

KAJIAN POTENSI ENERGI ANGIN DI DAERAH KAWASAN PESISIR PANTAI SERDANG BEDAGAI UNTUK MENGHASILKAN ENERGI LISTRIK

Ilmi Abdullah¹, Jufrizal Nurdin^{2*}, Hasanuddin³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Medan

*E-mail: jufrizal@itm.ac.id

ABSTRAK

Potensi energi angin di daerah pesisir pantai provinsi Sumatera Utara masih sangat sedikit yang dimanfaatkan sehingga perlu dilakukan penelitian-penelitian lebih lanjut terhadap konversi energi angin menjadi energi yang berguna. Energi kinetis angin biasanya digunakan untuk menggerakkan turbin angin untuk membangkitkan energi listrik. Untuk mengetahui besarnya potensi energi listrik yang bisa dihasilkan maka perlu dilakukan pengukuran langsung kecepatan angin di kawasan pesisir pantai. Tempat pengujian dilakukan di pantai Sialang Buah kabupaten Serdang Bedagai provinsi Sumatera Utara. Pengukuran kecepatan angin menggunakan anemometer jenis cup mulai tanggal 21 s.d 27 Oktober 2015 dalam kurun waktu seminggu. Hasil analisa yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kecepatan angin rata-rata selama satu minggu adalah 1,44 m/s atau setara dengan 2,8 knot. Berdasarkan hasil tersebut maka energi angin yang terdapat pada kawasan pesisir pantai Sialang Buah kabupaten Serdang Bedagai dapat dimanfaatkan sebagai penggerak turbin angin karena memiliki kecepatan angin pada kelas 3 yaitu antara 1,6-3,3 knots. Daya efektif dari angin yang dihasilkan oleh suatu turbin angin antara 0,38 s.d 1,32 W dengan diameter sapuan 1 m. Sedangkan energi listrik yang bisa dimanfaatkan persatuan luas penampang turbin antara 0,23 s.d 0,80 W/m².

Kata kunci : Energi Angin, Pantai Serdang Bedagai, Turbin Angin

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di Indonesia khususnya dan di dunia pada umumnya terus meningkat karena penambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi itu sendiri yang senantiasa meningkat. Sedangkan energi fosil yang selama ini merupakan sumber energi utama ketersediaannya sangat terbatas dan terus mengalami kehabisan atau penipisan. Proses alam memerlukan waktu yang sangat lama untuk dapat kembali menyediakan energi fosil ini. Jika tidak segera diciptakan alternatif penghasil energi untuk pengganti energi fosil maka dapat

dipastikan bahwa kita akan kehabisan energi. Upaya-upaya pencarian sumber energi alternatif selain fosil mendorong penulis untuk mencari alternatif. Energi terbarukan meliputi energi angin, panas bumi, air, matahari, biogas, biomas serta gelombang laut. Salah satu energi terbarukan yang berkembang pesat di dunia saat ini adalah energi angin. Energi angin merupakan energi terbarukan yang sangat fleksibel.

Energi angin dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan misalnya pemompaan air untuk irigasi, pengering, pembangkit listrik, penggerak kincir. Pemanfaatan potensi

energi angin di kawasan pesisir merupakan salah satu alternatif mengingat Indonesia memiliki garis pantai yang sangat panjang. Sehingga perlu di adakan kajian potensi angin apakah mampu menjadi penggerak kincir yang dapat menghasilkan energi alternatif. Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur dan menghitung kecepatan angin maksimum, minimum dan rata-rata di daerah kawasan pesisir pantai dalam kurun waktu satu minggu serta menganalisa kecepatan angin yang didapat sehingga diperoleh kesimpulan terkait potensi energi angin sebagai penggerak turbin.

