

# PENENTUAN SUDUT POSISI SUDU ARAH HORIZONTAL UNTUK PENGEMBANGAN SUDU MODEL FURROWER AERATOR KINCIR

Samsul Bahri

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe,  
Lhokseumawe, Indonesia  
samsul@pnl.ac.id

## Abstrak

Tingkat keberhasilan usaha budidaya tambak secara intensif sangat dipengaruhi oleh kemampuan petani untuk mengatasi penurunan kualitas air yang salah satunya masalah kelarutan oksigen yang rendah melalui proses aerasi. Salah satu tipe alat aerasi yang umum digunakan adalah aerator kincir karena merupakan aerator yang paling baik dari segi mekanisme aerasi dan tenaga penggerak yang dapat digunakan. Namun aerator ini masih memiliki kinerja aerasi yang rendah sehingga biaya operasional kincir untuk pengelolaan budidaya tambak masih tinggi. Selama ini usaha peningkatan kinerja aerasi dilakukan dengan pengembangan sudu secara dua dimensi. Hal ini tidak memberikan hasil yang optimal karena kebutuhan daya untuk aerasi berbanding lurus dengan kenaikan laju aerasi. Pengembangan sudu tiga dimensi merupakan salah satu alternatif solusi. Sudut posisi sudu arah horizontal merupakan parameter desainnya. Penelitian bertujuan mendapatkan sudut posisi sudu arah horizontal untuk pengembangan sudu tiga dimensi. Kincir yang digunakan mempunyai sudu delapan buah, ukuran sudu 15x20 cm dengan diameter lubang sudu 16 mm dan sudut posisi sudu arah vertikal 45°. Variasi sudut posisi sudu arah horizontal dilakukan pada 0°, 15° dan 30° dengan putaran kincir 115, 135 dan 154 rpm pada kecelupan sudu 12 cm. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan torsi dan daya listrik yang digunakan dan volume penutupan semburan yang dihasilkan sebagai kesamaan dari laju perpindahan oksigen yang terjadi. Hasil pengujian terbaik dihasilkan pada sudut posisi sudu arah horizontal 30° dengan putaran kincir 154 rpm yaitu torsi 46.70 N, daya listrik 564.39 Watt, dan volume penutupan semburan 4.55 m<sup>3</sup>.

**Kata Kunci:** aerator kincir, sudut posisi sudu arah horizontal, torsi, daya listrik, volume penutupan semburan.

## PENDAHULUAN

Aerasi merupakan penambahan udara yang mengandung oksigen kedalam air sehingga kadar oksigen dalam air menjadi cukup dengan bantuan alat aerasi. Aerator berfungsi untuk meningkatkan kontak udara dengan air yang dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan mekanis. Salah satu tipe alat aerasi adalah aerator tipe kincir yang merupakan aerator yang paling umum digunakan untuk tambak budidaya air (Laksitanonta 2003). Hal ini dikarenakan aerator kincir merupakan alat aerasi yang paling baik dari segi mekanisme aerasi dan tenaga penggerak yang dapat digunakan (Romaine & Merry 2007).

Laju aerasi dipengaruhi oleh luas permukaan kontak air dan udara, perbedaan konsentrasi oksigen, koefisien lapisan film dan turbulensi yang terjadi (Boyd 1998). Geometri, ukuran, dan kecepatan putaran kincir mempengaruhi kinerja aerasi (Peterson & Walker 2002; Moulick *et al.* 2002). Kincir dengan ukuran yang lebih besar mempunyai kecenderungan aerasi yang lebih besar. Namun peningkatan laju aerasi tersebut selalu diikuti oleh besarnya tahanan gerak dari sudu sehingga membutuhkan tenaga penggerak kincir yang besar pula. Besarnya tenaga penggerak ini merupakan permasalahan tersendiri dalam penggunaan aerator tipe kincir karena berkenaan dengan biaya operasional

yaitu konsumsi daya listrik ataupun penggunaan bahan bakar.

Beberapa model aerator tipe kincir, seperti aerator Taiwan tersedia di pasaran dan dipergunakan secara meluas karena harga yang relatif murah, ringan dan tahan korosi, namun aerator ini memiliki efisiensi aerasi yang rendah (Wyban 1989, Bhuyar *et al* 2009, Moore & Boyd 1992).

