

Peningkatan Kadar *Dissolved Oxygen* pada Area Tambak Menggunakan *Windmill Aerator Tipe Savonius 4 Blade*

Darwin, Syarizal Fonna, Ika Wahyuni

Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7 Darussalam – Banda Aceh 23111, Indonesia
e-mail: ikawahyuni.mech@yahoo.com

Abstract

The aeration process is a method to increase the dissolved oxygen levels in the water environment. In the pond area has a minimum requirement of dissolved oxygen content in the water so that fish can live and develop. The minimum value of dissolved oxygen in the pond area is 4 mg / l, but the higher the level of dissolved oxygen in the pond area, the better the results of the pond. Previous research conducted by Rizki was Analysis of the Potential of Wind Energy for Windmill Aerator Performance of ponds in Alue Kumba in East Aceh Regency, and the results of these studies showed that the wind energy in the Alue Kumba Village had the potential to operate windmill aerators. However, this study has not shown the results of the dissolved oxygen value of the windmill aerator system, therefore this study aims to obtain results and the area that can be reached by a diffuser. The method used is data collection of dissolved oxygen from the diffuser installation with a distance of 1.5 meters and data collection at 3 times, morning, afternoon and evening. Installation of windmill aerator in the morning produces dissolved oxygen value of 7.42 mg / l with a maximum distance of 18 meters, then in the afternoon the oxygen value of 6.23 mg / l with a maximum distance of 15 meters, and for the afternoon conditions the value of dissolved oxygen is 5.16 mg / l with a maximum distance of 16.5 meters. The dissolved oxygen value after the installation of the windmill aerator increased with an average increase of 1-2 mg / l at each measurement point with the highest dissolved oxygen highest value of 7.42 mg / l up from 5.52 mg / l with a maximum distance of 18 meters on the measurement morning. From the results of this study explain that this method can produce a good area of dispersed dissolved oxygen with an average distance of 16.5 meters with a minimum dissolved oxygen condition that is good for fish to develop in the area of the pond

Keywords: Wind Power, Aeration Process, Windmill Aerator, Dissolved oxygen.

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara yang memiliki sumber daya energi yang sangat melimpah, salah satunya adalah sumber energi angin. Indonesia yang merupakan negara kepulauan dan salah satu negara yang terletak di garis khatulistiwa merupakan faktor, bahwa Indonesia memiliki potensi energi angin yang melimpah. Pada dasarnya angin terjadi karena ada perbedaan suhu antara udara panas dan udara dingin. Di daerah katulistiwa, 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 udara berupa perpindahan udara dari kutub utara kegaris katulistiwa menyusuri permukaan bumi dan sebaliknya suatu perpindahan udara dari garis katulistiwa kembali ke kutub utara, melalui lapisan udara yang lebih tinggi. Potensi energi angin di Indonesia cukup memadai, karena kecepatan angin rata-rata berkisar 3,5 - 7 m/s [1]. Inovasi kincir angin sebagai upaya untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi petambakan tradisional. Tujuannya

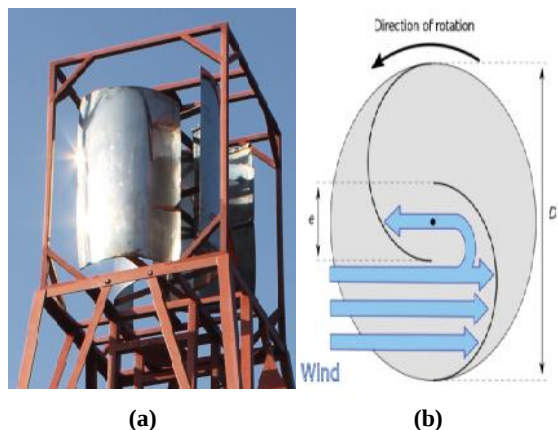
agar petani tambak daerah tersebut mampu atau berhasil meningkatkan produksi perikanan khususnya budidaya udang yang menjadi pendapatan ekonomi mereka. Inovasi kincir angin ini berupa teknologi penyedia oksigen terlarut bagi tambak udang. Energi angin merupakan suatu energi alternatif yang jumlahnya tak terbatas di alam, sehingga tidak jarang dimanfaatkan oleh manusia dalam memenuhi berbagai keperluan seperti halnya sebagai pembangkit listrik, penggilingan padi di sawah, pengairan/irigasi, proses aerasi, dan lain sebagainya. Usaha budidaya udang mempunyai syarat optimum kandungan oksigen terlarut dalam air agar udang bisa hidup dan berkembang dalam tambak atau tempat budidayanya [1]. Terkait proses aerasi ini telah banyak yang mengupayakan sistem yang paling efektif dan ekonomis yang memanfaatkan energi angin yang ada, dimana upaya ini telah dilakukan melalui penelitiannya tentang Uji Performansi Turbin Angin sebagai Penggerak Aerator di Tambak Udang [2].

