

STUDY EKSPERIMENTAL BERBAGAI MACAM JENIS SUDU TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL SKALA LABORATORIUM

Rahmat Nanang, Gunarto¹⁾, Eko sarwono²⁾

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Pontianak (UMP)
Jalan Jenderal Ahmad Yani No.111, Kota Pontianak, Kalimantan Barat 78124

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang turbin angin (horisontal) untuk mengetahui kecepatan angin, pengaruh jumlah sudu, serta variasi model sudu tipe U dan tipe I terhadap daya dan putaran yang dihasilkan turbin maksimum. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen. Tahap yang dilakukan adalah perancangan, pembuatan prototype dan dilakukan pengujian terhadap prototype tersebut. Penelitian ini memberikan gambaran yang sangat sistematis, faktual dan akurat mengenai hubungan antara perubahan jumlah sudu dan model sudu serta kecepatan angin terhadap besarnya daya dan putaran yang dihasilkan oleh turbin. Dari penelitian yang diujikan ini menggunakan dua model sudu dengan jumlah sudu delapan dengan kemiringan sudut 15° . Turbin angin horisontal dengan sudu tipe U ini memiliki kecepatan putar (Rpm) tertinggi sebesar 63.8 rpm pada kecepatan angin 5.7m/s dan yang terendah sebesar 46.9 rpm pada kecepatan angin 4.5 m/s. Sedangkan pada sudu tipe I ini memiliki kecepatan putar (Rpm) tertinggi sebesar 62.2 rpm pada kecepatan angin 5.6 m/s dan yang terendah sebesar 46.2 rpm pada kecepatan angin 4.5 m/s. Torsi yang dihasilkan pada turbin angin horisontal sebesar 7.9 Nm. Dengan diameter 1000 mm (1m) pada sudut kemiringan sudu sebesar 15° pada kecepatan angin rata – rata menurut data BMKG sebesar 1.9 m/s.

Kata Kunci : turbin angin horisontal, rancang bangun, prototype.

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di indonesia pada saat ini meningkat karena jumlah penduduk yang ada di indonesia semakin bertambah. hampir semua kegiatan manusia disetiap harinya memerlukan energi listrik yang pastinya diperlukan sebuah pembangkit listrik untuk dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Ironisnya adanya kenaikan jumlah kebutuhan energi listrik tersebut tidak diimbangi dengan persediaan energi yang memadai dan pada saat ini pun di Indonesia kenaikan tenaga listrik semakin meningkat setiap tahunnya. Akan Tetapi, fenomena yang terjadi pada saat ini justru menunjukkan adanya krisis energi listrik yang dibuktikan adanya pemadaman listrik secara bergilir maupun kampanye efisiensi penggunaan listrik kepada masyarakat. Sebagai konsekuensi atas kebutuhan manusia akan listrik, maka harus dicari semacam solusi terhadap pemenuhan listrik dengan pemanfaatan energi alternatif terbarukan. Salah satu energi alternatif terbarukan yang saat ini cukup mendapat perhatian dikalangan pengusaha serta ilmuwan dalam bidang energi, adalah penggunaan energi angin untuk menggerakkan turbin angin guna memenuhi kebutuhan manusia akan kebutuhan listrik.

Pada dasarnya angin terjadi karena adanya perbedaan suhu antara udara panas dan udara dingin. di daerah khatulistiwa udaranya menjadi panas mengembang dan menjadi ringan, naik ke atas dan bergerak ke daerah yang lebih dingin. Sebaliknya daerah kutub yang dingin, udara menjadi dingin dan turun ke bawah. Dengan demikian, terjadi perputaran berupa perpindahan udara dari kutub utara ke garis khatulistiwa menyusuri permukaan bumi dan sebaliknya suatu perpindahan udara dari garis katulistiwa kembali ke kutub utara, melalui lapisan udara yang lebih tinggi.

Tujuan utama dalam penelitian ini adalah merancang turbin angin (horisontal) untuk mengetahui kecepatan angin, pengaruh jumlah sudu, serta variasi model sudu tipe U dan tipe I terhadap daya dan putaran yang dihasilkan turbin maksimum.

