

Rancang Bangun Sistem Aerator Tambak Udang Bertenaga Bayu

Gunomo Djoyowasito*, Mustofa Ari Ahmad, Asmaul Khasanah

Jurusan Keteknikan Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang 65145

*Penulis Korespondensi, Email: djoyowasitogunomo@yahoo.com

ABSTRAK

Sektor perikanan merupakan salah satu sektor yang memiliki peran penting dalam perekonomian Indonesia, khususnya udang. Udang merupakan komoditas perikanan andalan Indonesia yang menjadi komoditas ekspor (Jenderal Perikanan, 2014). Menurut Suyanto dkk (2009), berkurangnya kualitas air tambak akibat rendahnya kadar oksigen dapat menyebabkan wabah penyakit untuk tambak udang. Selama ini, masyarakat menggunakan aerator listrik untuk meningkatkan kualitas air tambak udang, sehingga tidak hemat energi. Oleh karena itu, dibuatlah aerator dengan tenaga kincir angin. Penelitian ini dilakukan di daerah tambak Desa Wedani, Kecamatan Cerme, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Dimana proses pelaksanaannya dilakukan pada bulan Oktober 2017 - Februari 2018. Dari hasil pengujian yang dilakukan, diperoleh rata-rata kecepatan angin sebesar 3,16 m/s, dengan jumlah putaran kincir angin sebesar 26,64 rpm dan jumlah putaran pompa spiral sebesar 2,664 rpm. Sedangkan untuk besarnya daya angin teoritis yang diperoleh adalah 15,79 Wh dan besarnya daya angin actual adalah 9,36 Wh. Kemudian besarnya debit air rata-rata sebesar 8,42 cm³/s dengan tinggi tekannya sebesar 52,8 cm. Dari pengujian dengan DO meter, dapat diketahui bahwa aerator pompa spiral ini mampu meningkatkan kandungan oksigen terlarut sebesar 2,08 mg/L.

Kata kunci : Aerator, Kincir Angin Savonius, Pompa Spiral

Design of Wind Powered Aerator System on Shrimp Ponds

ABSTRACT

Fisheries is one sector that has an important role in the Indonesia's economy, especially shrimp. Shrimp is a commodity export mainstay of Indonesia (Jenderal Perikanan, 2014). According to Suyanto dkk (2009), reduced water quality due to low oxygen levels cause disease in shrimp. So far, people use electric aerators to improve water quality of shrimp ponds. However, the aerator is not energy efficient. Therefore, a windmill aerator is made on shrimp farming to obtained maximum result. The research was carried out in the pond the Village Wedani - Cerme - Gresik, East Java. Where is the implementation process to be done in October 2017 - February 2018. From the test results obtained an average wind speeds of 3.16 m/s, with the number of turns of windmills of 26.64 rpm and the number of the rounds spiral pump 2.664 rpm. As for the amount of theoretical wind power obtained is 15.79 Wh and the actual wind power obtained is 9.36 Wh. Then, the magnitude of the average water discharge of 8.42 cm³/s with a water burst height of 52.8 cm. from testing by DO Meter, it can be seen that this spiral pump aerator can increase dissolved oxygen content of 2.08 mg/L.

Kata Kunci: Aerator, Spiral Pump, The Windmill Savonius.

PENDAHULUAN

Sektor perikanan merupakan salah satu sektor yang memiliki peran penting dalam perekonomian Indonesia, terutama udang. Udang merupakan komoditas perikanan andalan Indonesia yang menjadi komoditas ekspor (Dirjen Perikanan, 2014). Luas area tambak udang di Indonesia saat ini sekitar 344.759 ha atau sekitar 39,78% dari potensi lahan yang tersedia yakni

seluas 866.759 ha yang tersebar di seluruh Indonesia. Berdasarkan data tersebut, 80% diantaranya adalah tambak milik petani yang dikelola secara tradisional sehingga produktivitasnya rendah (Arifin *et al.*, 2012).

