

PENGARUH SUDU-SUDU PADA MODEL KINCIR AIR *UNDERSHOT* UNTUK IRIGASI PERTANIAN

Abryan Rakasiwi¹⁾, Rinaldi²⁾, Andy Hendri²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru 28293

Email : Abryanrakasiwi7@gmail.com

Abstrak

Undershot water wheel is appropriate technologies that raise the water level elevation of the river which was originally low for irrigation purposes with low cost. The water wheel is generally used in agricultural areas that do not get technical irrigation network. Water capacity capable be appointed the waterwheel is relatively low when compared with technical irrigation but the capacity could be increased if the factors affecting debits lifter of water can be optimized. These factors are the blades, the debit of flow, the position of box, the amount and type of box. The purpose of the research determines the dimensions of blade effective and debit of flow optimum which produces a maximum of debits lifter water. Research conducted in the laboratory to do the testing on the model undershot waterwheel. Model waterwheel was created in such a manner resembling a waterwheel in the field without scale models. Testing is done by varying the dimensions of the blade is the blade size of 6 cm × 4.5 cm, 6 cm × 6 cm and 6 cm × 7.5 cm, and then the flow rate is 3.07 l / sec, 3.8 l / sec and 5,99 l / sec and amount of box is 6, 12, 18, 24, 30 and 36 as well as the type of box that is type 1 (small size), type 2 (medium size) and type 3 (large size). The results showed the number of boxes 36 with a box type 3 in spoon size of 6 cm × 6 cm to debit of flow 5,99 l / sec produce maximum of debits lifter water that is equal to 38,17 ml /sec. It can be concluded dimention of spoon effective is the size of 6 cm × 6 cm and debit of flow that optimum is 5,99 l / sec.

Keywords: undershot water wheel, dimension of blade, debit of flow

A. PENDAHULUAN

Kincir air irigasi merupakan suatu teknologi tepat guna yang mekanismenya menaikan muka air dari elevasi yang semula rendah dalam upaya mengairi daerah pertanian. Pada umumnya kapasitas kincir air untuk menaikan air sangat rendah bila dibandingkan dengan irigasi teknis. Meskipun kapasitasnya yang rendah, kincir air ini digunakan pada daerah yang tidak terjangkau sistem irigasi teknis dari bendungan atau waduk.

Prinsip kerja kincir air undershot adalah kincir berputar pada sumbunya karena adanya gaya momentum massa air yang cukup menghantam sudu-sudu. Seiring dengan berputarnya, kincir mengambil air dari sungai dan menumpahkannya ke talang air. Selanjutnya air dari talang tersebut

didistribusikan mengandalkan gaya gravitasi ke daerah yang akan dialiri (Balitbang PU, 2006).

Air yang mampu diangkat oleh kincir dalam persatuan waktu setiap kincir berbeda beda. Hal ini disebabkan debit air yang mampu dinaikkan oleh kincir dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi inilah bila dioptimalkan akan meningkatkan air yang mampu diangkat. Upaya mengoptimalkan faktor-faktor tersebutlah yang menjadi latar belakang penelitian ini yaitu dimensi sudu, debit aliran, posisi kotak, jumlah dan tipe kotak. Berdasarkan faktor-faktor tersebut maka akan dilakukan penelitian pengaruh modifikasi dimensi sudu-sudu pada model kincir air dengan variasi debit aliran.

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan dimensi sudu-sudu yang efektif pada model kincir air *undershot* dan menentukan debit aliran yang optimum untuk memperoleh debit pengangkatan air yang paling besar.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Kincir

Kincir air untuk irigasi adalah sebuah alat yang dipasang pada pinggir sungai yang berbentuk roda yang menggunakan untuk menaikkan air dari sungai ke areal yang akan dialiri disekitarnya. Kincir air ini dalam kerjanya memanfaatkan air permukaan. Air permukaan dibentuk sedemikian rupa sehingga bias menggerakkan kincir tersebut (Purnama Dewi, 2011).

Jenis Kincir Air

Jenis kincir air berdasarkan sistem aliran airnya terdiri dari 4 jenis, yaitu:

1. Kincir *Overshot*

Kincir air *Overshot* bekerja saat air yang mengalir jatuh ke bagian atas sudu-sudu dan karena gaya berat air tersebutlah roda kincir berputar.

Keuntungan:

- Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85%.
- Tidak membutuhkan aliran yang deras.
- Konstruksi yang sederhana.
- Mudah dalam perawatan.
- Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.

Kerugian:

- Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan air, sehingga memerlukan investasi yang lebih banyak.
- Tidak dapat diterapkan untuk mesin putaran tinggi.
- Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.
- Daya yang dihasilkan relatif kecil.

2. Kincir *Undershot*

Kincir air *undershot* bekerja saat air yang mengalir, menghantam sudu-sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir.

Keuntungan:

- Konstruksi yang sederhana.
- Lebih ekonomis.
- Mudah untuk dipindahkan.

Kerugian:

- Efisiensi kecil.
- Daya yang dihasilkan relatif kecil.

3. Kincir *Breastshot*

Kincir air *breast-shot* merupakan perpaduan dari tipe *overshot* dan *undershot* dilihat dari energi yang diterimanya.