TINJAUAN PUSTAKA

Definisi Angin

Angin adalah aliran dalam jumlah yang besar diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara di sekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke bertekanan udara rendah. Apabila dipanaskan, udara memuai. Udara yang telah memuai menjadi lebih ringan sehingga naik. Apabila hal ini terjadi, tekanan udara turun kerana udaranya berkurang. Udara dingin di sekitarnya mengalir ke tempat yang bertekanan rendah tadi. Udara menyusut menjadi lebih berat dan turun ke tanah. Di atas tanah udara menjadi panas lagi dan naik kembali. Aliran naiknya udara panas dan turunnya udara dingin ini dinamakan konveksi.

Tenaga angin merupakan pengumpulan energi yang berguna dari angin. Kebanyakan tenaga angin modern dihasilkan dalam bentuk listrik dengan mengubah rotasi dari pisau turbin menjadi arus listrik dengan menggunakan generator listrik. Pada kincir angin energi angin digunakan untuk memutar peralatan mekanik untuk melakukan kerja fisik, seperti menggiling "*grain*" atau memompa air. Tenaga angin digunakan dalam ladang angin skala besar untuk penghasilan listrik nasional dan juga dalam turbin individu kecil untuk menyediakan listrik di lokasi yang terisolir. Tenaga angin banyak jumlahnya, tidak terbatas, tersebar luas, bersih, dan mengurangi efek rumah kaca.

Asal Energi Angin

Energi angin merupakan bentuk yang jauh berkelanjutan bebas dengan polusi energi. Pemanfaatan angin ini memang sangat disarankan karena jumlahnya yang tidak terbatas dan juga melimpah. Energi Angin biasanya dihasilkan dari turbin dan kincir penangkap angin yang di bangun di daerah yang kaya sumber angin, lalu kemudian di ubah menjadi listrik.

Tenaga angin juga mudah didapatkan secara gratis karena alam menyediakan tenaga ini dengan terus-menerus dengan melimpah dan tanpa berhenti namun sayang pemanfaatan tenaga angin ini masih sangat minim karena berbagai kendala yang menghadang terutama untuk negara berkembang, yang minim untuk pengembangan teknologi alternatif seperti tenaga angin.

Definisi Turbin Angin

Menurut Zaid Muttaqin, dkk (2012),” *Desain Dan Implementasi Test Bench Turbin Angin Untuk Mengetahui Karakteristik Turbin Angin*”, Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan Windmill. Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (Contoh: PLTD,PLTU,dll), turbin angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbaharui (Contoh : batubara, minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik.

Jenis Turbin Angin

Turbin Angin Sumbu Horizontal

Turbin angin sumbu horisontal (TASH) memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digandengkan ke sebuah servo motor.



Sebagian besar memiliki sebuah *gearbox* yang mengubah perputaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar. Karena sebuah menara menghasilkan turbulensi di belakangnya, turbin biasanya diarahkan melawan arah anginnya menara. Bilah-bilah turbin dibuat kaku agar mereka tidak terdorong menuju menara oleh angin berkecepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diletakkan di depan menara pada jarak tertentu dan sedikit dimiringkan. Karena turbulensi menyebabkan kerusakan struktur menara, dan realibilitas begitu penting, sebagian besar TASH merupakan mesin *upwind* (melawan arah angin). Meski

memiliki permasalahan turbulensi, mesin *downwind* (menurut jurusan angin) dibuat karena tidak memerlukan mekanisme tambahan agar mereka tetap sejalan dengan angin, dan karena di saat angin berhembus sangat kencang, bilah-bilahnya bisa ditekuk sehingga mengurangi wilayah tiupan mereka dan dengan demikian juga mengurangi resintensi angin dari bilah-bilah itu.

Turbin Angin Sumbu Vertikal

Turbin Angin Sumbu Vertikal / tegak (atau TASV) memiliki poros/sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. Kelebihan ini sangat berguna di tempat-tempat yang arah anginnya sangat bervariasi. VAWT mampu mendayagunakan angin dari berbagai arah.