Selama ini pengembangan sudu secara dua dimensi tidak memberikan hasil yang optimal karena kebutuhan daya untuk aerasi berbanding lurus dengan kenaikan laju aerasi. Untuk itu perlu pengembangan sudu secara tiga dimensi seperti model furrower yang berfokus pada geometri sudu. Sudut posisi sudu arah horizontal merupakan parameter desain geometrinya. Penelitian bertujuan mendapatkan sudut posisi sudu arah horizontal untuk pengembangan sudu model furrower.

## METODOLOGI

### Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan adalah bahan pembuatan model, bahan pembuatan prototipe (motor listrik, bahan struktur dan komponen mesin) dan bahan-bahan pelaksanaan pengujian (kolam dan terpal). Sedangkan alat yang digunakan adalah peralatan pembuatan kincir (mesin-mesin perkakas, alat-alat perkakas), instrumen pengujian (*load cell*, *slip ring*, *bride box*, *strain amplifier*, *data logger*, kamera digital, *treepot*, *tachometer*, *ammeter*).

### Model Roda Kincir

Roda kincir yang digunakan mempunyai 8 sudu dengan total diameter 56 cm sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Pelek berbentuk segi delapan dengan diameter 15 cm yang diberi tempat pemasangan sudu pada setiap sisi seginya. Sudu membentuk sudut  $45^\circ$  terhadap dudukannya (sudut posisi sudu arah vertikal) dengan jari-jari kelengkungan sudu 40 cm. Sudu berbentuk trapesium dengan lebar 20 cm (lebar sisi atas 5 cm dan sisi bawah 15) dan tinggi 15 cm.



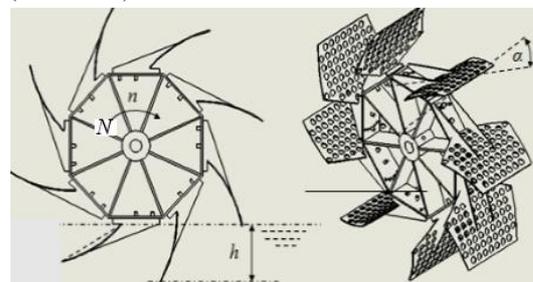
Gambar 1. Sudu dan roda kincir

### Unit Kincir Uji

Rancangan struktural kincir terdiri dari rangka, sistem transmisi reduksi putaran, sudu kincir. Rangka pengujian menggunakan besi siku dengan dimensi, bentuk dan kekuatan disesuaikan dengan peletakan dan beban komponen lainnya. Motor yang digunakan adalah motor listrik AC 1 phase dengan daya 1 HP dan kecepatan putar 1440 rpm. Sistem transmisi menggunakan gabungan sproket dan rantai untuk mereduksi putaran motor yang tersedia menjadi putaran yang diinginkan. Sistem transmisi tersebut juga dimaksudkan untuk menghindari terjadi slip sehingga kecepatan putar dapat dipertahankan konstan.

### Metode Pengujian

Pengujian dilakukan pada kolam air tawar dengan dimensi panjang 350 cm, lebar 200 cm dengan kedalaman air 40 cm. Masing-masing sudu dilakukan optimasi pada sudut posisi sudu arah horizontal ( $\alpha$ ) =  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ , dan  $30^\circ$  dengan kecepatan putaran kincir ( $N$ ) = 115, 135, dan 154 rpm pada kecelupan sudu ( $h$ ) = 12 cm (Gambar 2).



Gambar 2. Parameter desain dan pengujian

### Metode Pengukuran Torsi

Pengukuran torsi dilakukan menggunakan strain gauge yang dipasang pada poros kincir. Sensor tersebut dihubungkan

dengan strain amplifier (DAS-406B DC *Strain Amp*) melalui *slip ring* dan *bridge box* yang direkam menggunakan *data logger* (minilab 1008) dan disimpan di komputer. Data hasil pengukuran dalam bentuk tegangan (mVolt) dikonversikan menjadi nilai regangan ( $\mu\text{st}$ ) dan nilai pengukuran torsi (N·m) dengan nilai kalibrasi yang telah dilakukan sebelumnya.