Penelitian sebelumnya mengkonversikan energi kinetik dari kincir angin menjadi energi listrik pada alternator sehingga menggerakkan *paddle wheel*

aerator [3]. Namun, pada sistem ini dinilai masih kurang efisien untuk meningkatkan kadar oksigen di dalam air, karena putaran kincir angin yang dihasilkan kecil setelah dilakukan pembebanan dengan sistem aerator yang digunakan. Kemudian, penelitian tentang studi peningkatan kadar *dissolved oksigen* setelah diinjeksi dengan aerator kincir angin savonius-darreis [3]. Disini mereka menggunakan putaran kincir angin kombinasi Savonius-Darreis untuk menggerakkan 2 pompa piston *single acting* dengan sistem *direct transmission*. Akan tetapi, pada penelitian ini hanya sebatas pengujian survey untuk meninjau peningkatan hasil oksigen pada 3 tempat yang berbeda yaitu aquarium, kolam, dan tambak [3].

Penting kiranya untuk mengetahui seberapa besar kinerja dari suatu sistem, agar kita dapat mengukur dan membandingkan sistem yang paling efektif untuk diterapkan sesuai penggunaannya. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk Mengukur dan melihat kandungan Oksigen terlarut pada Aerasi tambak sebelum dipasang dan setelah dipasang *windmill aerator*. Oleh karena itu, berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, pada penelitian ini menggunakan kincir angin tipe Savonius dengan putaran yang dihasilkan langsung dikonversi dari energi kinetik menjadi energi mekanik untuk menggerakkan sebuah *single acting piston pump* dengan sistem *direct transmission* dalam sistem *windmill aerator* yang ditempatkan pada salah satu tambak di Gampong Alue Kumba Kabupaten Aceh Timur.

Kincir angin sumbu vertikal (*vertikal axis*), merupakan jenis kincir angin yang poros utamanya tersusun secara *vertikal* tegak lurus terhadap permukaan tanah dan arah datangnya angin. Untuk jenis savonius memanfaatkan gaya *drag* atau hambat, karena koefisien hambat permukaan cekung lebih besar dari pada permukaan cembung. oleh karena itu untuk jenis savonius memiliki putaran yang relatif lambat ($\lambda \approx 1$) dan memiliki efisiensi yang rendah $C_p \approx 1.5$ sampai yang paling maksimal 2. [4].



Gambar 1. (a) Kincir savonius 3 tingkat (b) Prinsip rotor savonius [6]

2. Metodologi

Proses pengambilan data penelitian dilakukan dengan metode eksperimen pada area tambak yang berlokasi di Gampong Alue Kumba, Kecamatan Rantau Selamat, Kabupaten Aceh Timur selama 1 hari di tanggal 19 Maret 2019.

2.1 Alat dan Bahan yang Digunakan

Alat ukur yang digunakan pada penelitian ini yakni anemometer, DO meter dan termometer lingkungan. Untuk memperoleh data oksigen terlarut yang didapat pada aerasi tambak, maka harus diukur beberapa parameter yang penting ketika sistem aerator tersebut beroperasi. Dimana parameter yang akan diukur antara lain:

1. Kadar oksigen terlarut (mg/l)
2. Temperatur Air ($^{\circ}\text{C}$)

2.2 Prosedur Penelitian

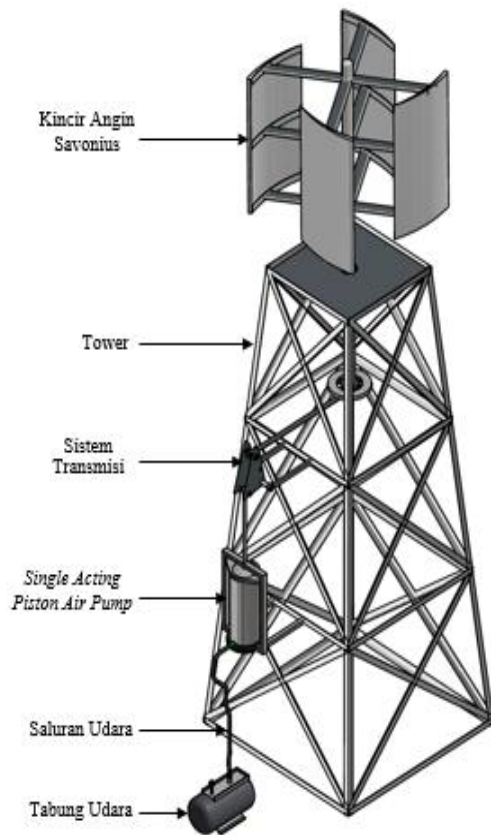
Proses pengambilan data dilakukan setelah pengecekan bahwa sistem aerator berfungsi dengan baik dan pengambilan data penelitian dimulai dari pagi hari pada pukul 09.00 WIB sampai dengan sore pukul 17.00 WIB.

Prosedur dalam pengambilan data penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Ketika sudah waktunya untuk pengambilan data yaitu dalam range waktu 1 sampai 2 jam sekali maka pastikan kincir angin telah berputar dengan baik dan pompa udara atau kompresor ikut bergerak.
2. Selanjutnya perhatikan pada area tambak dibagian diffuser, pastikan diffuser bekerja dengan baik lalu data dapat diambil dengan benar.
3. Dicatat data yang sudah diukur sesuai waktu yang telah ditentukan, pada kedua area pengukuran diatas agar data yang diperoleh sesuai dan tepat.
4. Pengambilan data tidak dapat dilakukan seorang diri, karena ada beberapa parameter yang di ukur dalam waktu bersamaan.

2.3 Susunan Perangkat Penelitian

Pada penelitian ini sistem aerator yang diamati terdiri dari komponen utama yakni kincir angin savonius 4 *blade*, sistem transmisi, dan juga pompa udara (*single acting piston air pump*) dengan susunan seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini. Aerator ini dipasang di tengah pinggiran tambak, merupakan titik yang sangat strategis dengan tingkat potensial untuk menerima anginnya sangat baik karena jauh dari hal-hal yang menghalangi angin seperti pohon, dan lain-lain.



Gambar 2. Skema susunan perangkat sistem aerator

Tabel 1. Rekapitulasi kinerja sistem aerator pada tanggal 19 maret 2019.

Pukul	Temperatur (°C)	Kecepatan Udara		Putaran Kincir (RPM)	Gerak Pompa (m/s)	Tekanan Pompa	
		v_1 (m/s)	v_2 (m/s)			P_1 (kg/cm ²)	P_2 (kg/cm ²)
09.00	29,1	1,52	0,5	0	0	0	0
09.30	29,2	2,1	0,22	0	0	0	0
10.00	30,8	1,32	0,3	0	0	0	0
10.30	31,1	4,13	1,72	85,12	3,5	0,003	0,002
11.00	32,1	5,04	2,01	98,2	3,9	-0,004	0,003
11.30	33	4,9	1,08	93,7	3,7	-0,005	0,003
12.00	33,5	6,14	2,35	137,7	5	0,007	0,006
12.30	33,8	6,79	2,85	159,7	6,3	-0,008	0,007
13.00	34,25	7,07	3,56	173,51	7,1	-0,006	0,004
13.30	33,5	6,01	2,01	118,8	4,5	-0,007	0,006
14.00	33,2	7,13	3,68	174,2	7,4	-0,012	0,011
14.30	33,2	7,36	3,86	189,25	8,6	-0,013	0,012
15.00	33,1	8,56	4,39	210,3	10,2	-0,013	0,012
15.30	32,8	8,34	4,22	200,98	9,6	-0,008	0,007
16.00	31,2	8,98	4,90	230,56	10,9	-0,014	0,013
16.30	30,3	7,22	3,50	179,14	7,7	0,012	0,011
17.00	30	5,99	2,39	112,3	4,9	-0,008	0,007
17.30	29,03	4,97	2,48	95,52	3,9	-0,007	0,005
18.00	28,01	3,18	1,99	0	0	0	0

Tabel 1 merupakan data yang diperoleh peneliti sebelumnya yang digunakan untuk melihat efektivitas dari *diffuser windmill Aerator* dan untuk melihat pengaruh kinerja *diffuser windmill Aerator* terhadap hasil oksigen terlarut pada tambak.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengukuran Nilai Oksigen Terlarut Sebelum dan Sesudah Pemasangan Windmill Aerator