Berdasarkan data Pengelola Kawasan Pelabuhan Perikanan Riset untuk Kesejahteraan 2012, produktivitas budidaya udang di Indonesia rata-rata sebesar 267 kg/ha per tahun. Produktivitas udang Indonesia lebih rendah dibandingkan negara lain seperti Cina, India dan Thailand. Rendahnya produktivitas tambak udang di Indonesia disebabkan oleh kualitas air tambak yang kurang baik. Menurut Ferreira *et al.* (2011) kualitas air tambak dipengaruhi oleh parameter fisik dan kimia diantaranya oksigen terlarut, temperatur, salinitas, kekeruhan, pH, nitrogen, amoniak, nitrit, nitrat, fosfat, dan silika; serta parameter biologi yaitu klorofil-a, *koliform fekal*, *Vibrio*, dan jumlah bakteri.

Menurut Suyanto *et al.* (2009) berkurangnya kualitas air tambak akibat rendahnya kadar oksigen dapat menyebabkan wabah penyakit untuk tambak udang. Selama ini, masyarakat Indonesia menggunakan aerator listrik untuk meningkatkan kualitas air tambak udang. Aerator listrik menggunakan energi listrik sebagai energi utama sehingga tidak hemat energi. Maka dari itu, dilakukan inovasi baru dengan penggunaan kincir angin pada pompa spiral sebagai aerator. Penggunaan kincir angin tersebut dikarenakan besarnya potensi energy angin yang ada, sehingga sangat potensial untuk mengurangi ketergantungan terhadap listrik. Aerator berbasis energi angin ini menjadi solusi kurangnya sirkulasi oksigen pada tambak udang sehingga menghasilkan udang yang sehat serta produktivitasnya meningkat. Selain memiliki nilai kebermanfaatan tanpa menghasilkan polusi, alat ini juga tanpa menggunakan listrik.

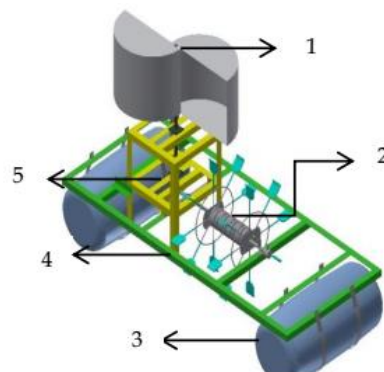
METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: Las listrik dan karbit, roller, cutting, gerinda, gergaji, bor listrik, mesin bubut, windmeter digital, rollmeter, tachometer, serta kunci pas. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu: Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah besi As 2.54 cm, plat galvalum, besi siku 40 x 40 mm dan 50 x 50 mm, plat strip, nozzle, drum 2 buah, gear diferensial, pipa spiral 2.54 cm, plat besi 2 mm, mur, baut dan rivet, tali raffia, kayu, dan juga kawat las.

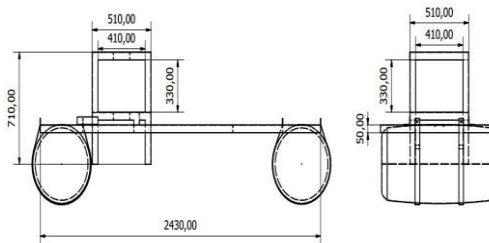
Metode Penelitian

Metode dalam penelitian ini adalah dengan pendekatan secara fungsional dan structural. Tahapan yang digunakan dalam penelitian ini adalah perancangan alat, pembuatan desain dan dilanjutkan dengan perakitan alat sehingga menjadi aerator bertenaga angin. Desain dari keseluruhan alat dapat dilihat pada **Gambar 1**.



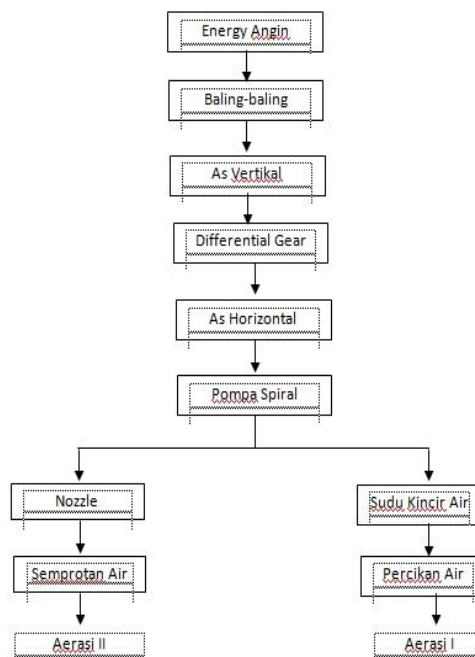
Gambar 1. Rangkaian Desain Alat

Rangkaian tersebut adalah rangkaian dari alat aerator yang terdiri kincir angin yang ditunjukkan pada nomer 1, pompa spiral yang ditunjukkan nomer 2, pelampung yang ditunjukkan pada nomer 3, penyangga yang ditunjukkan pada nomer 4, serta gigi differensial yang ditunjukkan pada nomer 5. Sedangkan untuk ukuran dimensi dari rancangan alat aerator tersebut, dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Ukuran Dimensi Aerator