Dengan sumbu yang vertikal, generator serta *gearbox* bisa ditempatkan di dekat tanah, jadi menara tidak perlu menyokongnya dan lebih mudah diakses untuk keperluan perawatan. Tapi ini menyebabkan sejumlah desain menghasilkan tenaga putaran yang berdenyut. *Drag* (gaya yang menahan pergerakan sebuah benda padat melalui fluida (zat cair atau gas) bisa saja tercipta saat kincir berputar. Karena sulit dipasang di atas menara, turbin sumbu tegak sering dipasang lebih dekat ke dasar tempat ia diletakkan, seperti tanah atau puncak atap sebuah bangunan. Kecepatan angin lebih pelan pada ketinggian yang rendah, sehingga yang tersedia adalah energi angin yang sedikit. Aliran udara di dekat tanah dan obyek yang lain mampu menciptakan aliran yang bergolak, yang bisa menyebabkan berbagai permasalahan yang berkaitan dengan getaran, diantaranya kebisingan dan *bearing wear* yang akan meningkatkan biaya pemeliharaan atau mempersingkat umur turbin angin. Jika tinggi puncak atap yang dipasangi menara turbin kira-kira 50% dari tinggi bangunan, ini merupakan titik optimal bagi energi angin yang maksimal dan turbulensi angin yang minimal.

Prinsip Konversi Energi Pada Turbin Angin

Sistem konversi energi angin merupakan suatu sistem yang bertujuan untuk mengubah energi potensial angin menjadi energi kinetik. Alat utamanya adalah generator. Dengan generator tersebut maka dapat dihasilkan arus listrik dari gerakan sudu – sudu pada turbin yang bergerak karena hembusan angin. Pembangkit listrik efisien dari pada pembangkit listrik tenaga surya didalam menghasilkan listrik. Untuk menggerakkan turbin agar bisa berputar, harus memiliki kecepatan angin 2 m/s dan untuk menghasilkan listrik yang stabil sesuai kapasitas generatornya rata-rata 6 sampai dengan 10 m/s. Daerah yang cocok digunakan pembangkit ini adalah daerah pantai, pesisir dan pegunungan.

Perencanaan

Dalam proses perencanaan dan pembuatan turbin angin tipe horisontal, untuk menghasilkan daya yang cukup dalam memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga sebaiknya didasarkan dari beberapa faktor-faktor yang mendukung efektifitas daya yang dihasilkan turbin tersebut, yaitu :

- a) Dimensi Turbin
- b) Kekuatan Poros
- c) Daya Angin
- d) Daya Kincir
- e) Analisa Segitiga Kecepatan
- f) Generator

Dari beberapa faktor yang harus dipertimbangkan diatas, hal yang mendasari dalam pembuatan turbin angin ini adalah besarnya kecepatan angin.

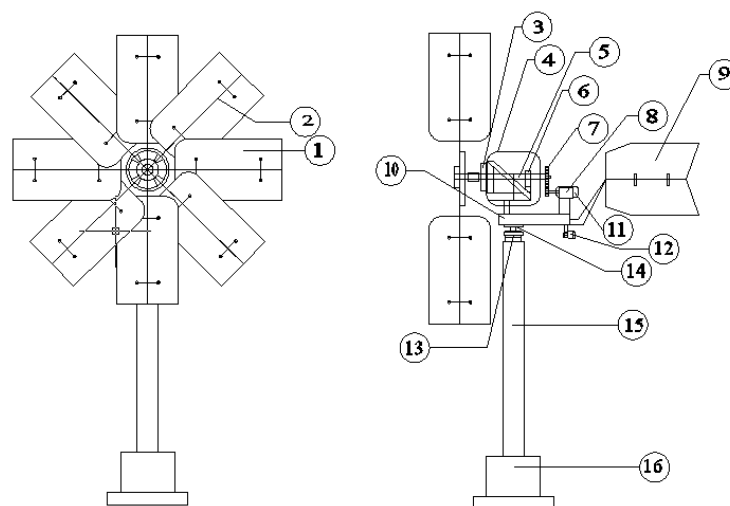
Prinsip Kerja

Penelitian dan penerapan teknologi turbin angin yang ada menghasilkan karakteristik dari masing – masing turbin angin. Karakteristik turbin angin ini sering kali ditunjukkan melalui kurva koefisien daya terhadap *teep speed ratio*. Perputaran tersebut akan menggerakkan bilah maju dengan lintasan melingkar. Aliran fluida yang diperlambat di depan rotor dianggap masih dalam kondisi lurus belum mengalami pembelokan. Ketika bilah mulai berotasi dengan kecepatan yang jauh lebih besar dibandingkan kecepatan fluida sebelum menyentuh bilah *tip speed ratio* yang besar.