Berdasarkan data dari hasil pengukuran sebelum pemasangan *windmill aerator* dan setelah pemasangan *windmill aerator* dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan oksigen terlarut pada titik-titik yang telah ditentukan. Peningkatan terbesar terjadi pada titik 0 yang merupakan titik peletakan difuser udara namun nilai kadar oksigen terlarut mulai menurun ketika diukur pada titik 3 dan titik 6 yang merupakan titik terjauh dari difuser. Temperatur air juga menjadi faktor utama besarnya nilai oksigen terlarut, data hasil pengukuran menunjukkan bahwa setiap titik pengukuran memiliki temperatur air yang tidak jauh berbeda,

Nilai Intensitas cahaya yang didapat pada saat pengukuran di setiap titik memiliki nilai yang samasehingga pengaruh intensitas cahaya pada setiap titik pengukuran tidak terlalu besar.

Kenaikan nilai oksigen terlarut pada setiap titik pengukuran terutama disebabkan oleh pemasangan *windmill aerator* yang memompakan udara ke area tambak yang menciptakan pergolakan massa air atau turbulensi aliran. Pemasangan *windmill aerator* lebih efektif menambahkan kadar oksigen terlarut dibandingkan difusi langsung oleh alam dari udara melalui permukaan ke dalam perairan yang terjadi sangat lambat walaupun dapat berlangsung selama 24 jam [5].

Tabel 2. Data hasil pengukuran pagi hari sebelum dan sesudah pemasangan windmill aerator pada tanggal 19 Maret 2019.

Titik Pengukuran	Pukul	Temperatur Air (°C)	Oksigen Terlarut (Kg/l)
Pengambilan Data Pertama Sebelum Pemasangan Windmill Aerator			
0	09.00	30,52	5,52
1	09.01	30,53	5,51
2	09.02	30,51	5,54
3	09.03	30,52	5,52
4	09.04	30,53	5,51
5	09.05	30,5	5,55
6	09.06	30,51	5,54
Pengambilan Data Pertama Setelah Pemasangan Windmill Aerator			
0	10.00	31,1	7,42
1	10.01	31,4	7,21
2	10.02	31,4	7,18
3	10.03	31,3	7,25
4	10.04	31,5	7,15
5	10.05	32,3	6,67
6	10.06	32,6	6,52

Tabel 3. Data hasil pengukuran siang hari sebelum dan sesudah pemasangan windmill aerator pada tanggal 19 Maret 2019.

Titik Pengukuran	Pukul	Temperatur Air (°C)	Oksigen Terlarut (Kg/l)
Pengambilan Data Kedua Sebelum Pemasangan Windmill Aerator			
0	12.00	34	4,73
1	12.01	34,5	4,53
2	12.02	34,7	4,47
3	12.03	34,8	4,33
4	12.04	34,5	4,53
5	12.05	34,8	4,45
6	12.06	34,9	4,41
Pengambilan Data Kedua Setelah Pemasangan Windmill Aerator			
0	13.07	33,5	6,23
1	13.08	34,1	5,93
2	13.09	33,8	6,12
3	13.10	33,9	6,03
4	13.11	33,4	6,21
5	13.12	33,2	6,24
6	13.13	34,2	5,91

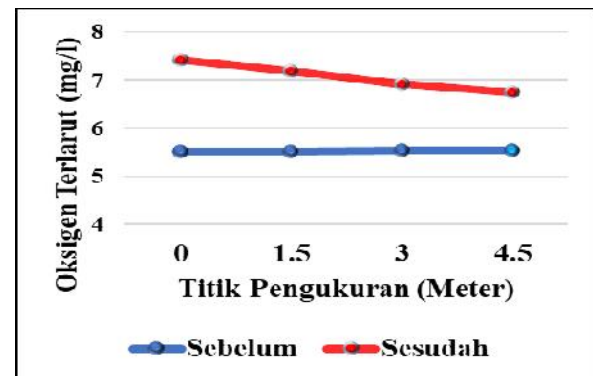
Tabel 4. Data hasil pengukuran sore hari sebelum dan sesudah pemasangan windmill aerator pada tanggal 19 Maret 2019