Prinsip kerja dari alat ini adalah ketika angin berhembus dan menabrak salah satu permukaan sudu pada kincir angin savonius tipe-U, hal tersebut akan memutar kincir dan poros secara bersamaan. Pada ujung bawah poros kincir terdapat gigi differensial yang berfungsi sebagai pengkonversi dari putaran horizontal ke putaran vertical untuk menggerakkan pipa spiral. Pipa spiral akan mengambil air melalui pipa increaser dan akan diteruskan ke nozzle untuk disemprotkan keluar. Sistem kerjanya dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini :



Gambar 3. Sistem Kerja Aerator

Pengujian pada penelitian ini dilakukan untuk menguji kelayakan alat sehingga bisa berfungsi dengan baik. Pengujian ini dilakukan selama 5 hari berturut-turut. Dimana setiap harinya dilakukan pengukuran sebanyak 5 kali yaitu pada pukul 08.00, 11.00, 14.00, 17.00, dan 20.00. Beberapa pengujian yang harus dilakukan adalah :

1. Kecepatan angin

Kecepatan angin diukur dengan windmeter.

Kecepatan putar teoritis (rpm) Kecepatan putar teoritis dihitung dengan rumus.

$$N_T = \left(\frac{v}{D \times \pi} \right) \times 60$$

3. Reduksi putar turbin

Reduksi putar turbin dihitung dengan rumus

$$NA = NT \times \text{Red} \text{ atau } \text{Red} = NA / NT$$

Dimana NA adalah kecepatan putar aktual yang diukur dengan tachometer.

4. Daya angin teoritis (watt)

Daya angin teoritis dihitung dengan rumus

$$PT = 0.5 \times \rho \times (D \times t1) \times v^3$$

5. Daya angin aktual (watt)

Daya angin aktual dihitung dengan rumus

$$PA = PT \times \text{Eff} \text{ atau } PA = 2$$

Asumsi : Menurut park (1981), efisiensi maksimal yang dapat dihasilkan oleh kincir angin savonius adalah sekitar 59,3 %.

6. Debit air

Debit air dapat dihitung dengan rumus

$$Q = \frac{V}{t2}$$

7. Oksigen terlarut (DO)

Kandungan oksigen terlarut diukur dengan menggunakan DO meter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

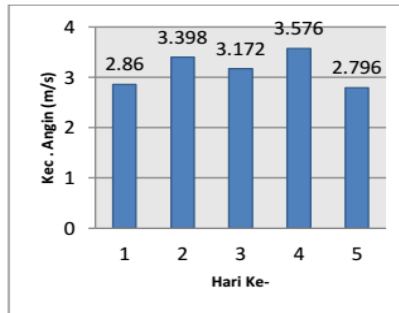
Hasil dari rancang bangun sistem aerator tambak udang ini, secara garis besar memiliki 5 bagian struktural. Bagian-bagian tersebut diantaranya adalah kincir angin sebagai penggerak alat ketika terhembus oleh angin, kerangka penyangga sebagai tempat menyangga alat, differential gear sebagai transmisi gerak dari putaran As pada kincir angin ke pompa spiral, pompa spiral sebagai pengambil air, serta drum sebagai pelampung. Hasil dari penelitian ini adalah berupa rancang bangun Sistem Aerator Tambak Udang Bertenaga Bayu yang ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Aerator Tambak Udang

1. Pengukuran Potensi Angin

Hasil pengukuran potensi angin dilakukan selama 5 hari berturut-turut. Dari hasil pengukuran tersebut, dapat diketahui bahwa besarnya potensi angin yang tersedia di wilayah tambak Desa Wedani - Cerme berkisar antara 0,45 – 6,71 m/s dengan kecepatan angin rata-rata yang diperoleh sebesar 3.16 m/s. Dari hasil pengukuran kecepatan angin setiap harinya, dapat diketahui bahwa kondisi angin di wilayah tambak tersebut tidak selalu sama. Hasil pengukuran tersebut, telah disajikan dalam bentuk diagram batang seperti pada **Gambar 5** berikut ini :



Gambar 5. Grafik Kecepatan Angin

2. Jumlah Putaran (rpm)

Pengukuran jumlah putaran (Rpm), diukur menggunakan Tachometer. Pada **Tabel 1** dapat dilihat data besarnya kecepatan angin dan jumlah kecepatan putar selama pengamatan.