Keuntungan:

- Tipe ini lebih efisiensi dari tipe *undershot*.
- Dibandingkan tipe *overshot* tinggi jatuhnya lebih pendek.
- Dapat diaplikasikan pada sumber air aliran datar.

Kerugian:

- Sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe *undershot* (lebih rumit),
- Diperlukan dam apda arus aliran datar.
- Efisiensi lebih kecil dari pada tipe *overshot*.

4. Kincir Air *Tub*

Kincir air *tub* merupakan kincir air yang diletakkan secara horizontal dan sudu-sudunya miring terhadap garis vertikal dan tipe ini dapat dibuat lebih kecil dari pada tipe *overshot* maupun tipe *undershot*.

Keuntungan:

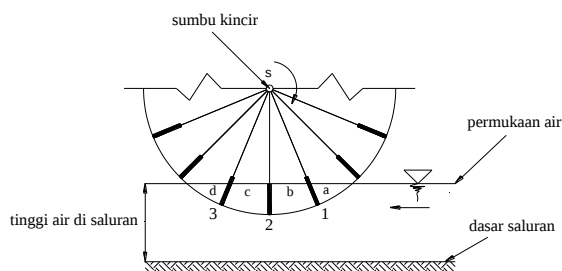
- Memiliki konstruksi yang lebih ringkas.
- Kecepatan putarnya lebih cepat.

Kerugian:

- Tidak menghasilkan daya yang besar.
- Karena komponennya lebih kecil membutuhkan tingkat ketelitian yang lebih teliti.

Mekanisme Perputaran Kincir dari Sudut Pandang Hidrolika

Tiap jenis kincir air memiliki mekanisme perputaran yang berbeda beda. Proses perputaran kincir ini mempunyai 3 (tiga) macam bahkan lebih posisi massa air yang menumbuk sudu-sudu (kipas). Posisi massa air sangat bergantung pada kerapatan susunan jari-jari kincir dan diameter kincir seperti terlihat pada Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Mekanisme posisi massa air yang menumbuk sudu-sudu (kipas)

- Massa air di **a** adalah posisi aliran menumbuk sudu-sudu terdepan (1) ke arah hulu.
- Massa air di **b** adalah posisi aliran berada di antara 2 sudu-sudu, yaitu sudu 1 dan 2.
- Massa air di **c** adalah posisi aliran berada di antara 2 sudu-sudu, yaitu sudu 2 dan 3.
- Massa air di **d** adalah posisi aliran berada di belakang kincir atau sudu 3.

Pada dasarnya prinsip kerja kincir air modifikasi maupun tradisional bergantung dari waktu yang dibutuhkan untuk proses pengisian tabung air pada saat berada di bagian bawah. Waktu yang dibutuhkan saat pengisian tabung air ini dipengaruhi oleh kecepatan rotasi kincir. Kecepatan rotasi kincir sangat bergantung dari desain sudu-sudu diantaranya luasan, jumlah dan bahan yang digunakan. Hal ini sejalan dengan apa yang dirumuskan oleh Irzal et al, (1989) bahwa daya air yang dapat menggerakkan air ditentukan oleh berat jenis air, luas penampang sudu-sudu kincir, kecepatan air sungai dan gaya

gravitasi (Panggabean, 2013). Untuk jelasnya rumus tersebut adalah:

$$P = \frac{\rho \times A \times V^3}{2 \times g} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

P = Daya air yang menggerakkan kincir

(Watt)

ρ = Berat jenis air (kg/m^3)

A = Luas penampang sudu-sudu kincir (m^2)

V = Kecepatan aliran air (m/dtk)

g = Gaya gravitasi (m/dtk^2)

Berdasarkan rumus tersebut berarti semakin besarnya daya yang memutar kincir semakin besar pula kecepatan kincir berputaran atau (Panggabean, 2013).

Metode Perhitungan

1. Debit efektif (K_e)

Debit efektif (K_e) didapat dari pengukuran volume air yang dinaikkan kincir setiap putaran persatuan waktu yang dapat diukur langsung dari bak tampung air (Arsis Ahmad dalam Vicky, 2015).

2. Debit teoritis (K_t)

Debit teoritis (K_t) diketahui dari persamaan (Arsis Ahmad dalam Vicky, 2015).

$$K_t = Vol \times rpm \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan :

K_t = Kapasitas teoritis kincir menaikkan air (l/detik)

Vol = Volume tabung pengangkat air (cm^3)

rpm = Putaran kincir permenit

3. Efisiensi debit

Efisiensi debit adalah perbedaan antara debit yang dimanfaatkan (diangkat kincir) dengan debit teoritis kincir. Besarnya efisiensi adalah :

$$\eta = \left(\frac{Q_{\text{efektif}}}{Q_{\text{teoritis}}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan :

- η = Efisiensi debit (%)
- Q_{efektif} = Debit yang diangkat kincir (cm³/dtk)
- Q_{teoritis} = Debit berdasarkan kapasitas tabung dan rpm (cm³/dtk)

C. METODOLOGI PENELITIAN

Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidroteknik Fakultas Teknik Universitas Riau, Jalan Soebrantas Km 12,5 Simpang Panam, Pekanbaru.

Alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah:

1. Model fisik kincir air.
2. *Flume* sebagai model sungai.
3. Pompa *Submersible* sebanyak 3 buah.
4. *Hydraulic Bench*.
5. *Tachometer*.
6. Seng pelat.
7. Talang air dan bak penampungan.
8. Kotak pengangkat air.
9. *Point gauge*.
10. Gelas ukur.
11. *Stopwatch*.
12. Alat dan Material Pertukangan
13. Kamera untuk alat dokumentasi.
14. Kertas, *printer* dan lain-lain, sebagai perangkat pendukung dalam penelitian ini.

Prosedur Penelitian

1. Studi literatur dan studi pendahuluan

Studi literatur dan studi pendahuluan adalah tahap mempelajari dan memahami yang berkaitan dengan kincir air baik dari buku, literatur dan jurnal.

2. Perakitan model kincir air dan modifikasi sudu-sudu kincir

Pada penelitian ini menggunakan kincir telah ada di laboratorium yang telah dirakit pada penelitian sebelumnya yaitu Akhiar Junaidi. Setelah kincir air selesai

digunakan dan diperoleh data-data pengukurannya, selanjutnya dimodifikasi dimensi sudu-sudunya. Sudu-sudu tersebut nantinya diperpendek dan diperpanjang sebesar 1,5 cm dari dimensi semula.

3. Persiapan *flume* / saluran terbuka

3.1. Perakitan *flume*

Tahap selanjutnya yaitu perakitan *flume*. Perakitan *flume* telah dilakukan pada penelitian sebelumnya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Taufiq Vicky. *Flume* ini terdiri dari dua yaitu *flume* utama (telah ada di laboratorium) dan *flume* rakitan (dibuat dari bahan kayu) yang dikombinasikan sehingga membentuk model sungai.

- 3.2. Persiapan pengaliran air

Tahapan selanjutnya adalah persiapan pengaliran air yang meliputi:

- a. Persiapan pompa

Persiapan pompa meliputi pengecekan pompa dan pemasangan pompa dengan selang.

- b. Persiapan selang air

Persiapan selang air yaitu pengecekan kondisi selang air dimana selang tidak boleh bocor sama sekali.

- c. Persiapan pipa

Persiapan pipa ini meliputi: Pemotongan pipa sesuai dengan rencana, Pemasangan selang dari pompa dengan pipa, Pemasangan pipa dengan *stopkran* dan Pemasangan pipa yang telah dihubungkan dengan *stopkran* dengan selang air untuk selanjutnya diarahkan ke *flume*.

4. Persiapan model

- a. Pemasangan kincir air pada *flume*.
- b. Pemasangan kotak pada kincir air.
- c. Pemasangan talang dan bak penampung air.
- d. Pemasangan dan kalibrasi *point gauge* pada *flume* rakitan.
- e. Pemasangan stiker *spotlight* pada poros kincir.

5. Uji dan *Running* model

5.1. Pengujian Model

a. Menghidupkan mesin Pompa.

Sebelum mesin pompa *submersible* dihidupkan, terlebih dahulu dilakukan pengecekan posisi pompa agar pompa dapat menghisap air lebih maksimal.

b. Stabilitas Perputaran Kincir.

Pengecekan stabilitas perputaran kincir ini bertujuan untuk memastikan kincir berputar secara stabil tanpa mengalami perlambatan sehingga hasil *running* lebih akurat.

c. Pengecekan Posisi Talang dan Bak penampung air.

Pengecekan posisi talang dilakukan bertujuan untuk memastikan air yang dituangkan kotak pengangkat air tepat mengarah ke talang dan selanjutnya ke bak penampungan.

5.2. *Running*

a. Pengukuran debit aliran pada *Hydraulic Bench*

Pengukuran debit aliran menggunakan rumus $Q = \frac{v}{t}$ yang dilakukan pada *Hydraulic Bench*. Pengukuran ini dilakukan dengan cara menetapkan volume, kemudian dilakukan pengukuran waktu yang dibutuhkan untuk mencapai volume tersebut.

b. Pengukuran elevasi muka air pada *flume* menggunakan *point gauge*

Pengukuran dilakukan dengan cara mengatur jarum pada *Point Gauge*. Jarum dibiarkan menyentuh dasar saluran dan dikalibrasi pada 0 (nol). Selanjutnya jarum diatur sehingga jarum menyentuh permukaan aliran kemudian mencatat angka pada *Point Gauge*.

c. Pengukuran kecepatan putaran kincir menggunakan *Tachometer*

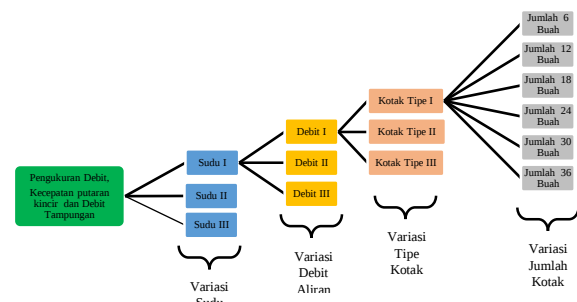
Pengukuran ini menggunakan alat yaitu *Tachometer*. Pengukuran dilakukan dengan menekan tombol pada *Tachometer* dan mengarahkan alat ke *spotlight* pada poros kincir. *Tachometer* akan mengeluarkan cahaya merah sebagai sensor untuk membaca putaran kincir.