Teep speed ratio (rasio kecepatan ujung) adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. untuk kecepatan angin nominal yang tertentu, *tip speed ratio* akan berpengaruh pada kecepatan putar rotor. Turbin angin tipe *lift* akan memiliki *tip speed ratio* yang relatif lebih besar dibandingkan dengan turbin angin tipe *drag*. Grafik berikut menunjukkan variasi nilai *tip speed ratio* dan koefisien daya C_p untuk berbagai macam turbin angin.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen. Tahap yang dilakukan adalah perancangan, pembuatan *prototype* dan di lakukan pengujian terhadap *prototype* tersebut. Hal ini bertujuan untuk membuktikan teori yang mendasari tugas akhir ini dan dihubungkan dengan keadaan sebenarnya dengan hasil pengujian.



Metode eksperimen berupa pengujian terhadap objek akan menghasilkan data pengukuran. Perubahan jumlah dan model sudu serta kecepatan angin sebagai parameter

untuk menghitung daya dan putaran yang dihasilkan oleh turbin angin horisontal ini. Penelitian ini memberikan gambaran yang sangat sistematis, faktual dan akurat mengenai hubungan antara perubahan jumlah sudu dan model sudu serta kecepatan angin terhadap besarnya daya dan putaran yang dihasilkan oleh turbin. Dengan pengujian *prototype* ini kita dapat menganalisis untuk kemudian dijadikan bahan untuk pengembangan model berikutnya.

Penerapan Prinsip Energi Angin

Menurut aturan teori Betz, daya maksimum yang dapat diserap oleh turbin angin tidak akan melebihi 0,593 bagian dari daya total udara yang melalui area sapuan rotor (Eric Hau, 2006 : 85). Sedangkan untuk turbin yang menggunakan prinsip aerodinamis tahanan atau *drag*, koefisien daya maksimum dapat dihasilkan hanya sebesar 0,2 (Eric Hau, 2006 : 87).

ANALISA DAN PEMBAHASAN

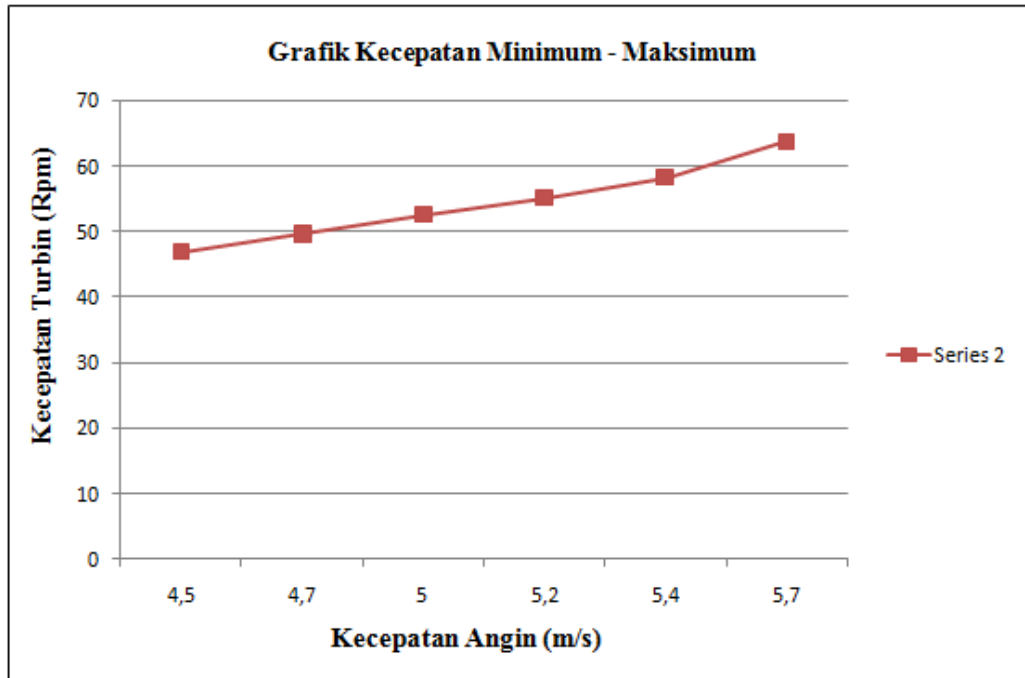
Data Hasil Pengujian

Berdasarkan data hasil pengujian menggunakan kipas angin dengan jarak 1 meter didalam bengkel laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak yang bertempat di jl. Sungai Ambawang, diperoleh data minimum dan maksimum kecepatan generator turbin angin horisontal sebagai berikut :