Tabel 1. Pengukuran Jumlah Putaran

Hari Ke	Waktu	Kecepatan Angin(m/s)	Jumlah Putaran (rpm)	
			Kincir Angin	Pompa Spiral
1	08.00	0,45	0	0
	11.00	2,54	22	2,2
	14.00	5,44	52	5,2
	17.00	3,37	30	3
	20.00	2,5	22	2,2
2	08.00	0,77	0	0
	11.00	3,12	27	2,7
	14.00	6,28	59	5,9
	17.00	4,02	39	3,9
	20.00	2,8	25	2,5
3	08.00	1,9	0	0
	11.00	3,06	27	2,7
	14.00	4,89	48	4,8
	17.00	4,21	42	4,2
	20.00	1,8	0	0
4	08.00	1,2	0	0
	11.00	3,38	30	3
	14.00	6,71	64	6,4
	17.00	3,69	34	3,4
	20.00	2,9	26	2,6
5	08.00	0,73	0	0
	11.00	3,72	35	3,5
	14.00	5,23	50	5
	17.00	3,1	34	3,4
	20.00	1,2	0	0
Rata-rata		3,1604	26,64	2,664

Pada **Tabel 1**, dapat diketahui besarnya kecepatan rotasi pada pompa spiral. Dimana pompa spiral ini dihubungkan dengan kincir angin melalui gigi differensial dengan perbandingan 1:10. Dari pengukuran tersebut, diketahui bahwa jumlah putaran rata-rata kincir angin selama 5 hari pengamatan sebesar 26,64 rpm sehingga jumlah putaran pompa spiralnya sebesar 2,664 rpm. Pada tabel tersebut, juga diketahui bahwa kincir angin mulai bergerak pada kecepatan angin 2,5 m/s. Kemudian untuk kecepatan putar kincir angin maksimumnya terjadi pada pengukuran hari ke empat pukul 14.00 dengan kecepatan angin sebesar 6,71 m/s sehingga menghasilkan nilai rotasi kincir angin sebesar 64 rpm dan rotasi pompa spiral 6,4 rpm.

3. Kecepatan Putar Teoritis dan Reduksi Putar Turbin

Kecepatan putar teoritis dihitung dengan menggunakan rumus NT

$$= \left(\frac{v}{D \times \pi} \right) \times 60.$$

Sedangkan reduksi putar turbin dihitung dengan menggunakan rumus $Red = NA / NT$. Dari perhitungan tersebut, maka didapatkan data pada **Tabel 2** berikut ini :

Tabel 2. Kec. teoritis dan Reduksi Turbin

Hari Ke	Kec. Angin (m/s)	Kecepatan Putar Teoritis	Reduksi Putar Turbin
1	08.00	0,45	0,14
	11.00	2,54	0,81
	14.00	5,44	1,73
	17.00	3,37	1,07
	20.00	2,5	0,8
2	08.00	0,77	0,25
	11.00	3,12	0,99
	14.00	6,28	2
	17.00	4,02	1,28
	20.00	2,8	0,89
3	08.00	1,9	0,61
	11.00	3,06	0,97
	14.00	4,89	1,56
	17.00	4,21	1,34
	20.00	1,8	0,57
4	08.00	1,2	0,38
	11.00	3,38	1,08
	14.00	6,71	2,14
	17.00	3,69	1,18
	20.00	2,9	0,92
5	08.00	0,73	0,23
	11.00	3,72	1,18
	14.00	5,23	1,67
	17.00	3,1	0,99
	20.00	1,2	0,38
Rata-rata	3,1604	1,01	3,14

Dari tabel tersebut, dapat diketahui bahwa, rata-rata kecepatan putar teoritisnya sebesar 1,01 rpm dengan rata-rata reduksi turbinnya sebesar 3,14. Data tersebut menunjukkan bahwa kecepatan putar teoritis maksimal berada pada pengamatan hari ke empat jam 14.00 dengan nilai sebesar 2,14 rpm. Sedangkan kecepatan putar teoritis minimal terjadi pada hari ke satu jam 08.00 dengan nilai sebesar 0,14 rpm dan reduksi putar turbin sebesar 3,21.