d. Pengukuran debit pengangkatan air yang dihasilkan kincir

Cara pengukuran debit pengangkatan air ini sama seperti yang dilakukan pada pengukuran debit aliran namun yang berbeda yaitu waktu yang ditentukan, bukan volume. Kemudian dilakukan pengukuran volume pengangkatan air dari waktu yang ditentukan. Hasil volume pengangkatan air diukur menggunakan gelas ukur.

e. Skema pengujian

Seluruh pengukuran tersebut haruslah sesuai skema pengujian yang akan dilakukan. Berikut skema pengujian yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema penelitian

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Awal

1. Pengujian Pompa

Pengujian pompa dilakukan untuk mengetahui debit aliran pada saat mengalir saluran (*flume*). Jumlah pompa yang digunakan 3 buah. Meskipun jumlah pompa 3 buah tapi dalam penggunaannya tetap 2 buah yaitu dengan cara memvariasikan penggunaan pompa. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 4.1 Variasi penggunaan pompa

Variasi penggunaan pompa	Debit aliran(liter/detik)
Pompa 1	Debit aliran 1
Pompa 1 dan pompa 2	Debit aliran 2
Pompa 1 dan pompa 3	Debit aliran 3

Debit 2 ini merupakan debit yang digunakan pada penelitian terdahulu sehingga bisa diperoleh datanya tanpa melakukan pengujian dan besaran nilai debit 2 adalah 3,8 liter/detik. Setelah dilakukan pengukuran debit aliran diperoleh besaran debit 1 dan debit 2. Berikut data debit aliran 1, 2 dan 3.

Tabel 2. Data debit aliran dan elevasi muka air

Debit aliran (l/dtk)	Debit total (l/dtk)	Elevasi muka air rata-rata (mm)	
		Hulu	Hilir
Debit aliran 1	3,07	48,5	42,6
Debit aliran 2	3,8	58,7	47,2
Debit aliran 3	5,99	101	66,7

2. Data Kincir

Kincir dibuat dari pelat besi yang dikombinasikan dengan jari-jari sepeda dan tromol sepeda. Dengan spesifikasi diameter 55 cm, lebar 6 cm, panjang dan lebar sudu 6 cm sebanyak 18 buah dan berat kincir 1,76 kg. Pada sudu-sudu, dilakukan modifikasi dimensi yaitu dengan memperpanjang dan memperpendek 1,5 cm dari ukuran sudu semula sehingga ada 3 model ukuran sudu. Ketiga model ukuran dimensi sudu-sudu tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Model ukuran dimensi sudu-sudu kincir

Sudu-sudu	Ukuran
Sudu-sudu yang diperpendek 1,5 cm	6 cm × 4,5 cm
Sudu-sudu ukuran semula	6 cm × 6 cm
Sudu-sudu yang dipanjangkan 1,5 cm	7,5 cm × 6 cm

Tinggi muka air yang menghantam sudu kincir

Data tinggi muka air di hulu dan hilir saluran yang telah diketahui tentunya akan membantu untuk mengetahui tinggi muka air yang menghantam sudu kincir menggunakan rumus perbandingan segitiga. Tinggi muka air yang menghantam sudu yang dimaksud adalah ketika sudu tegak lurus dengan dasar saluran atau berada pada posisi 2 (Gambar 1). Berikut hasil perhitungan dan kondisi tinggi muka air menghantam sudu kincir.

Tabel 4. Kondisi sudu ketika dihantam air

Debit aliran (l/dtk)	Ukuran sudu (mm×mm)	Hms (mm)	Hks (mm)	Hsd (mm)	Hstd (mm)	Hmas (mm)
3,07	60 × 45	46,4	25	21,4	23,6	-
	60 × 60			21,4	38,6	-
	60 × 75			21,4	53,6	-
3,8	60 × 45	54,5		29,5	15,5	-
	60 × 60			29,5	30,5	-
	60 × 75			29,5	45,5	-
5,99	60 × 45	88,6		45	-	18,6
	60 × 60			60	-	3,6
	60 × 75			63,6	11,4	-

Ket:

Hms = Tinggi air menghantam sudu

Hks = Tinggi kincir dari dasar saluran

Hsd = Tinggi sudu dihantam air

Hstd = Tinggi sudu yang tidak dihantam air

Hmas = Tinggi air melewati bagian atas sudu

Mekanisme Perputaran Kincir

Mekanisme perputaran kincir yaitu massa air yang menumbuk sudu sudu kincir sehingga berputar telah dijelaskan tetapi besaran daya yang memutar kincir belum diketahui. Besaran daya yang memutar kincir dapat diketahui menggunakan rumus 2.1. Berikut hasil perhitungan.