### Metode Pengukuran Daya Listrik

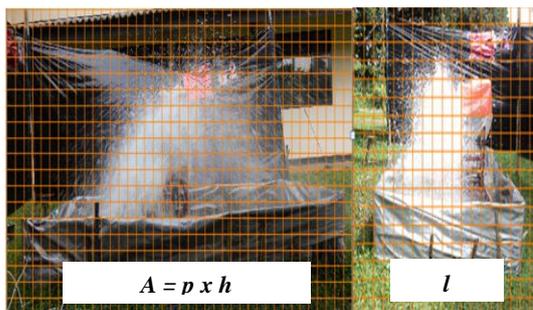
Pengukuran daya kincir dilakukan dengan mengukur konsumsi daya motor listrik menggunakan *Ammeter* (DO2A) yang dihubungkan ke stop kontak listrik. Bacaan nilai pengukuran daya (Watt) dilakukan menggunakan perekaman video kamera digital pada layar *Ammeter*. Nilai daya diambil pada nilai rata-rata yang sering muncul dari hasil bacaan pemutaran video rekaman untuk setiap perlakuan pengujian.

### Metode Pengukuran Volume

Pengukuran volume penutupan semburan air dilakukan dengan mengambil rekaman gambar menggunakan kamera digital dari sisi depan dan samping kincir pada saat pengujian. Gambar digital tersebut kemudian diolah menggunakan program *CAD* yaitu dengan membuat segmen (grid), dimana volume penutupan semburannya ( $V$ ) adalah dengan mengalikan luasan segmen gambar semburan air hasil foto sisi depan ( $A$ ) dengan lebar segmen gambar semburan air hasil foto sisi samping ( $l$ ).

$$V = \sum A \cdot l \quad (1)$$

Volume penutupan semburan air nyata diperoleh dengan membandingkan volume penutupan semburan gambar dengan pembanding yang telah diketahui ukurannya sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Error! No text of specified style in

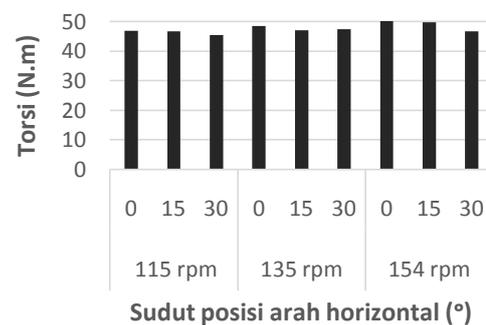
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebutuhan torsi untuk setiap variasi perlakuan menunjukkan hasil yang berbeda sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan torsi untuk setiap variasi perlakuan

Putaran (rpm)	Sudut posisi arah horizontal (°)	Torsi (N.m)	Daya (Watt)	Volume penutupan semburan (m <sup>3</sup> )
115	0	46.98	565.76	1.64
	15	46.73	562.70	1.71
	30	45.51	548.12	1.78
135	0	48.58	585.03	2.72
	15	47.13	567.63	2.81
	30	47.54	570.51	2.89
154	0	50.34	606.18	4.44
	15	49.86	600.50	4.44
	30	46.70	564.39	4.55

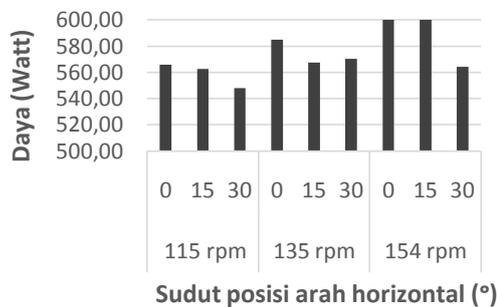
Torsi terkecil 45.51 N·m terjadi pada putaran 115 rpm dan sudut posisi sudu arah horizontal 30°, sedangkan terbesar 50.34 N·m pada putaran 154 rpm dan sudut posisi sudu arah horizontal 0°. Perubahan kecepatan putar kincir dari 115 rpm menjadi 135 rpm dan 154 rpm memperbesar torsi 2.91% dan 5.49% (Gambar 4). Perubahan sudut posisi sudu arah horizontal dari 0° menjadi 15° dan 30° mengurangi torsi 1.48% dan 4.16%.