TABEL 4.1 data uji coba turbin angin horisontal sudu tipe U

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Turbin (Rpm)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)
1	4.5	46.9	1.2	1.086
2	4.7	49.6	1.33	1.215
3	5	52.6	1.5	1.337
4	5.2	55.2	1.64	1.495
5	5.4	58.3	1.75	1.565
6	5.7	63.8	1.87	1.641

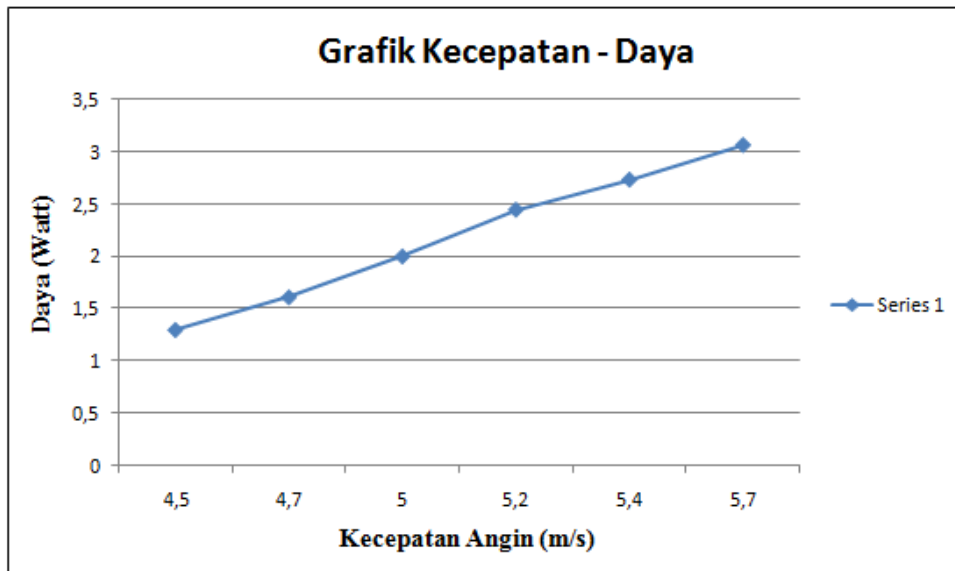
Berdasarkan tabel 4.1 maka kecepatan minimum yang didapat dari sudu tipe U sebesar 4.5 m/s sedangkan kecepatan maksimum 5.7 m/s dengan mengatur jaraknya maka dapat dilihat pada grafik sebagai berikut :



Grafik 4.1 menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan angin maka semakin besar pula kecepatan turbin yang dihasilkan. Dengan menggunakan kipas angin kecepatan turbin dengan jarak 1 meter maka dihasilkan minimum 46.9 rpm dengan kecepatan angin 4.5 m/s sedangkan kecepatan turbin maksimum 63.8 rpm dengan kecepatan angin 5.7 m/s.

TABEL 4.2 data pengujian kecepatan angin terhadap daya yang dihasilkan turbin angin horisontal sudu tipe U

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Daya (Watt)
1	4.5	1.303
2	4.7	1.615
3	5	2.005
4	5.2	2.451
5	5.4	2.738
6	5.7	3.068