Tabel 5. Besaran daya memutar kincir

Ukuran Sudu (cm×cm)	Qa (l/dt)	bagian yang terendam air		A (m²)	Hms (cm)	Apb (m²)	V (m³/dt)	P (mW)
		l (cm)	t (cm)					
6 × 4,5	3,07	6	2,14	0,0013	4,64	0,0068	0,45	6,04
	3,8	6	2,95	0,0018	5,45	0,008	0,48	10,15
	5,99	6	4,5	0,0027	8,86	0,0129	0,46	13,39
6 × 6	3,07	6	2,14	0,0013	4,64	0,0068	0,45	6,04
	3,8	6	2,95	0,0018	5,45	0,008	0,48	10,15
	5,99	6	6	0,0036	8,86	0,0129	0,46	17,86
6 × 7,5	3,07	6	2,14	0,0013	4,64	0,0068	0,45	6,04
	3,8	6	2,95	0,0018	5,45	0,008	0,48	10,15
	5,99	6	6,36	0,0038	8,86	0,0129	0,46	18,85

Ket:

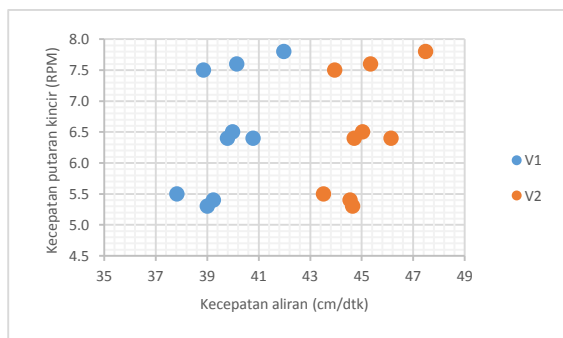
Qa = Debit aliran
 l = Lebar
 t = Tinggi
 A = Luas sudu
 Hms = Tinggi air menghantam sudu
 Apb = Luas penampang basah
 V = Kecepatan aliran
 P = Daya memutar kincir
 mW = miliWatt

Berdasarkan tabel 5 terlihat bahwa daya memutar kincir semakin meningkat seiring meningkatnya debit aliran dan luas sudu yang dihantam air.

Hasil Penelitian dan Pengolahan Data

1. Hubungan Kecepatan Aliran dan Kecepatan Putaran Kincir

Berikut contoh grafik hubungan kecepatan aliran dan kecepatan putaran kincir.

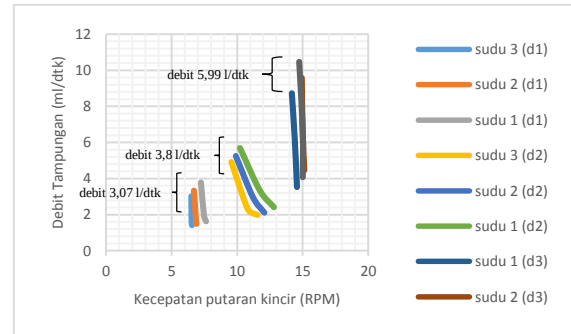


Gambar 3. Grafik hubungan kecepatan aliran dan putaran kincir pada debit aliran 3,07 l/dtk untuk ukuran sudu 6 cm × 4,5 cm (kotak 1)

Grafik tersebut terlihat bahwa kecepatan aliran di saluran/*flume* mempengaruhi kecepatan putara kincir. Kecepatan aliran di hilir kincir relatif lebih besar dibandingkan dengan kecepatan aliran di hulu kincir. Hal ini disebabkan karena pada saat aliran menuju kincir kecepatan akan terhalang oleh sudu-sudu kincir.

2. Hubungan Putaran Kincir dan Debit Pengangkatan air dari Kincir

Berikut contoh grafik hubungan putaran kincir dan debit pengangkatan air dari kincir.

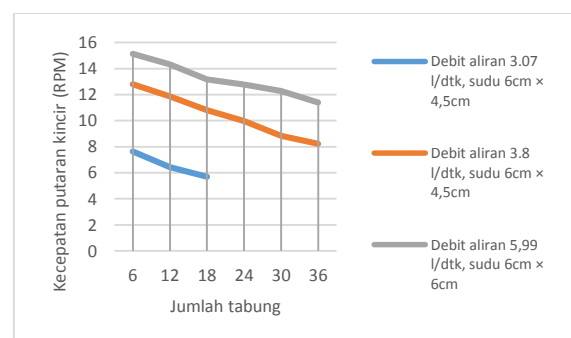


Gambar 4. Grafik hubungan kecepatan putaran kincir dengan debit pengangkatan air untuk jumlah kotak 6 (tipe kotak 1, 2 dan 3)

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa besarnya debit pengangkatan air dari kincir tidak di saat kincir berputar dengan cepat. Hal ini disebabkan saat kincir berputar cepat menyebabkan kotak tidak terisi penuh ketika kotak berada di bawah dan kotak juga tidak menuangkan seluruh air ke talang ketika kotak berada di atas.

3. Hubungan Debit Aliran dan Kecepatan Putaran Kincir

Berikut contoh grafik hubungan debit aliran dan kecepatan putaran kincir.



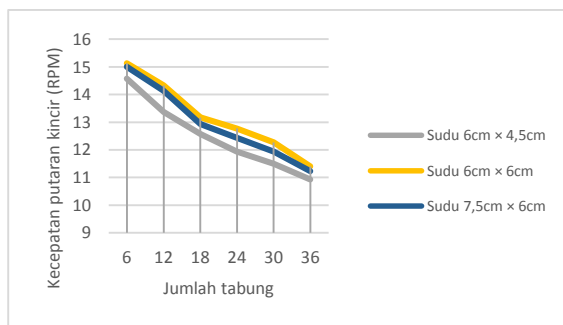
Gambar 5. Grafik hubungan antara debit aliran dengan kecepatan putaran kincir (ketika putaran kincir maksimum) pada ketiga variasi debit aliran

Grafik tersebut terlihat bahwa seiring meningkatnya debit aliran maka kecepatan putaran kincir pun meningkat sehingga hubungan keduanya berbanding lurus. kemudian semakin kecil debit aliran yang mengalir maka potensi kincir tidak berputar semakin besar karena gaya dorong yang lemah.