TINJAUAN PUSTAKA

Angin

Angin merupakan aliran udara dalam jumlah besar diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena ada perbedaan tekanan udara di sekitarnya. Angin bergerak dari tempat udara bertekanan tinggi ke bertekanan rendah. Jika dipanaskan, udara akan memuai. Udara yang telah memuai menjadi lebih ringan sehingga naik. Apabila hal ini terjadi, tekanan udara turun karena 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 (Wikipedia, 2016).

Angin dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan tempat dan musim terjadinya yaitu angin laut, angin darat, angin lembah, angin gunung, angin fohn, angin muson, angin musim barat dan angin musim timur (Wikipedia, 2016).

Angin laut merupakan angin yang bertiup dari arah laut ke darat yang

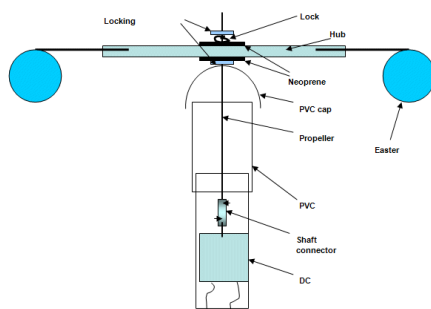
biasanya terjadi dari pukul 09.00 WIB sampai dengan pukul 16.00 WIB di daerah pesisir pantai. Angin laut ini terjadi pada siang hari karena air mempunyai kapasitas panas yang lebih besar daripada daratan, sinar matahari memanasi laut lebih lambat daripada daratan. Ketika suhu permukaan daratan meningkat pada siang hari, udara di atas permukaan darat meningkat pula akibat konduksi. Tekanan udara di atas daratan menjadi lebih rendah karena panas, sedangkan tekanan udara di lautan cenderung masih lebih tinggi karena lebih dingin. Akibatnya terjadi gradien tekanan dari lautan yang lebih tinggi ke daratan yang lebih rendah, sehingga menyebabkan terjadinya angin laut, dimana kekuatannya sebanding dengan perbedaan suhu antara daratan dan lautan. Jenis angin ini biasa dimanfaatkan para nelayan untuk membantu kepulangannya dari laut (Wikipedia, 2016).

Angin darat adalah angin yang bertiup dari arah darat ke arah laut yang umumnya terjadi pada saat malam hari dari jam 20.00 WIB sampai dengan 06.00 WIB di daerah pesisir pantai. Angin jenis ini bermanfaat bagi para nelayan untuk berangkat mencari ikan dengan perahu bertenaga angin sederhana. Pada malam hari daratan menjadi dingin lebih cepat daripada lautan, karena kapasitas panas tanah lebih rendah daripada air. Akibatnya perbedaan suhu yang menyebabkan terjadinya angin laut berangsur-angsur hilang dan sebaliknya muncul perbedaan tekanan yang berlawanan karena tekanan udara di atas lautan yang lebih panas itu menjadi lebih rendah daripada daratan, sehingga terjadilah angin darat (Wikipedia, 2016).

Anemometer

Anemometer merupakan alat pengukur kecepatan angin. Anemometer

bekerja karena adanya hembusan angin yang mengenai baling-baling pada perangkat tersebut. Putaran dari baling-baling tersebut akan di konversi menjadi sebuah besaran dalam bahasa matematika. Baling-baling pada anemometer digunakan sebagai alat reseptor atau yang menangkap suatu rangsangan berupa hembusan angin. Setelah baling-baling berputar maka hal ini akan menggerakkan sebuah alat yang akan mengukur kecepatan angin yang berhembus melalui putaran dari baling-baling pada anemometer. Jenis yang paling sederhana adalah *cup* anemometer. *Cup* anemometer terdiri dari tiang vertikal dengan empat lengan horisontal menempel ke atas. *Neoprene* yang melekat pada ujung empat lengan, dan angin menyebabkan *cup* untuk memutar lengan sekitar tiang tengah. Gambar 1 menunjukkan bagian-bagian dari cup anemometer.



