

## ANALISA PERFORMA TURBIN ANGIN MODEL KINCIR DENGAN VARIASI DIAMETER SUDU UNTUK IRIGASI

Arifin Sobar Hasibuan<sup>1</sup>, Sahrul Harahap<sup>2</sup>, rizky febriani pohan<sup>3</sup>

email : [arifinsobarhasibuan95@gmail.com](mailto:arifinsobarhasibuan95@gmail.com)

- 1) Alumni Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Graha Nusantara Padangsidempuan
- 2) Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Graha Nusantara Padangsidempuan
- 3) Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Graha Nusantara Padangsidempuan

### **Abstrak**

*Angin merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui. Sumber energi angin dapat dimanfaatkan dengan cara mengubah energi tersebut ke dalam bentuk energi mekanik yang lebih berguna. Alat yang berfungsi untuk mengubah energi angin menjadi energi mekanik disebut turbin angin. Energi mekanik yang dihasilkan oleh turbin angin dapat digunakan untuk menggerakkan pompa air.*

*Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dan menganalisa performa turbin angin yang efektif melalui variasi diameter sudu antara 60 cm, 70 cm, dan 80 cm secara eksperimental, dan mengetahui keluaran debit air yang dihasilkan oleh pompa dari berbagai variasi sudu untuk mengairi sawah dengan volume 22,5 m<sup>3</sup>. Tahap-tahap penelitian meliputi perancangan dan pembuatan model turbin angin dari penggerak pompa air, uji karakteristik turbin dengan variasi diameter sudu, dan analisa untuk mendapatkan diameter sudu paling optimal.*

*Berdasarkan pada hasil pengujian diperoleh variasi diameter sudu yang lebih efektif terdapat pada sudu 80 cm, karena mulai dari sudu 60 cm debit air dan efisiensi sistem yang dihasilkan tidak terlalu besar, kemudian pada sudu 70 cm bertambah besar, dan kemudian terus bertambah besar sampai pada sudu 80 cm. Dari analisa yang sudah dilakukan pada sudu 80 cm diperoleh kecepatan angin rata-rata 1,25 m/s, debit 0,144 l/s, kecepatan sudu 48,13 rad/s, tip speed ration (TSR) 317,51 rad, dan rata-rata torsi 0,329 m/rad.*

**Kata kunci:** Turbin Angin, Diameter Sudu, Irigasi.

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara konsumen energi yang sangat besar di dunia, sebagian besar energi yang digunakan berasal dari energi fosil yang berbentuk minyak bumi, gas bumi, batu bara, dan panasbumi. Untuk meningkatkan pemanfaatan sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui, maka pemerintah saat ini membuat program pemanfaatan sumber daya energi lokal untuk mewujudkan masyarakat mandiri energi.

Berbagai macam turbin angin yang biasa digunakan saat ini adalah turbin angin sumbu horizontal dan kincir angin Savonius. Turbin-turbin tersebut memiliki desain yang rumit dan cara pembuatannya memerlukan keahlian khusus. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengembangkan performa turbin angin model kincir dengan variasi diameter sudu untuk irigasi. Turbin angin ini diharapkan dapat langsung digunakan oleh masyarakat sebagai pompa irigasi tanpa bahan bakar.

Metode yang dilakukan secara eksperimental tentang turbin angin sumbu horizontal model kincir dengan tiga variasi 6 cm, 3 cm, dan 2 cm, dengan variasi diameter 80 cm. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan membandingkan unjuk kerja kincir angin poros horizontal berbahan pipa PVC. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa top speed ratio (TSR) turbin yang tertinggi yaitu dengan nilai 3,5 rad pada variasi enam sudu, dimana kecepatan angin rata-rata 8,53 m/s. Sehingga dapat disimpulkan kincir dengan 6 sudu menghasilkan daya kincir (pout), koefisien daya (cp), dan tip speed ratio (tsr) yang lebih besar dari pada kincir angin dengan 3 dan 2 sudu (Darwin 2013).

Dalam rangka meningkatkan kapasitas dan kinerja turbin angin melalui beberapa literatur terdahulu, maka penelitian ini akan menganalisa turbin angin 12 sudu untuk menggerakkan pompa dengan variasi diameter sudu 60 cm, 70 cm, 80 cm, dengan panjang sudu 80 cm. Dengan demikian, turbin angin ini diharapkan mampu menghasilkan debit keluaran pompa yang besar, dimana kecepatan angin lokal sekitar 2,5 m/s. Selain itu, melalui perencanaan turbin angin ini, diharapkan mampu mengatasi permasalahan pengairan/irigasi persawahan maupun perkebunan pada saat musim kemarau.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Energi angin telah lama dikenal dan dimanfaatkan manusia, dalam proses suatu analisa sebuah kincir angin dengan model variasi kemiringan sudu, maka kita dapat mengetahui teori-teori yang berhubungan dengan alat yang dibuat dan dijadikan landasan, sehingga dapat menghasilkan performa yang baik. Sebagai salah satu faktor penentu suksesnya pertanian, irigasi pertanian penting untuk diperhatikan. Komoditas pertanian bisa tumbuh subur dan siap dipanen apabila mendapatkan pengairan yang cukup.

Irigasi ialah usaha untuk penyediaan dan pengaturan air untuk menunjang pertanian. Irigasi juga termasuk dalam pengertian drainase yaitu

mengatur air terlebih dari media tumbuh tanaman atau petak agar tidak mengganggu pertumbuhan maupun produksi tanaman.