Selain itu, kesimpulan lain yang didapat dari grafik tersebut yaitu semakin banyak jumlah kotak yang dipasang pada kincir semakin rendah nilai kecepatan putaran kincir karena semakin banyak jumlah kotak terpasang menambah berat kincir sehingga kincir berputar menjadi lambat.

4. Hubungan Dimensi Sudu Kincir dan Kecepatan Putaran Kincir

Berikut contoh grafik hubungan dimensi sudu kincir dan kecepatan putaran kincir.



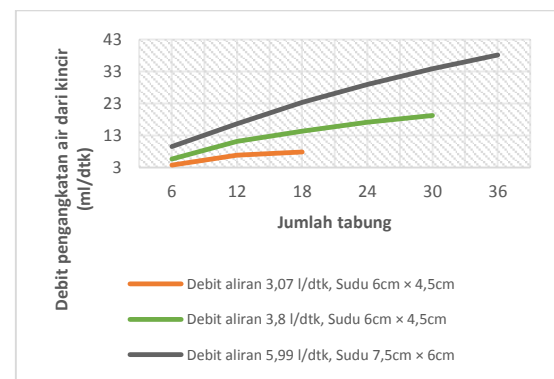
Gambar 6. Grafik hubungan antara dimensi sudu dengan kecepatan putaran kincir (ketika putaran kincir maksimum) pada ketiga model ukuran sudu

Berdasarkan Gambar 6 terlihat bahwa kecepatan putaran kincir maksimum terjadi ketika debit aliran 5,99 l/dtk menghantam sudu ukuran 6 cm x 6 cm. Bila melihat dari daya memutar kincir pada tabel 5 seharusnya sudu ukuran 6 cm x 7,5 cm menghasilkan kecepatan putaran tercepat tetapi dari hasil *running*, sudu ukuran 6 cm x 6 cm yang menghasilkan putaran kincir paling besar. Hal ini disebabkan beberapa faktor yaitu selisih antara daya memutar kincir sudu ukuran 6 cm x 7,5 cm dengan

sudu ukuran 6 cm x 6 cm yang tipis sehingga hasilnya tidak terlalu terlihat. Kemudian pada sudu ukuran 6 cm x 7,5 cm memiliki tinggi sudu yang tidak dihantam air sebesar 1,14 cm sehingga daya memutarnya menurun karena tinggi sudu yang tidak dihantam air tersebut menambah berat kincir sedangkan sudu ukuran 6 cm x 6 cm tidak memiliki tinggi sudu yang tidak dihantam air tetapi memiliki tinggi air yang melewati bagian atas sudu sebesar 0,36 cm. Selanjutnya yaitu kincir yang berputar yang kurang stabil akan mempengaruhi hasil *running*.

5. Hubungan Debit Aliran dan Debit Pengangkatan Air dari Kincir

Berikut contoh grafik hubungan debit aliran dan debit pengangkatan air dari kincir.



Gambar 7. Grafik hubungan antara debit aliran dengan debit pengangkatan air dari kincir (ketika debit pengangkatan air maksimum) pada ketiga variasi debit aliran

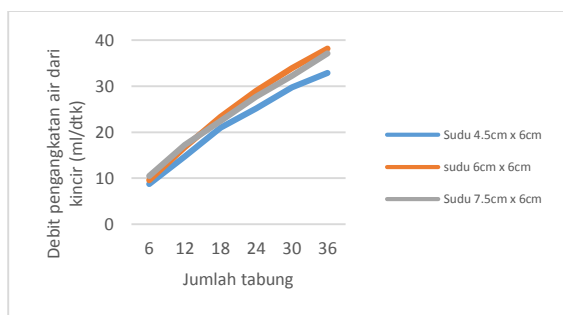
Grafik di atas terlihat yaitu semakin meningkatnya debit aliran maka meningkat pula debit pengangkatan air dari kincir. Pada debit aliran yang rendah maka debit pengangkatan air juga menjadi berkurang bahkan untuk pemasangan jumlah kotak tertentu pada kincir tidak menghasilkan debit pengangkatan air karena kincir yang tidak berputar

Kemudian dari grafik tersebut juga terlihat bahwa semakin banyak jumlah kotak yang dipasang pada kincir maka

semakin besar debit pengangkatan air yang diperoleh. Hal ini dikarenakan banyaknya jumlah kotak dipasang pada kincir membuat peluang air diangkat lebih banyak.

6. Hubungan Dimensi Sudu Kincir dan Debit Pengangkatan Air dari Kincir

Berikut contoh grafik hubungan dimensi sudu kincir dan debit pengangkatan air dari kincir.