Gambar 1. Bagian-bagian dari *cup* anemometer (Komponen elektronika, 2013)

Cup anemometer rentan terhadap gesekan, yang membuatnya kurang akurat dari pada versi yang lebih maju.

Tingkatan Kecepatan Angin

Syarat-syarat kecepatan dan kondisi angin yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik diperlihatkan pada **Tabel 1**. Tabel tersebut menjelaskan bahwa kecepatan angin kelas 3 adalah batas minimum dan kelas 8 adalah batas maksimum

yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Tingkatan kecepatan angin diberikan pada 10 meter dari permukaan tanah.

Tabel 1. Tingkatan kecepatan angin 10 meter diatas permukaan tanah dalam satuan knots (Habibie dkk., 2011)

Tingkat Kecepatan Angin 10 meter di atas permukaan Tanah		
Kelas	Kecepatan	Kondisi Alam di Daratan
1	0,00 – 0,02	-----
2	0,3 – 1,5	Angin tenang, asap lurus ke atas
3	1,6 – 3,3	Asap bergerak mengikuti arah angin
4	3,4 – 5,4	Wajah terasa ada angin, daun2 bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak
5	5,5 – 7,9	Debu jalan, kertas beterbangan, ranting pohon bergoyang
6	8,0 – 10,7	Ranting pohon bergoyang, bendera berkibar
7	10,8 – 13,8	Ranting pohon besar bergoyang, air plumpang berombak kecil
8	13,9 – 17,1	Ujung pohon melengkung, hembusan angin terasa di telinga
9	17,2 – 20,7	Dapat mematahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin
10	20,8 – 24,4	Dapat mematahkan ranting pohon, rumah rubuh
11	24,5 – 28,4	Dapat merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	28,5 – 32,6	Menimbulkan kerusakan parah
13	32,7 – 36,9	Tornado

Turbin Angin

Turbin angin menurut arah sumbu dibedakan menjadi Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH) dan Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV).

TASH memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Kincir 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. Contoh penggunaan turbin angin jenis TASH di

dunia yaitu di lepas pantai Belgia seperti diperlihatkan pada **Gambar 2** (Wikipedia, 2016). Sedangkan kelebihan dan kekurangan TASH seperti pada **Tabel 2**. (Apit, 2015) dan (Get STT-PLN, 2013).



Gambar 2. Beberapa TASH dipasang di laut utara Belgia menggunakan turbin 5 MW (Wikipedia, 2016).

Tabel 2. Kelebihan dan kekurangan TASH

Kelebihan	Kekurangan
Akses angin yang lebih kuat di tempat-tempat yang memiliki geseran angin.	Sulit diangkut dan juga memerlukan biaya besar untuk pemasangannya, sulit dipasang.
Di sejumlah lokasi geseran angin, setiap sepuluh meter ke atas, kecepatan angin meningkat sebesar 20%.	Konstruksi Menara yang besar dibutuhkan untuk menyangga bilah-bilah yang berat, <i>gearbox</i> , dan generator.
---	Ukurannya yang tinggi merintangi jangkauan pandangan
---	Kerusakan struktur akibat turbulensi.

Menurut Melisa (2016) berdasarkan laporan yang diterima di salah satu surat kabar LA Times, menyatakan bahwa peneliti sedang membangun turbin angin jenis TASH terbesar di dunia yang diperkirakan mencapai ketinggian 479 m dan berdiameter 400 m di Amerika Serikat.

Penggunaan turbin angin sebagai penggerak memiliki kendala yaitu kecepatan angin dan arah angin yang berubah-ubah sepanjang waktu. Oleh karena itu, turbin angin yang baik adalah turbin yang dapat menerima angin dari segala arah. Selain itu juga harus mampu bekerja pada angin dalam kecepatan yang rendah. Jenis turbin angin ini dikenal dengan nama TASV. Turbin jenis ini memiliki efisiensi yang lebih kecil dibandingkan dengan TASH.