Gambar 4. Torsi kincir

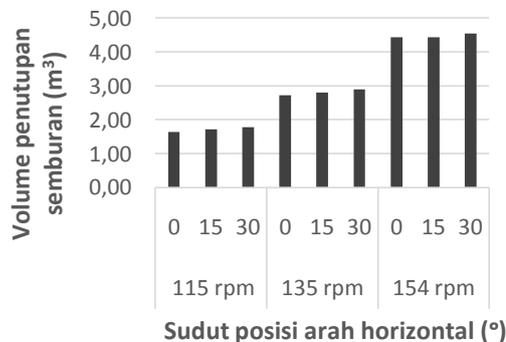
Konsumsi daya listrik terkecil 548.12 Watt terjadi pada putaran 115 rpm dan sudut posisi sudu arah horizontal 30°, sedangkan terbesar 606.18 Watt pada putaran 154 rpm dan sudut posisi sudu arah horizontal 0°. Perubahan kecepatan putar kincir dari 115 rpm menjadi 135 rpm dan 154 rpm menambah konsumsi daya 2.79% dan 5.61% (Gambar 5). Perubahan sudut posisi sudu arah horizontal dari 0°

menjadi 15° dan 30° mengurangi konsumsi daya 1.48% dan 4.17%, yang mana hal ini diakibatkan oleh berkurangnya massa air yang digerakkan oleh kincir. Pengurangan massa air ini merupakan pengaruh dari kemiringan sudu arah horizontal yang secara teoritis sebesar 3.4% dan 13.4%.



Gambar 5. Konsumsi daya listrik kincir

Volume penutupan semburan terkecil yang dihasilkan 1.64 m<sup>3</sup> terjadi pada putaran 115 rpm dan sudut posisi sudu arah horizontal 30°, sedangkan terbesar 4.55 m<sup>3</sup> pada putaran 154 rpm dan sudut posisi sudu arah horizontal 0°. Perubahan kecepatan putar kincir dari 115 rpm menjadi 135 rpm dan 154 rpm meningkatkan volume penutupan semburan 64.09% dan 161.86% (Gambar 6). Perubahan sudut posisi sudu arah horizontal dari 0° menjadi 15° dan 30° meningkatkan volume penutupan semburan 2.46% dan 3.22%, yang mana hal ini diakibatkan oleh melebarnya semburan air yang digerakkan oleh kincir.



Gambar 6. Volume penutupan semburan yang dihasilkan

## KESIMPULAN

1. Torsi dan kebutuhan daya listrik terkecil adalah 44.51 N·m dan 548.120 Watt terjadi pada perlakuan kecepatan putar kincir 115 rpm dengan sudut posisi sudu arah horizontal 30°.
2. Volume penutupan semburan air terbesar terbesar 4.55 m<sup>3</sup> dihasilkan pada perlakuan kecepatan putar kincir 154 rpm dengan sudut posisi sudu arah horizontal 30°.
3. Perubahan kecepatan putar kincir dari 115 rpm menjadi 135 rpm dan 154 rpm menambah konsumsi daya listrik 2.79% dan 5.61%, dan meningkatkan volume semburan 64.09% dan 161.86%.
4. Perubahan sudut posisi sudu arah horizontal dari 0° menjadi 15° dan 30° mengurangi konsumsi daya listrik 1.48% dan 4.17%, dan meningkatkan volume semburan 2.46% dan 3.22%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bhuyar LB, Thakre SB, and Ingole NW, "Design characteristics of curved blade aerator w.r.t. aeration efficiency and overall oxygen transfer coefficient and comparison with CFD modeling," *International Journal of Engineering, Science and Technology* 1: 1-15. 2009.
- [2] Boyd CE, "Pond water aeration systems," *Aquac Eng* 18:9-40. 1998.  
Laksitanonta S, Singh S, and Singh G, A review of aerators and aeration practices in Thai Aquaculture, "Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America 34 (4):64-71. 2003.
- [3] Moore JM and Boyd CE, "Design of small paddle wheel aerators," *Aquac Eng* 11:55-69. 1992.
- [4] Moulick S, Mal BC, and Bandyopadhyay, "Prediction of aeration performance of paddle wheel aerators," *Aquac Eng* 25:217-237. 2002.
- [5] Munson, Young, and Okiishi, "Fundamentals of fluid mechanics" USA : John Wiley & Sons, Inc. 518-538, 2006.
- [6] Peterson EL and Walker MB, "Effect of speed on Taiwanese paddelwheel aeration," *Aquac Eng* 26:129-147. 2002.

- [7] Romaine RP and Merry GE,” Effect of paddle wheel aeration on water quality in crawfish pond,” *Appl Aquac* 19(3):61-75. 2007.
- [8] Wyban JA, Pruder GD, and Leber KM, 1989”, *Paddle wheel effect on shrimp growth, production and crop value in commercial earthen ponds*,” *J World Aquac Soc* 20:18-23.