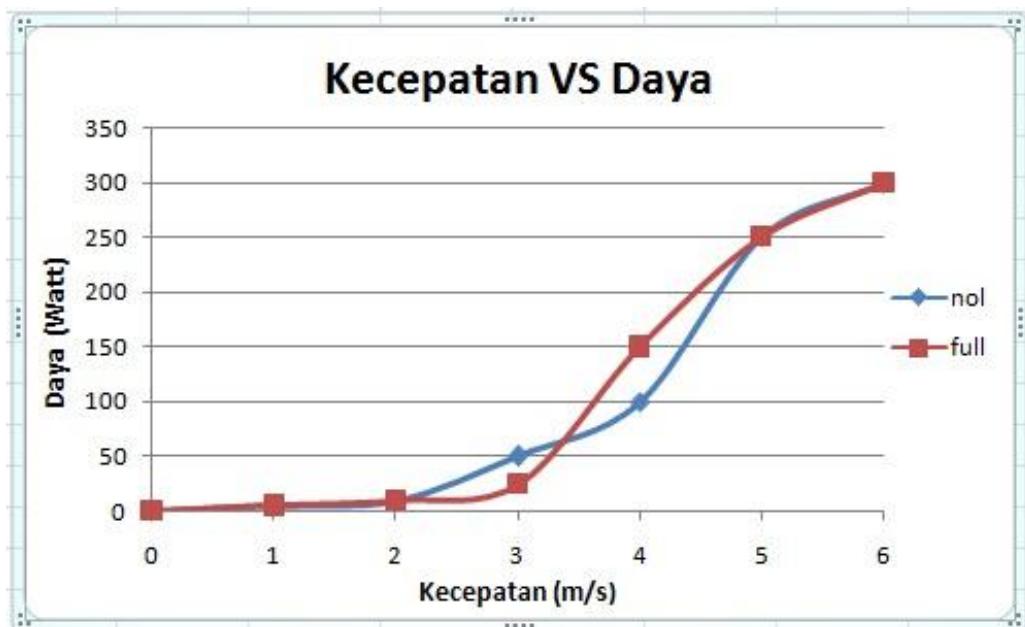
Pada gambar 6 merupakan gambar kontur kecepatan pada sudu kincir saat kecepatan inlet 4-6 m/s. Pada gambar ditunjukkan distribusi warna dari warna biru yang mengindikasikan kecepatan yang paling rendah dan warna merah yang mengindikasikan kecepatan yang paling tinggi. Sudu terdiri dari dua bilah yang menghadap ke arah yang berlawanan. Pada sisi inlet ditunjukkan warna hijau muda yang mengindikasikan kecepatan rendah. Kemudian aliran mengalami penurunan kecepatan hingga menumbuk bagian depan daerah cekung untuk diubah menjadi tekanan yang meningkat. Pada bagian depan daerah cembung terjadi kecepatan maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah. Sedangkan pada bagian belakang daerah cekung maupun cembung ditunjukkan dengan warna biru yang mengindikasikan vortex aliran setelah melewati sudu. Pada daerah domain

simulasi terdapat kecepatan maksimum adalah 11 m/s keluar dari sudu bentuk cembung dibagian tip sudu pada saat kecepatan angin inlet 6 m/s.

Gambar histori kecepatan angin yang diambil setiap 15 menit di daerah pantai Pandansimo, Srandonan, Bantul ditunjukkan pada gambar 7. Daerah pantai Srandonan, Bantul diambil sebagai studi eksperiment mengingat typical daerahnya menyerupai pantai pada Merauke dimana kincir ini akan dipasang sebagai kerjasama ITS dengan Univ Musamus Merauke. Data ini diambil mulai pukul 08.15 WIB sampai dengan pukul 18.00 WIB. Dari gambar 7 ini, ditunjukkan kecepatan yang selalu berubah-ubah dari kecepatan terendah 2.5 m/sec sampai kecepatan maksimum 9.5 m/sec. Kondisi arah dan kecepatan angin yang selalu berubah maka pembuatan kincir angin bentuk VAWT akan memberikan hasil yang sesuai. Untuk itu dibuat 2 pasang sudu Savonius yang dipasang dengan beda 90° agar putaran kincir VAWT lebih stabil.



Gambar 7. Histori Pengambilan Data Kecepatan Angin tiap 15 menit



Gambar 8. Daya Generator Sebagai Fungsi Kecepatan Angin

Daya yang dihasilkan generator sebagai fungsi dari kecepatan angin ditunjukkan dalam gambar 8. Pada gambar 8 ini juga ditunjukkan pengaruh jari-jari $R=0$ cm (nol) dan $R=50$ cm (full). Daya ini didapatkan dari perkalian voltage dan arus yang dihasilkan oleh generator. Pada jari-jari nol didapatkan starting wind velocity sekitar 2.7 m/sec sedangkan untuk jari-jari penuh dibutuhkan kecepatan 3.2 m/sec. Pada kecepatan antara 3-5 m/sec, daya yang dihasilkan generator untuk jari-jari penuh lebih besar bila dibandingkan dengan jari-jari nol. Akan tetapi pada kecepatan angin 5-6 m/sec daya yang dihasilkan untuk jari-jari nol maupun penuh mempunyai besaran yang sama yaitu 300 Watt.

Kesimpulan

1. Pengaruh jari-jari sudu terhadap poros pada simulasi 2D didapatkan distribusi tekanan yang hampir sama yaitu rerata pada bagian depan bentuk cekung 22.1 Pa dan 22.6 Pa pada kecepatan 6 m/s. Hal yang sama ditunjukkan dalam pola aliran pada bagian cekung dimana kecepatan menjadi melambat untuk diubah menjadi tekanan.
2. Kondisi kecepatan dan arah angin yang selalu berubah-ubah, dibutuhkan jarak antar sudu yang lebih optimal agar terjadi putaran yang lebih stabil.
3. Kecepatan angin minimum agar menghasilkan daya listrik dibutuhkan 2.7m/sec untuk jari-jari nol dan 3.2 m/sec untuk jari-jari penuh.
4. Pada kecepatan antara 3-5 m/sec, daya yang dihasilkan generator untuk jari-jari penuh lebih besar bila dibandingkan dengan jari-jari nol. Akan tetapi pada kecepatan angin 5-6 m/sec. daya yang dihasilkan adalah sama untuk variasi R .

Daftar Pustaka

1. Atif Shahzad, 2013, *Performance of a Vertical Axis Wind Turbine under Accelerating and Decelerating Flows*, Procedia CIRP: TESC 2013 - 2nd International Through-life Engineering Services Conference
2. In Seong Hwang, 2003, *Efficiency Improvement of a New Vertical Axis Wind Turbine by Individual Active Control of Sudu Motion*, Report from Brain Korea 21 Project in 2005
3. Payam Sabiefard, 2012, *Determination of Vertical Axis Wind Turbine Optimal Configuration through CFD simulations*, International Conference on Future Environment and Energy IPCBEE, vol.28
4. Chris Kaminsky, 2012, *A CFD Study of Wind Turbine Aerodynamics*, ASEE North Central Section Conference