Titik Pengukuran	Pukul	Temperatur Air (°C)	Oksigen Terlarut (Kg/l)
Pengambilan Data Ketiga Sebelum Pemasangan Windmill Aerator			
0	15.00	33,6	5,16
1	15.01	33,7	5,13
2	15.02	33,8	5,11
3	15.03	33,7	5,13
4	15.04	33,7	5,13
5	15.05	32,5	5,29
6	15.06	32,3	5,33
Pengambilan Data Ketiga Setelah Pemasangan Windmill Aerator			
0	16.07	31,4	7,37
1	16.08	32,5	6,56
2	16.09	31,6	7,14
3	16.10	32,7	6,51
4	16.11	33,6	6,06
5	16.12	32,4	6,41
6	16.13	33,2	6,72

3.2 Perbandingan Nilai Oksigen Terlarut Sebelum dan Sesudah Pemasangan Windmill Aerator

Perbandingan nilai oksigen terlarut sebelum pemasangan *diffuser windmill aerator* dengan setelah

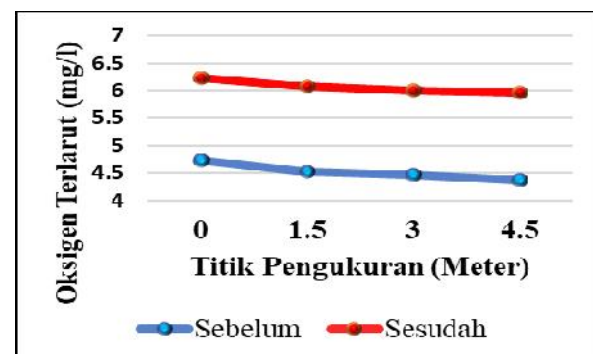
pemasangan *diffuser windmill aerator* pada tiap-tiap titik pengukuran berdasarkan waktu pengukuran, yaitu pagi, siang, dan sore hari. Sehingga dapat dilihat besaran nilai peningkatan oksigen terlarut pada setiap titik pengukuran.



Gambar 3. Pola perbandingan nilai oksigen terlarut pada pagi hari

Dapat dilihat pada Gambar 3 grafik perbandingan nilai oksigen terlarut sebelum dan setelah pemasangan *diffuser windmill aerator* pada pagi hari. Nilai kadar oksigen terlarut sebelum pemasangan memperlihatkan nilai temperatur pada setiap titik pengukuran tidak jauh berbeda, dan nilai oksigen terlarut pada setiap titik pengukuran tidak mengalami perubahan yang terlalu besar, hal ini disebabkan karena keadaan tambak masih dalam kondisi *stagnan* sehingga tidak ada perlakuan khusus yang mengakibatkan meningkatnya kadar oksigen terlarut pada setiap titik.

Nilai oksigen terlarut setelah pemasangan *diffuser windmill aerator* meningkat di setiap titik pengukuran dengan titik 0 meter menghasilkan nilai oksigen terlarut terbesar dan seiring bertambahnya radius pengukuran nilai kadar oksigen semakin menurun.



Gambar 4. Pola perbandingan nilai oksigen terlarut pada siang hari

Pada Gambar 4 grafik perbandingan nilai oksigen terlarut sebelum dan setelah pemasangan *diffuser windmill aerator* pada siang hari. Sama halnya dengan pengukuran pada pagi hari, titik pengukuran 0 meter menghasilkan nilai oksigen terlarut yang lebih besar dari pada titik pengukuran

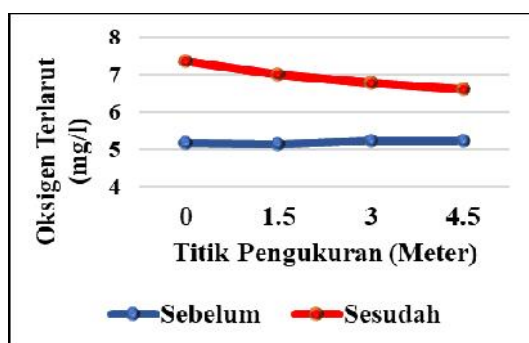
lainnya, hal ini di sebabkan karna peletakan pemasangan *diffuser windmill aerator* pada titik 0 meter, sehingga titik pengukuran pada radius 3 meter dan 4,5 meter memiliki nilai oksigen terlarut semakin kecil karna jarak peletakan *diffuser windmill aerator* semakin jauh.