Ada berbagai tipe TASV yang sering digunakan diantaranya adalah Savonius, Darrieus, dan H-Rotor. Contoh penggunaan turbin angin jenis TASV di dunia yaitu di negara Inggris dengan kapasitas 6,5 kW seperti diperlihatkan pada **Gambar 3** (Wikipedia, 2016).



Gambar 3. Sebuah turbin bernama Quietrevolution QR5 Gorlov jenis TASV di Bristol, Inggris. Ukuran diameter 3 m dan tinggi 5 m.

Kelebihan dan kekurangan TASV seperti pada **Tabel 3.** (Apit, 2015) dan (Get STT-PLN, 2013).

Tabel 3. Kelebihan dan kekurangan TASV

Kelebihan	Kekurangan
Tidak membutuhkan struktur menara yang besar.	Kebanyakan TASV memproduksi energi hanya 50% dari efisiensi KASH
Pemeliharaannya lebih mudah	TASV tidak mengambil keuntungan dari angin yang melaju lebih kencang di elevasi yang lebih tinggi.
Memiliki ke aerodinamisan yang tinggi	Kebanyakan TASV mempunyai torsi awal yang rendah, dan membutuhkan energi untuk mulai berputar.
wilayah tiupan yang lebih besar untuk diameter tertentu .	Sebuah TASV yang menggunakan kabel untuk menyanggahnya memberi tekanan pada bantalan dasar karena semua berat rotor dibebankan pada bantalan.
TASV memiliki kecepatan awal angin yang lebih rendah daripada KASH.	---
TASV biasanya memiliki <i>tip speed ratio</i> yang lebih rendah sehingga lebih kecil	---
TASV bisa didirikan pada lokasi-lokasi dimana struktur yang lebih tinggi dilarang dibangun.	---
TASV tidak harus diubah posisinya jika arah angin berubah.	---

Perhitungan Energi Angin

Energi kinetis (E) akibat kecepatan angin yang digunakan untuk memutar sudu-sudu turbin angin adalah perkalian laju aliran udara ($\dot{m}$) dengan kecepatan angin pangkat dua atau dapat ditulis dengan persamaan (Sam dkk., 2005).

$$E = \frac{1}{2} \dot{m} \cdot V^2 \quad (1)$$

Jika suatu blok udara mempunyai luas penampang A (m²) dan bergerak dengan kecepatan V (m/s), maka jumlah massa udara yang mengalir tiap detik (Sam dkk., 2005) adalah:

$$\dot{m} = A \cdot V \cdot \rho \quad (2)$$

dimana ρ adalah kerapatan udara (kg/m³).

Selanjutnya didapatkan energi yang dihasilkan persatuan waktu (Sam dkk., 2005) adalah:

$$P = E / \text{satuan waktu} \\ = \frac{1}{2} \cdot A \cdot V^3 \cdot \rho \text{ (watt)} \quad (3)$$

Menurut Brown, C.K dan Warne daya efektif dari angin yang mungkin dihasilkan oleh suatu turbin angin (Ea) dapat dihitung dengan persamaan (Sam dkk., 2005).

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \rho \cdot D^2 \cdot V^3 \quad (4)$$

dimana C_p dan D adalah koefisien daya dan diameter turbin angin. Nilai dari C_p adalah 0,4 (Sam dkk., 2005).

Selanjutnya sistem konversi energi angin untuk membangkitkan tenaga listrik ((P_s/A)_{wp}) dihitung dengan persamaan (Sam dkk., 2005).

$$(P_s/A)_{wp} = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_g \cdot \eta_b \cdot \rho \cdot V^3 \quad (5)$$

dimana $\eta_{tr}, \eta_g, \eta_b$ berturut-turut adalah efisiensi transmisi, generator dan baterai. Nilai dari efisiensi tersebut berturut-turut adalah 0,95, 0,85, dan 0,75 (Sam dkk., 2005).