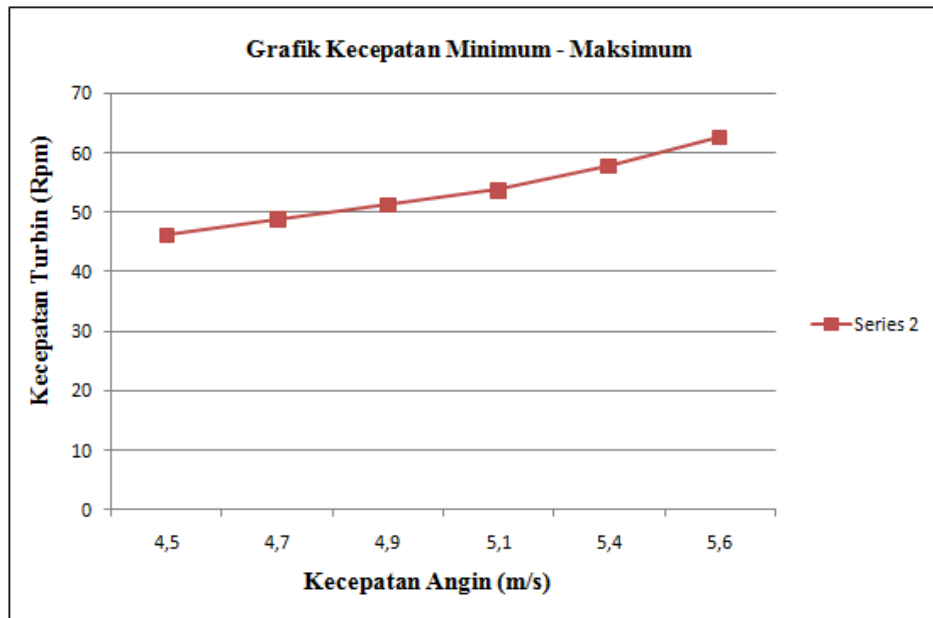


Grafik diatas menunjukkan semakin besar kecepatan angin maka semakin besar daya yang dihasilkan. Daya yang dihitung merupakan daya semu karena keterbatasan alat untuk menghitung cos phinya.

TABEL 4.3 data uji coba turbin angin horisontal sudu tipe I

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Turbin (Rpm)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)
1	4.5	46.2	1.15	1.012
2	4.7	48.8	1.28	1.164
3	4.9	51.2	1.38	1.255
4	5.1	53.7	1.45	1.369
5	5.4	57.8	1.67	1.489
6	5.6	62.6	1.78	1.594

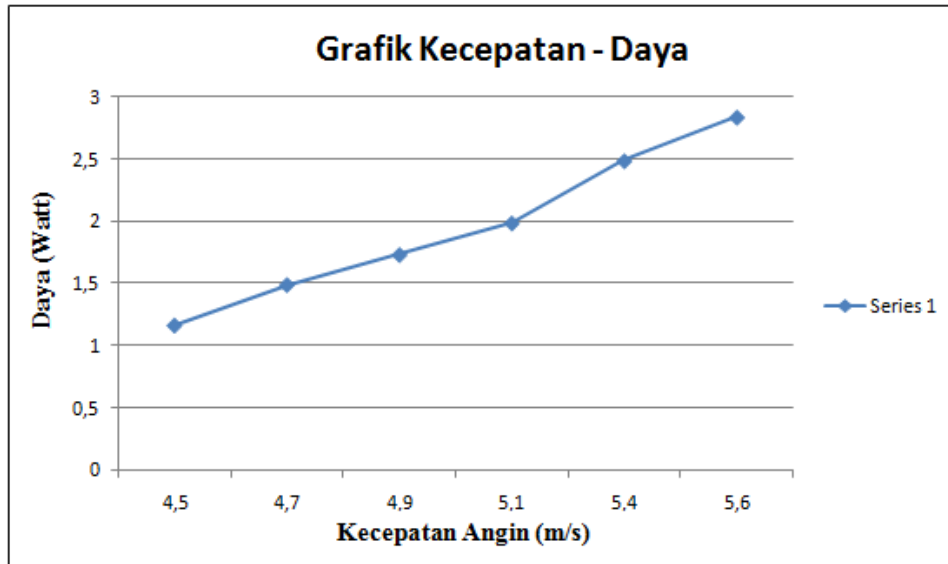
Berdasarkan tabel 4.3 maka kecepatan minimum yang didapat dari sudu tipe U sebesar 4.5 m/s sedangkan kecepatan maksimum 5.6 m/s dengan mengatur jaraknya maka dapat dilihat pada grafik sebagai berikut :



Grafik 4.3 menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan angin maka semakin besar pula kecepatan turbin yang dihasilkan. Dengan menggunakan kipas angin kecepatan turbin dengan jarak 1 meter maka dihasilkan minimum 46.2 rpm dengan kecepatan angin 4.5 m/s sedangkan kecepatan turbin maksimum 62.6 rpm dengan kecepatan angin 5.6 m/s.