Temperatur pada tiap-tiap titik pengukuran tidak sama, seperti nilai kadar oksigen pada radius 1,5 meter, 3 meter, dan 4,5 namun nilai oksigen terlarut pada setiap titik pengukuran bisa dikatakan baik karna nilai oksigen terlarut > 5 merupakan kondisi yang disukai oleh semua organisme akuatik.

Pada Gambar 7 grafik perbandingan nilai oksigen terlarut sebelum dan setelah pemasangan *diffuser windmill aerator* pada sore hari. Nilai oksigen terlarut setelah pemasangan *diffuser windmill aerator* meningkat di setiap titik pengukuran, namun perbedaan temperatur air pada setiap titik mengakibatkan perubahan nilai kadar oksigen terlarut pada radius 1,5 meter, 3 meter, dan 4,5 meter, karena semakin tinggi temperatur air, maka nilai oksigen terlarut akan semakin kecil [7].

Pada radius titik ukur 0 meter ke 1,5 meter terjadi penurunan kadar oksigen terlarut dari 7,37 mg/l ke 6,31 mg/l, namun kembali meningkat menjadi 6,77 mg/l pada radius pengukuran 3 meter.

Nilai kadar oksigen pada titik tersebut tetap lebih besar dari pada nilai kadar oksigen terlarut sebelum pemasangan *diffuser windmill aerator*.



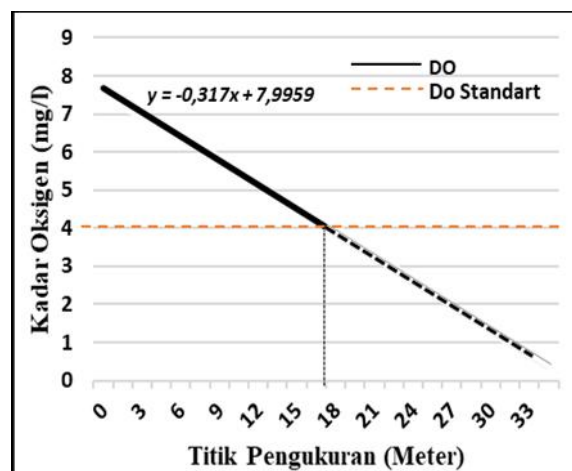
Gambar 5. Pola perbandingan nilai oksigen terlarut pada sore hari

Pada data hasil sebelum pemasangan *diffuser windmill aerator* setiap titik menghasilkan nilai oksigen terlarut yang lebih rendah, namun nilai oksigen terlarut dalam kondisi stagnan atau nilai kadar oksigen setiap titik memiliki nilai yang hampir sama, dapat dilihat pada titik ukur 0 meter menghasilkan data nilai oksigen sebesar 5,16 mg/l sedangkan nilai oksigen terlarut pada radius terjauh 4,5 meter sebesar 5,23 mg/l.

3.3 Nilai Oksigen Terlarut Setelah Pemasangan Windmill Aerator Berdasarkan Persamaan Linier Titik Pengukuran

Dari gambar 3 menunjukkan hasil data pagi hari yang diperoleh dari pengamatan di lapangan.

Sedangkan pada Gambar 5 menunjukkan data dari hasil pengamatan yang bertujuan untuk memperoleh persamaan linier. Dari persamaan linier maka akan diperoleh titik optimum pengukuran terhadap kadar oksigen yang dihasilkan dari tambak.



Gambar 6. Grafik nilai kadar oksigen terlarut pada titik maksimal setelah pemasangan *diffuser windmill aerator* pada pagi hari

Pada gambar diatas dilakukan pengukuran di pagi hari pada pukul 10.00 WIB dengan temperatur rata-rata 31°C. Dari gambar 8 menunjukan bahwa titik pengukuran terdekat yaitu sebesar 7,42 mg/l kemudian semakin menurun hingga ke titik pengukuran 33 dengan nilai 0,005 mg/l. Dengan metode pengukuran pada titik pengukuran 0 ; 1,5 ; 3 ; 4,5 meter dengan kadar oksigen masing-masing yaitu 7,42 ; 7,285 ; 6,925 dan 6,885 mg/l. Nilai 4 titik ini diperoleh setelah dipasang *diffuser windmill aerator* diperoleh dengan melakukan pengujian di lapangan. Sementara titik pengukuran yang lain mulai dari 6 – 33 diperoleh dari persamaan linier.