METODE PENELITIAN

Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di pantai Sialang Buah, Kecamatan Teluk Mengkudu Kabupaten Serdang Bedagai yang terletak secara astronomis pada $2^{\circ}57''\text{LU}-3^{\circ}16''\text{LS}$ dan $98^{\circ}33''\text{BT}-99^{\circ}27''\text{BT}$ pada tanggal 21 s.d 27 Oktober 2015 dan data sekunder dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Sumatera Utara stasiun Sampali.

Peralatan Penelitian

Peralatan utama dalam penelitian ini adalah *Handheld* Anemometer merk Ames tipe RVM 96B seperti pada **Gambar 4** dan spesifikasi dari peralatan tersebut diperlihatkan pada **Gambar 5**.



Gambar 4. *handheld* Anemometer merk Ames tipe RVM 96B

	WIND SPEED	WIND DIRECTION
Measuring range:	from 0 m/s to 50 m/s or 0 to 100 knots or 0 to 180 km/h	from 0 deg. to 360 deg.
Starting speed:	0.5 m/s	0.5 m/s
Accuracy and linearity:	± 0.5 m/s	± 3 deg.
Resolution:	0.1 m/s	1 deg.
Measuring system:	optoelectronic	mechanical
Indicator:	L.C display	circular scale
Orientation:	with the built-in electronic compass	
Power supply:	6 V (4 x RS 6 type / AA size batteries)	
Battery life:	aprox. 60 hours of continuous work without scale illumination, aprox. 30 hours with illumination	
Working temperature:	from -20 deg. C to +40 deg. C	
Working rel. humidity:	from 10 % to 100 % RH	
Storage temperature:	from -40 deg. C to +60 deg. C	
Storage rel. humidity:	from 10 % to 60 % RH without condensation	
Dimensions:	275 mm x 210 mm x 140 mm	
Mass:	aprox. 0.5 kg	
Material:	anodised aluminium, stainless steel, fiber reinforced plastics	
Tripod:	Any photographic tripod with 1/4" screw	
Dimensions of the case:	365 x 260 x 150 mm	
Total weight:	aprox. 1.5 kg	

Gambar 5. spesifikasi *Handheld* Anemometer merk Ames tipe RVM 96B

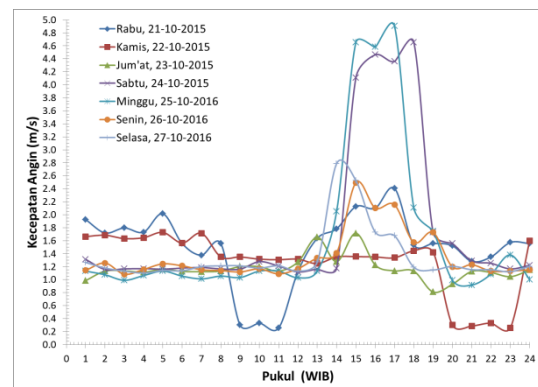
Tahapan Penelitian

Urutan penelitian yang dilakukan seperti berikut ini:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang dipergunakan untuk pengukuran kecepatan angin.
2. Menentukan titik pengukuran dan memasang alat ukur.
3. Mengukur dan mencatat kecepatan angin dengan interval waktu 5 menit sekali.
4. Mengolah data hasil pengukuran untuk mendapatkan nilai kecepatan angin, minimum, maksimum dan rata-rata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa kecepatan angin pada tanggal 21 s.d 27 Oktober 2015 ditampilkan pada **Gambar 6**. Gambar tersebut menunjukkan bahwa kecepatan angin maksimum terjadi antara pukul 14.00 s.d 18.00 WIB setiap hari. Nilai kecepatan angin minimum dan maksimum selama satu minggu pengukuran adalah 0,26 m/s dan 4,9 m/s. Sedangkan nilai rata-rata kecepatan angin adalah 1,44 m/s atau setara dengan 2,8 knot. Berdasarkan kecepatan rata-rata tersebut maka kecepatan angin termasuk kelas 3 (1,6 - 3,3 knot) yaitu batas minimum kecepatan angin yang bisa dimanfaatkan seperti pada **Tabel 1**.