TABEL 4.4 data pengujian kecepatan angin terhadap daya yang dihasilkan turbin angin horisontal sudu tipe I

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Daya (Watt)
1	4.5	1.163
2	4.7	1.489
3	4.9	1.731
4	5.1	1.985
5	5.4	2.486
6	5.6	2.837



Grafik diatas menunjukkan semakin besar kecepatan angin maka semakin besar daya yang dihasilkan. Daya yang dihitung merupakan daya semu karena keterbatasan alat untuk menghitung cos phinya.

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan bahwa hasil dari perbandingan variasi model sudu tipe U dan tipe I didapatkan hasil rata – rata daya pada sudu tipe U adalah 2.196 watt, dan sudu tipe I menghasilkan rata – rata daya 1.948 watt. Sedangkan hasil dari perbandingan variasi model sudu tipe U dan tipe I didapatkan hasil rata – rata putaran pada sudu tipe U adalah 54.4 rpm, dan sudu tipe I menghasilkan rata – rata putaran 53.38 rpm.

Jadi, dari penelitian yang telah dilakukan perbandingan sudu tipe U dan tipe I didapatkan hasil bahwa menggunakan model sudu tipe U lebih efisien dibandingkan menggunakan sudu tipe I.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal yaitu :

1. Turbin angin horisontal dengan sudu tipe U ini memiliki kecepatan putar (Rpm) tertinggi sebesar 63.8 rpm pada kecepatan angin 5.7m/s dan yang terendah sebesar 46.9 rpm pada kecepatan angin 4.5 m/s. Sedangkan pada sudu tipe I ini memiliki kecepatan putar (Rpm) tertinggi sebesar 62.2 rpm pada kecepatan angin 5.6 m/s dan yang terendah sebesar 46.2 rpm pada kecepatan angin 4.5 m/s.
2. Sudut sudu turbin yang digunakan adalah 15^0 dengan jumlah sudu sebanyak 8 pcs.
3. Torsi yang dihasilkan pada turbin angin horisontal sebesar 7.9 Nm.
4. Daya yang dihasilkan oleh turbin angin horisontal sebesar 1.303 watt pada kecepatan angin dari hasil penelitian 4.5 m/s.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmada Jaya Pradana, (2013). ” Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Jenis Savonius dengan Variasi Profil Kurva Blade untuk Memperoleh Daya Maksimum”. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 7 : Hal. 1 – 6.
- Hau, Erich. (2005). Wind Turbine 2nd Edition. New York. Springer.
- Irasari Pudji, dan Dodiék Ika Chandra, (2013). “ Power Curve Prediction Of Small Scale Wind Turbine Referring To The Generator Characteristic”. Teknologi Indonesia : LIPI Press.
- Isti, Rizkiani, dkk. (2012). Analisis Dan Simulasi Konversi Energi Angin Menjadi Energi Listrik Menggunakan Metode Feedback Linearization Control. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 1 : Hal. 1 – 6.
- Johnson, Gary L. (2006). Wind Energy System.
- Lutfi, Fachrudin Suhardiman, dkk. (2013). Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Jenis Savonius Dengan Variasi Jumlah Stage Dan Phase Shift Angle Untuk Memperoleh Daya Maksimum. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 1 : Hal. 1 – 5.
- Muttaqin, Zadid, dkk.(2012). Desain Dan Implementasi Test Bench Turbin Angin Untuk Mengetahui Karakteristik Turbin Angin. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 1 : Hal. 1 – 7.
- Pengertian Angin.(Online).(<https://id.wikipedia.org/wiki/angin>). Diakses Tanggal 15 Maret 2016).
- Sketsa Sederhana Kincir Angin.(Online). (<https://renewableenergyindonesia>). Diakses Tanggal 15 Maret 2016).
- Sularso Dan Suga, Kiyokatsu. (1997). Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin. Penerbit : Pradnya Paratama. Jakarta.
- Sunarwo, dan Bambang S, (2011).” Desain Model Turbin Angin Empat Sudu Berbasis Silinder Sebagai Penggerak Pompa Air”. Fakultas Teknik : Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- T. Al – Shemmeri. Wind Turbine 1st Edition.
(<http://bookboon.com/en/search?q=wind+turbine>). Diakses Tanggal 31 Maret 2016).
- Wahyudi Budi Pramono, dkk, (2015). “Perancangan Mini Generator Turbin Angin 200 W Untuk Energi Angin Kecepatan Rendah”. Fakultas Teknik : Universitas Muria Kudus