Berdasarkan kadar oksigen terlarut untuk sebuah tambak maka diperoleh standart sebesar 4 mg/l. Dan setelah pemasangan *diffuser windmill aerator* kadar oksigen terlarut yang dihasilkan titik optimum atau efisiensi terbaik pada jarak sejauh 18 meter dengan nilai oksigen terlarut sebesar 4,04 mg/l. Dengan hasil pengukuran ini maka diperoleh kadar oksigen terlarut yang sudah memenuhi standart yang baik untuk tambak.

Dengan metode yang sama diperoleh data di siang hari pada pukul 13.00 WIB. Untuk memperoleh data titik pengukuran terhadap kadar oksigen terlarut dapat dilihat pada Tabel 3 dengan temperature rata-rata 33,8°C. Dan setelah pemasangan *diffuser windmill aerator* kadar oksigen terlarut yang dihasilkan titik optimum atau efisiensi terbaik pada jarak 15 meter. Sedangkan pada waktu sore hari pukul 16.07 WIB untuk memperoleh data titik pengukuran terhadap kadar oksigen terlarut dapat dilihat pada Tabel 4. Tabel 4 menunjukan temperatur rata-rata yaitu 32,9 °C dengan nilai kadar oksigen terlarut sebesar 4 mg/l. Setelah pemasangan *diffuser*

windmill aerator kadar oksigen terlarut yang dihasilkan titik optimum atau efisiensi terbaik pada jarak 16,5 meter dengan nilai kadar oksigen terlarut sebesar 4 mg/l.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengukuran kadar oksigen terlarut pada pagi, siang dan sore setelah pemasangan *windmill aerator* menghasilkan peningkatan oksigen terlarut dengan rata-rata kenaikan 1-2 mg/l di setiap titik pengukuran dan nilai tertinggi oksigen terlarut terbesar 7,42 mg/l naik dari 5,52 mg/l pada titik pengukuran yang sama.

Hasil pengukuran dan perhitungan menggunakan persamaan linier menghasilkan tingkat efektifitas yang tidak terlalu berbeda dengan data pengukuran, dengan menggunakan persamaan linier, area oksigen terlarut yang dihasilkan setelah pemasangan *windmill aerator* dikategorikan besar dengan jarak terjauh 18 meter dengan jarak rata-rata 16,5 meter dan kenaikan rata-rata *dissolved Oxygen* 7,00 mg/l pada pagi, siang, dan sore hari. Dari hasil penelitian ini menjelaskan bahwa metode ini dapat menghasilkan luas area penyebaran *dissolved oksigen* yang baik yaitu dengan jarak rata-rata sebesar 16.5 meter dan kandungan kadar oksigen sebesar 4,00 mg/l.

Penghargaan

Terimakasih kepada keluarga Ibu Dr. Suri Purnama Febri, S.Kel, M.Si dari Universitas Samudera Langsa yang telah membantu dan memfasilitasi segala kebutuhan yang ada selama proses penelitian.

Daftar Pustaka

- [1]. Ifah Latifah., 2011, Model Empiris Perpindahan Massa Oksigen Pada *Compreesed Air Aerator* Untuk Tambak Udang, *Tesis*, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- [2]. Rizal Bintang. S., 2014, Uji Performansi Turbin Angin Sebagai Penggerak Aerator di Tambak Udang”, *Tugas Akhir*, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.\
- [3]. Althesa Androva, Imanuddin Harjanto., 2017, Studi Peningkatan Kadar *Dissolved Oksigen* Air, Setelah Diinjeksi Dengan Aerator Kincir Angin Savonius Darreus, Menggunakan DO Meter Type Lutron DO-5510. *Jurnal Ilmiah Teknosains*, Vol. 3 No. 2 / Hal. 114-122.
- [4]. Imanuel Manurung., 2012, Performansi Turbin Angin Savonius Dengan 3 Sudu Untuk Menggerakkan Pompa, *Tugas Akhir*,

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.

- [5]. Welch, 2008, *Water Quality in Warmwater Fish Pond. Agricultural Experiment Station*, Auburn University, Auburn, Al, USA.
- [6]. Anonym., 2014, Jenis-jenis Turbin Angin, Turbin Angin Sumbu Vertikal, termuat di: <http://www.getsttpln.com/2014>, diakses pada 05 April 2019.
- [7]. Effendi, Hefni. 2003, *Telaah Kualitas Air, Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*, Yogyakarta : Kanisius