Gambar 6. Hasil analisa kecepatan angin pada tanggal 21 s.d 27 Oktober 2015

Sedangkan nilai rata-rata kecepatan angin setiap hari ditampilkan pada **Tabel 4**. Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa kecepatan angin rata-rata pada hari senin adalah 2,93 knot atau setara dengan 1,50 m/s. Untuk menghitung laju aliran massa udara yang mengalir maka terlebih dahulu harus dihitung luas penampang blok udara (A). Jika diasumsikan diameter turbin 1 m maka luas penampang blok udara adalah:

$$A = \pi \cdot r^2 \\ = 3,14 \times 0,5^2 = 0,785 \text{ m}^2$$

Jika kerapatan udara dianggap konstan yaitu $1,2 \text{ kg/m}^3$ maka laju aliran udara sesuai dengan persamaan (2) pada hari rabu adalah:

$$\dot{m} = A \cdot V \cdot \rho \\ = 0,785 \text{ m}^2 \times 1,50 \text{ m/s} \times 1,2 \text{ kg/m}^3 \\ = 1,42 \text{ kg/s}$$

Besarnya energi kinetik yang dihasilkan pada hari ini sesuai dengan persamaan (1) adalah:

$$E = \frac{1}{2} \dot{m} \cdot V^2 \\ = \frac{1}{2} \times 1,42 \text{ kg/s} \times (1,50 \text{ m/s})^2 \\ = 1,61 \text{ J}$$

Selanjutnya didapatkan energi yang dihasilkan persatuan waktu pada hari ini yaitu dengan menggunakan persamaan (3).

$$P = \frac{1}{2} \cdot A \cdot V^3 \cdot \rho \\ = \frac{1}{2} \times 0,785 \text{ m}^2 \times (1,50 \text{ m/s})^3 \times 1,2 \text{ kg/m}^3 \\ = 1,61 \text{ W}$$

Daya efektif dari angin yang mungkin dihasilkan oleh suatu turbin angin pada hari ini dapat dihitung dengan persamaan (4).

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot c_p \cdot \rho \cdot D^2 \cdot V^3 \\ = \frac{1}{2} \times 0,4 \times 1,2 \text{ kg/m}^3 \times (1 \text{ m})^2 \times (1,50 \text{ m/s})^3 \\ = 0,82 \text{ W}$$

Selanjutnya jika energi angin dikonversikan menjadi tenaga listrik

maka dapat dihitung dengan persamaan (5).

$$(P_s/A)_{wp} = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_g \cdot \eta_b \cdot \rho \cdot V^3 \\ = \frac{1}{2} \times 0,4 \times 0,95 \times 0,85 \times 0,75 \times 1,2 \text{ kg/m}^3 \times (1,50 \text{ m/s})^3 \\ = 0,50 \text{ W/m}^2$$

Selanjutnya proses perhitungan untuk hari-hari berikutnya ditunjukkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil pengamatan kecepatan angin dan hasil perhitungan energi listrik yang dapat di bangkitkan oleh kincir angin dalam satu minggu.