Gambar 8. Grafik hubungan antara dimensi sudu dengan debit pengangkatan air dari kincir (ketika debit pengangkatan air kincir maksimum) pada ketiga model ukuran sudu

Pada Gambar 8, debit pengangkatan air dari kincir yang maksimum pada sudu ukuran 6 cm × 4,5 cm adalah 32,87 ml/dtk pada jumlah kotak 36. Kemudian pada sudu ukuran 6 cm × 6 cm menghasilkan debit pengangkatan air yang maksimum sebesar 38,17 ml/dtk pada jumlah kotak 36. Sedangkan pada sudu ukuran 7,5 cm × 6 cm menghasilkan debit pengangkatan air yang maksimum pada jumlah kotak 36 yaitu 37,15 ml/dtk. Sehingga dapat disimpulkan debit pengangkatan air yang maksimum terjadi pada sudu ukuran 6 cm × 6 cm dengan debit aliran 5,99 l/dtk.

Efisiensi Debit Pengangkatan Air

Efisiensi debit adalah perbandingan antara debit yang termanfaatkan (diangkat kincir) dengan debit pengangkatan air teoritis kincir. Nilai debit yang termanfaatkan (diangkat kincir) didapat dari pengukuran volume air yang dinaikkan

kincir setiap putaran persatuan waktu yang dapat diukur langsung dari bak tampung air. Sedangkan nilai debit teoritis kincir diperoleh menggunakan Rumus 2.2. Berikut contoh hasil perhitungan efisiensi debit pengangkatan air.

Tabel 6. Efisiensi debit pengangkatan air untuk ukuran sudu 6cm × 4,5cm pada debit aliran 3,07 l/dtk (tipe kotak 1)

Jumlah kotak	Vsk (ml)	Vkt (ml)	RPM	Dteo (ml/mnt)	Vakt (ml)	Dakt (ml/mnt)	η (%)
6	6,5	39	7,63	297,57	293,33	97,78	32,86
12		78	6,43	501,54	455	151,67	30,24
18		117	5,4	631,8	650	216,67	34,29
24		156	0	0	0	0	0
30		195	0	0	0	0	0
36		234	0	0	0	0	0

Ket:

Vsk = Volume satu kotak

Vkt = Volume kotak total

Dteo = Debit teoritis

Vakt = Volume actual (per 3 menit)

Dakt = Debit aktual

η = Efisiensi debit pengangkatan air

Berdasarkan hasil analisa keseluruhan dapat disimpulkan efisiensi debit pengangkatan air maksimum pada tipe kotak 1, 2 dan 3 adalah 63,04%, 45,23% dan 56,37%, Berdasarkan nilai efisiensi maksimum maka kotak tipe 1 menjadi pilihan penggunaan pada kincir. Kemudian nilai efisiensi debit pengangkatan air tiap variasi sudu, debit aliran, tipe dan jumlah kotak ini berbeda beda. Hal ini dipengaruhi oleh kemiringan kotak ketika dipasang, jumlah kotak yang dipasang dan kecepatan putaran kincir.

Efisiensi Talang Air

Efisiensi talang air debit adalah perbandingan antara volume yang tertampung dengan volume pengangkatan air seharusnya (perkiraan). Volume yang tertampung diperoleh dari pengukuran volume air yang dinaikkan kincir setiap putaran persatuan waktu yang dapat diukur

langsung dari bak tampung air sedangkan volume pengangkatan air seharusnya didapat menggunakan rumus yaitu volume total kotak dalam satu putaran dikali kecepatan putaran kincir dikali dengan waktu (sama dengan waktu pengukuran volume). Berikut contoh hasil perhitungan efisiensi talang air.

Tabel 7. Efisiensi talang air untuk ukuran sudu 6 cm × 4,5 cm pada debit aliran 3,07 l/dtk (tipe tabung 1)

Jumlah tabung	Vk _{kb} (ml)	V _{kt} (ml)	RPM	V _{ks} (ml)	V _{akt} (ml)	Efisiensi talang (%)
6	5	30	7,63	686,7	293,33	42,72
12		60	6,43	1157	455	39,31
18		90	5,4	1458	650	44,58
24		120	0	0	0	0
30		150	0	0	0	0
36		180	0	0	0	0

Ket:

Vk_{kb} = Volume satu kotak ketika kincir berputar

V_{kt} = Volume kotak total

V_{ks} = Volume tampungan seharusnya

V_{akt} = Volume aktual (per 3 menit)

Hasil analisa keseluruhan terlihat efisiensi talang air yang maksimum terjadi pada pemasangan kotak tipe 3 pada debit aliran 3,8 l/dtk dan sudu ukuran 6 cm × 6 cm untuk jumlah kotak 30 dengan nilai efisiensi sebesar 96,63%. Selain itu, efisiensi talang air nilainya berbeda-beda tiap variasi hal ini disebabkan saat *running* kurang memperhatikan posisi talang sehingga ada juga air yang tidak tertampung (terbuang) selain karena kecepatan putaran yang tinggi.

Efisiensi Kotak Pengangkat Air

Efisiensi tabung adalah perbandingan antara volume satu kotak ketika kincir berputar dengan volume 1 kotak penuh. Volume satu kotak ketika kincir berputar ini diperoleh dari pengukuran volume kotak ketika kincir sedang berputar. Kemudian volume 1 kotak penuh diperoleh dengan cara mengukur

volume kotak ketika penuh. Berikut hasil perhitungan efisiensi kotak pengangkat air.