4. Daya Angin Teoritis dan Daya Actual

Rata-rata potensi angin yang tersedia yaitu sebesar 3,16 m/s. Sehingga untuk mengetahui besarnya daya angin teoritis, dapat dihitung dengan rumus $PT = 0.5 \times \rho \times (D \times t1) \times v^3$. Dari perhitungan tersebut, diperoleh daya angin teoritis sebesar 56.798,09 Joule atau setara dengan 15,79 Wh.

Sedangkan untuk menghitung daya angin aktual, digunakan rumus $PA = PT \times \text{Eff}$. Untuk mengetahui daya angin actual, diasumsikan bahwa effisiensinya sebesar 59,3%. Menurut park (1981), effisiensi maksimal yang dapat dihasilkan oleh kincir angin savonius adalah sekitar 59,3 %. Dari perhitungan tersebut, maka diperoleh daya angin actual sebesar 33.681,27 Joule atau setara dengan 9,36 Wh.

5. Debit Air dan Tinggi Tekan

Pada penelitian ini, debit air yang diukur adalah volume air yang keluar dari pompa spiral pada proses aerasi. Apabila jumlah putaran pompa spiral semakin banyak, maka debit

airnya juga semakin banyak, sehingga semprotan air yang keluar juga semakin tinggi. Data dari pengujian tersebut, dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini :

Tabel 3. Debit Air dan Tinggi Tekan

Hari Ke	Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Debit Air (cm ³ /s)	Tinggi Tekan (cm)
1	08.00	0,45	0	0
	11.00	2,54	7	50
	14.00	5,44	16,67	95
	17.00	3,37	10,33	65
	20.00	2,5	7	48
2	08.00	0,77	0	0
	11.00	3,12	9,67	58
	14.00	6,28	17	110
	17.00	4,02	13,67	79
	20.00	2,8	8	52
3	08.00	1,9	0	0
	11.00	3,06	9,67	58
	14.00	4,89	15,67	88
	17.00	4,21	14	82
	20.00	1,8	0	0
4	08.00	1,2	0	0
	11.00	3,38	10,33	66
	14.00	6,71	18,33	118
	17.00	3,69	11,67	72
	20.00	2,9	9	55
5	08.00	0,73	0	0
	11.00	3,72	12	74
	14.00	5,23	16	92
	17.00	3,1	9,67	58
	20.00	1,2	0	0
Rata-rata		3,1604	8,42	52,8

Dari tabel tersebut, dapat diketahui bahwa debit maksima terjadi pada hari ke empat jam 14.00 sebesar 18,33 cm³/s dengan tinggi tekan sebesar 118 cm. Sedangkan debit minimum terjadi saat sistem aerator tidak berjalan, sehingga debit air dan tinggi tekannya sama dengan 0. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa sistem aerator ini dapat berjalan diatas kecepatan angin 2,5 m/s, sedangkan dibawah kecepatan angin tersebut, maka sistem aeratornya tidak berjalan.

6. Oksigen Terlarut (DO)

Pengujian oksigen terlarut ini dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh peralatan aerator terhadap kandungan oksigen terlarut dalam air. Sehingga dengan adanya peralatan aerator ini, maka dapat meningkatkan kandungan oksigen terlarut dalam air tersebut. Pengujian sampel air dilaksanakan langsung ditambah air yang telah diberi sekat yang terbuat dari plastik dengan kayu sebagai rangka penyangganya. Adapun luasnya adalah 300 cm x 300 cm dengan kedalaman air 100 cm, dan kedalaman pompa spiral yang tercelup kedalam air sebesar 20 Pada penelitian ini, digunakan alat DO meter untuk mengukur kandungan oksigen terlarut dalam air,

dimana dari hasil uji sampel air tersebut didapatkan rata-rata kandungan oksigen terlarut selama 5 hari yang dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini :

Tabel 4. Kandungan Oksigen Terlarut

Hari	Kecepatan Angin (m/s)	DO sebelum aerasi (mg/L)	DO setelah aerasi (mg/L)
1	2,86	5,36	7,3
2	3,398	5,54	7,9
3	3,172	5,56	7,44
4	3,576	5,58	8,04
5	2,796	5,5	7,26
Rata-rata	3,16	5,508	7,588

Dari tabel tersebut, dapat dilihat bahwa adanya perbedaan kandungan oksigen terlarut pada sampel yang belum diaerasi dan sampel yang sudah diaerasi. Rata-rata kandungan oksigen terlarut pada sampel yang belum diaerasi adalah sebesar 5,508 mg/L, sedangkan kandungan oksigen terlarut pada sampel yang sudah diaerasi adalah sebesar 7,588 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan oksigen dalam air, maka proses aerasi dengan *spiral pump* aerator ini sudah berjalan dengan baik. Akan tetapi proses aerasi ini juga bergantung dengan kondisi angin yang kurang menentu, sehingga kandungan oksigen terlarutnya juga mengalami kenaikan yang tidak terlalu signifikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan penelitian rancang bangun sistem aerator tambak udang bertenaga bayu, maka dapat di simpulkan bahwa: Dari pengujian yang telah dilakukan selama 5 hari, dapat diketahui bahwa rata-rata kecepatan angin yang tersedia sebesar 3,16 m/s, dengan jumlah putaran kincir angin sebesar 26,64 rpm dan jumlah putaran pompa spiral sebesar 2,664 rpm. Sedangkan untuk besarnya daya angin teoritis yang diperoleh adalah 15,79 Wh dan besarnya daya angin actual adalah 9,36 Wh. Debit aliran adalah volume air dalam satuan waktu. Dimana besarnya debit air pada aerator ini rata-rata sebesar 8,42 cm³/s dengan rata-rata tinggi tekannya sebesar 52,8 cm. Pengujian ini dilakukan ditambak udang dengan luas 300 cm x 300 cm dan kedalaman air 100 cm. Dari pengujian dengan DO meter, diperoleh bahwa kondisi oksigen terlarut pada sampel yang belum diaerasi adalah sebesar 5,508 mg/L sedangkan pada sampel yang sudah diaerasi adalah sebesar 7,588 mg/L. Dari hasil tersebut, dapat diketahui bahwa oksigen terlarut mengalami peningkatan 2,08 mg/L.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Taslim, Syahrial N.A, Yulius, dan Dino G. 2012. Riset Pendekatan Ekologi-Ekonomi untuk Peningkatan Produktivitas Pertambakan Udang di Kawasan Selat Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan. Jakarta: PKKP Riset untuk Kesejahteraan.
- Ali, Mohammed Hadi. 2013. Exparimental Comparison Study for Savonius Wind Turbine of Two and Three Blades at Low Wind Speed. International Journal of Modern Engineering Research (IJMER) 3(5): 2978-2986.
- Daryanto, Y. 2005. Potensi, Peluang dan Tantangan Energi Angin di Indonesia. Tangerang: BPPT.
- Daryanto, Y. 2007. Kajian Potensi Angin untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu. Yogyakarta: Balai PPTAGG-UPT-LAGG.
- Dida, Hero P. 2016. Pemetaan Potensi Energi Angin di Perairan Indonesia Berdasarkan Data Satelit QuikScat dan WindSat. Jurnal Rekayasa Mesin 7(2): 95-101.

- Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya . 2014. Udang Vaname dan Udang Windu Masih Andalan Ekspor Indonesia. Diakses pada tanggal 7 November 2017. <http://www.djpb.kkp.go.id>.
- Edahwati, Luluk. 2009. Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi dan Filtrasi pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan. *Jurnal Teknik Lingkungan* Vol 1(2).
- Farid, Ahmad. 2013. Pemanfaatan Potensi Angin Pesisir Kota Tegal Sebagai Penerangan Jalan. Tegal: Universitas Pancasakti.
- Ferreira, N.C, C. Bonnetti, and W.Q. Seiffert. 2011. Hydrological and Water Quality Indices as Management Tools in Marine Shrimp Culture. *Aquaculture* 318: 425–433.
- Gary L, Jensen, et al. 2008. Types and Uses of Aeration Equipment. Diakses pada tanggal 4 September 2017. [Http://osufacts.okstate.edu](http://osufacts.okstate.edu).
- Ikeda, T. 2008. Performance of Doublestep of Savonius Rotor for Environmentally Friendly Hydraulic Turbine. *Journal of Fluid Mechanics and Technology* 3(3): 410.
- Kassab, Sadek Z, A. A.A Naby and El Sayed I.A.B. 2005. Coil Pump Performance Under Variable Operating Conditions. *IWTC9*.
- Kassab, Sadek Z, A. A.A Naby and El Sayed I.A.B. 2006. Performance Of Multilayer Coil Pump. *IWTC10*.
- Kumar, Avinash, Sanjib Moulick, and B.C Mal. 2013. Selection of Aerators for Intensive Aquacultural Pond. *Aquacultural Engineering* 56: 71– 78.
- Lutfi, Fachrudin S. 2013. Rancang Bangun Turbin Angin Vertical Jenis Savonius Dengan Variasi Jumlah Stage Dan Phase Sift Angle Untuk Memperoleh Daya Maksimum Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.
- Martino, Martini., Aristide M and Antonius S. 1992. Performance of Vertical Axis Wind Turbines with Different Shapes. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamic*. PP 83-93.
- Menet, J L. 2004. A Double Step Savonius Rotor For Local Production of Electricity: A Design Study. *Journal of Renewable Energy*. 29: 1843-1862.
- Nakhoda, Yusuf I. 2015. Rancang Bangun Kincir Angin Sumbu Vertikal Pembangkit Tenaga Listrik Portabel. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Napitupulu, Farel H., Mauritz, Fritz. 2013. Uji Eksperimental Dan Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan Dan Jumlah Sudu Terhadap Daya Dan Putaran Turbin Angin Vertical Axis Savonius Dengan Menggunakan Sudu Pengarah. *Jurnal Dinamis* Vol 2(12).
- Nugraha,. Wildan,. Aktama,. Dipa Catur dan Fathur R. 2014. Eco Wind and Solar Aerator Penerapan Teknologi Aerasi pada Lahan Tambak Masyarakat Dipasena Lampung untuk Meningkatkan Daya Tumbuh Udang.
- Park, J. 1981. *The Wind Power Book*. California: Chesire Book.
- Rachmawati, Mentari L. 2010. Rancang Bangun Kincir Angin Model Savonius Termodifikasi Sebagai Sumber Energy Terbarukan. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Rudianto, Daniel Teguh dan Nurfi Ahmadi. 2016. Rancang Bangun Turbin Angin Savonius 200 Watt Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Kedirgantaraan (SENATIK). Vol II, 26 November 2016.
- Sadaaki, K. Isao K dan Jiri. 2003. Rotor Savonius Patent No: JP2003293938. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Solichin, M,. Alfian Mizan,. Syamsul,. Sugeng dan Misiran. 1997. Pengembangan Desain Kincir Aerator Untuk Meningkatkan Produksi Pada Budidaya Tambak Udang. *Jurnal Abdi Masyarakat* 14(1): 23-31.
- Sukarmadijaya, H,. Firman Hermana dan Yenny Qurniawati. 2002. Pengaruh Pembiran dan Peledakan Dinamit pada Kegiatan Survey Seismik Terhadap Kualitas Air dan Tanah. *Jurnal Teknik Lingkungan* 8(1):11-21.
- Suyanto, S.R dan Enny P. 2009. *Panduan Budidaya Udang Windu*. Jakarta: Penebar Swadaya.

- Velazco, Javier M.J.R, Alfredo H.L, and Victor M.G. 2010. Management of Stocking Density, Pond Size, Starting Time of Aeration, and Duration of Cultivation for Intensive Commercial Production of Shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Engineering* 43.
- Wartena R, Harun dan Soebandi Sachri. 1987. *Generator Angin (Penjurit Angin)*. Bandung: Bina Cipta.
- Waryono, Rifai Ali dan Gunawan D.H. 1987. *Pengantar Meteorologi dan Klimatologi*. Surabaya : PT Bina Ilmu.
- Zulfikar. 2011. Kajian Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Torsi dan Putaran Turbin Savonius Tipe U. *Jurnal Teknik dan Mesin* Vol 8(2).