Hari	V		m	E	P	Ea	(P _s /A) _{wp}
	(knot)	(m/s)					
Rabu	2,93	1,50	1,42	1,61	1,61	0,82	0,50
Kamis	2,48	1,27	1,20	0,97	0,97	0,50	0,30
Jumat	2,27	1,17	1,10	0,75	0,75	0,38	0,23
Sabtu	3,43	1,77	1,66	2,60	2,60	1,32	0,80
Minggu	3,19	1,64	1,55	2,08	2,08	1,06	0,64
Senin	2,64	1,36	1,28	1,18	1,18	0,60	0,36
Selasa	2,61	1,34	1,27	1,15	1,15	0,58	0,35
Nilai Min.	2,27	1,17	1,10	0,75	0,75	0,38	0,23
Nilai Max.	3,43	1,77	1,66	2,60	2,60	1,32	0,80
Nilai Ave.	2,79	1,44	1,35	1,48	1,48	0,75	0,46

Tabel 4 memperlihatkan bahwa rata-rata daya efektif dari angin yang mungkin dihasilkan oleh suatu turbin angin antara 0,38 s.d 1,32 W dengan diameter sapuan 1 m atau rata-rata 0,75 W. Sedangkan energi listrik yang bisa dimanfaatkan persatuan luas penampang turbin antara 0,23 s.d 0,80 W/m² atau rata-rata 0,46 W. Hasil ini menunjukkan bahwa potensi energi angin yang bisa dikonversikan menjadi energi listrik di pantai Sialang Buah berdasarkan pengujian selama satu minggu masih tergolong rendah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa kecepatan angin minimum, maksimum dan rata-rata pada kawasan pesisir pantai Sialang Buah kabupaten Serdang Bedagai dalam kurun waktu satu minggu dapat disimpulkan bahwa kecepatan angin yang terjadi berpotensi

untuk dimanfaatkan karena tergolong kedalam kriteria jenis kecepatan angin kelas 3 walaupun pada tingkatan paling rendah.

SARAN

Penelitian ini merupakan kajian awal terhadap potensi kecepatan angin di kawasan pesisir pantai Sialang Buah kabupaten Serdang Bedagai sehingga perlu dilakukan pengukuran lebih lanjut untuk hari-hari lainnya selama satu tahun supaya diperoleh kesimpulan yang lebih akurat mengenai kecepatan angin khususnya dipesisir pantai sangat dipengaruhi oleh perbedaan temperatur lingkungan yang berbeda setiap harinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, Peneliti sangat mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini terutama sekali kepada Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Sumatera Utara yang telah membantu terutama sekali dalam proses pengukuran dan juga kepada masyarakat desa sekitar pantai Sialang Buah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Apit Fathurohman. 2015. Jenis - Jenis Turbin Angin. <http://termodinamikarini.blogspot.com/2015/05/jenis-jenis-turbin-angin.html>. (diakses tanggal 22 Maret 2016).
- [2] Get STT-PLN. 2013. Jenis - Jenis Turbin Angin. <http://www.get-sttpln.net/2014/03/jenis-jenis-turbin-angin.html>. (diakses tanggal 22 Maret 2016).
- [3] Habibie M. Najib., Achmad Sasmito, Roni Kurniawan. 2011. Kajian Potensi Energi Angin di Wilayah Sulawesi dan Maluku. Jurnal Meteorologi dan Geofisika volume 12(2): 181-187.
- [4] Komponen Elektronika. 2013. Cara Kerja Anemometer. <http://komponelelektronika.biz/cara-kerja-anemometer.html>. (diakses tanggal 22 Maret 2016).
- [5] Melisa. 2016. Peneliti Sedang Mengembangkan Turbin Angin Terbesar di Dunia. <http://www.inddit.com/f-6z0om3-/peneliti-sedang-mengembangkan-turbin-angin-terbesar-di-dunia>. (diakses tanggal 01 April 2016).
- [6] Sam Alimuddin, Daud Patabang. 2015. Studi Potensi Energi Angin Di Kota Palu Untuk Membangkitkan Energi Listrik. Jurnal SMARTek, 3(1): 21- 26.
- [7] Wikipedia. 2016. Angin. <https://id.wikipedia.org/wiki/Angin>. (diakses tanggal 22 Maret 2016).
- [8] Wikipedia. 2016. Wind turbine. https://en.wikipedia.org/wiki/Wind_turbine. (diakses tanggal 22 Maret 2016).