Tabel 8. Efisiensi kotak pengangkat air

Tipe Kotak	Volume 1 kotak (ml)	Volume 1 kotak ketika kincir berputar (ml)	Efisiensi Tabung (%)
1	6,5	4,5	69,23
2	10	5	50
3	12	7	58,33

Berdasarkan Tabel 8 dapat lihat bahwa tipe kotak merupakan tipe kotak yang efisiensi paling maksimum yaitu 69,23%.

E. KESIMPULAN

Berikut kesimpulan dari hasil dari penelitian ini:

1. Kecepatan aliran di hilir kincir relatif lebih besar dibandingkan dengan kecepatan aliran di hulu kincir.
2. Debit pengangkatan air dari kincir tidak dipengaruhi kecepatan putaran kincir tetapi dipengaruhi oleh jenis dan jumlah kotak pengangkat air yang dipasang.
3. Hubungan kecepatan putaran kincir berbanding lurus dengan debit aliran dan berbanding terbalik dengan jumlah kotak yang dipasang, yaitu semakin besar debit aliran yang mengalir maka semakin besar pula kecepatan putaran kincir begitu juga sebaliknya. Sedangkan semakin banyak kotak yang dipasang maka semakin lambat putaran kincir begitu juga sebaliknya.
4. Debit aliran dan jumlah kotak yang dipasang juga mempengaruhi debit pengangkatan air dari kincir, yaitu semakin besar debit aliran yang mengalir maka semakin besar debit pengangkatan air yang dihasilkan begitu juga sebaliknya. Kemudian semakin banyak jumlah kotak yang dipasang maka semakin besar debit pengangkatan air yang dihasilkan begitu juga sebaliknya.
5. Debit aliran yang optimum adalah debit aliran sebesar 5,99 l/dtk karena

menghasilkan debit pengangkatan air sebesar 38,17 ml/dtk.

6. Sudu kincir yang efektif adalah sudu ukuran 6 cm × 6 cm karena menghasilkan debit pengangkatan air sebesar 38,17 ml/dtk.
7. Kotak tipe 1 memiliki nilai efisiensi debit pengangkatan air maksimum yaitu sebesar 63,04%.
8. Efisiensi talang air yang maksimum terjadi pada pemasangan kotak tipe 3 pada debit aliran 3,8 l/dtk dan sudu ukuran 6 cm × 6 cm untuk jumlah kotak 30 dengan nilai efisiensi sebesar 96,63%.
9. Efisiensi kotak pengangkat air yang maksimum adalah kotak tipe 1 yaitu 69,23%.

F. SARAN

Dari hasil pengamatan kemiringan dalam pemasangan kotak pada kincir akan mempengaruhi efisiensi debit pengangkatan air selain itu kemiringan sudu-sudu kincir akan mempengaruhi daya memutar kincir. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan variasi kemiringan dalam pemasangan kotak dan variasi kemiringan sudu-sudu kincir.

G. DAFTAR PUSTAKA

- Andeska Putra, R. 2016. *Model laboratorium kincir air untuk irigasi pertanian*. Jurnal Teknik Sipil pada Universitas Riau.
- Balitbang (Badan Penelitian dan Pengembangan) Kementerian Pekerjaan Umum (PU), 2006. *Teknologi Tepat Guna Kincir Air Pengambilan Air untuk Berbagai Keperluan*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Bandung.
- Darwin, 2010. *Pembangkit Listrik Tenaga Air Mikro Hidro*. Tersedia: <https://darwin1797.wordpress.com/>. (Diakses: Hari Senin, 23 Mei 2016).
- Junaidi, Akhiar. 2014. *Model Fisik Kincir Air Sebagai Pembangkit Listrik*. Skripsi, Fakultas Teknik. Universitas Riau.
- Oktaviana, G. 2016. *Irigasi Sawah Menggunakan Kincir Air di Daerah Tanjung Pati*. Jurnal Teknologi Pertanian pada Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh.
- Panggabean, D. 2003. *Meningkatkan Debit Angkutan Kincir Air Dengan Perilaku Luas Sudu-sudu*. Jurnal Tata Air Pertanian pada Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh.
- Purnama Dewi, E. 2011. *Analisis Sumbangan Nilai Ekonomi Air pada kincir Air Irigasi Terhadap Pendapatan Petani dan Masyarakat Tani*. Jurnal Teknologi Pertanian pada Universitas Andalas.
- Slideshare, 2013. *Turbin Air Mesin Fluida Ajar*. Tersedia: http://www.slideshare.net/khairul_fadli/turbin-air-mesin-fluida-ajar. (Diakses: Hari Kamis, 19 Mei 2016).
- Sukasah Henry, O., Daud, A., & Hakki, H. 2013. *Analisis Perubahan Dimensi Kincir Air Terhadap Kecepatan Aliran Air (Studi Kasus Desa Pandan Enim)*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan pada Universitas Sriwijaya.
- Sule, L. 2013. *Perilaku Aliran Roda Air Arus Bawah Plat Bengkok dengan Variasi Jumlah Sudu*. Jurnal Teknik Mesin pada Universitas Hasanuddin.
- Taufiq Vicky, M. 2015. *Model Fisik Kincir Air Untuk irigasi Pertanian*. Skripsi, Fakultas Teknik. Universitas Riau.