Ditinjau dari sudut pengelolaannya, sistem irigasi dibagi menjadi :

Sistem irigasi non teknis yaitu irigasi yang dibangun oleh masyarakat dan pengelolaan seluruh bangunan irigasi dilakukan sepenuhnya oleh masyarakat setempat.

Sistem irigasi teknis yaitu suatu Sistem yang dibangun oleh pemerintah dan pengelolaan jaringan utama yang terdiri dari bendung, saluran primer, saluran sekunder dan seluruh bangunan dilakukan oleh pemerintah, dalam hal ini DPU 10 atau Pemerintah Daerah setempat. Sedangkan jaringan tersier dikelola oleh masyarakat.

Kincir angin merupakan sebuah alat yang digerakkan oleh energi angin sehingga menghasilkan energi gerak. Kincir angin dahulu banyak ditemukan di Belanda, dan negara-negara lainnya yang pada saat itu dimanfaatkan untuk menumbuk hasil pertanian, penggilingan gandum, dan irigasi. Sekarang banyak dimanfaatkan sebagai penghasil listrik.

Berikut ini adalah beberapa variabel yang mendukung perancangan dan pengujian turbin angin horizontal.

### Kecepatan Sudut

Kecepatan sudut adalah besaran vector yang menyatakan frekuensi sudut suatu benda dan sumbu putarnya. Kecepatan sudut, dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} = \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

- $\omega$  = kecepatan sudut
- n = putaran turbin/ rpm

### Tip Speed Ratio (TSR)

Tip Speed Ratio (TSR) merupakan perbandingan antara kecepatan putar turbin terhadap kecepatan angin. Tip Speed Ratio dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\lambda = \frac{\omega R}{v_w} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

- $\lambda$  = tip speed ratio (rad)
- $\omega$  = kecepatan sudut turbin (rad/s)
- R = jari-jari turbin (m)
- $v_w$  = kecepatan angin (m/s)

### Torsi

Torsi merupakan momen putar atau gaya yang dihasilkan mesin, biasanya untuk akselerasi. Sedangkan power (tenaga) itu terkait dengan putaran mesin, biasanya untuk kecepatan. Torsi didefinisikan sebagai ukuran keefektifan gaya dalam menghasilkan putaran atau rotasi untuk mengelilingi sumbu. Torsi dapat dihitung menggunakan rumus :

$$T = \frac{V_w R}{TSR} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

- $V_w$  = kecepatan angin (m/s)
- R = jari-jari turbin (m)
- TSR = Tip Speed Ratio (rad)
- T = torsi (N/m)

**Debit Keluaran Air**

Debit air adalah kecepatan aliran zat cair melewati jarak penampang per satuan waktu. Debit dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut ;

$$Q = \frac{v}{t} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

- Q = debit (ℓ/s)
- V = volume (ℓ)
- t = waktu (s)

**Volume Sawah**

Volume adalah perhitungan seberapa banyak ruang yang biasa ditempati dalam suatu objek. Volume sawah dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$V = p.l.t \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

- v = volume air (m<sup>3</sup>)
- p = panjang sawah (m)
- l = lebar sawah (m)
- t = tinggi sawah (m)

**Waktu**

Waktu adalah seluruh rangkaian saat ketika proses,perbuatan, atau keadaan berlangsung. Waktu dapat dirumuskan dengan sebagai berikut:

$$t = \frac{v}{Q} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

- t = waktu (s)
- V = volume (ℓ)
- Q = debit (ℓ/s)

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada eksperimen yang telah dilakukan dimana kincir angin memang dapat dipergunakan untuk menghasilkan air dengan tenaga angin atau biasa disebut dengan sistem PATA (pompa air tenaga angin) dan sekaligus bisa menghemat pemakaian energi berbahan bakar fosil, seperti: minyak bumi, gas, batubara dan lain-lain melalui variasi diameter sudu antara 60,70,80 cm, maka pada bab ini diperlihatkan data, grafik dan penjelasan maupun analisa. Hasil studi ditampilkan dan dibahas dalam beberapa sub bab melalui parameter-parameter berikut :

1. Data hasil penelitian
2. Pengelolaan data dan perhitungan
3. Grafik hasil perhitungan

Untuk penjelasan cara pengolahan data dan contoh perhitungan serta beberapa data lainnya diperlihatkan pada lampiran Skripsi. Secara garis besar, pembahasan hasil eksperimen pada penelitian ini difokuskan untuk melihat besar jumlah aliran debit air yang dikeluarkan pompa, khususnya pada penghematan bahan bakar fosil yang sudah mengalami penipisan, melalui parameter-parameter diatas dengan memvariasikan diameter sudut

**Data Hasil Penelitian**

Hasil pengujian turbin angin meliputi kecepatan angin, kecepatan putar sudu dan keluaran debit yang dihasilkan. Berikut ini adalah hasil data dari penelitian turbin angin horizontal dengan variasi diameter sudu yaitu 60, 70 dan 80 cm. Data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.1, Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Pengujian turbin angin horizontal dengan variasi diameter sudu 80 cm, dengan melakukan beberapa percobaan untuk mendapatkan kecepatan angin, rpm dan debit keluaran yang dihasilkan.

**Tabel 4.1** Data Penelitian Turbin Angin Horizontal Dengan Variasi Diameter 80 cm

| No | Kecepatan Angin $v_w$ (m/s) | Kecepatan Turbin N Rpm | Debit Q (L/s) |
|----|-----------------------------|------------------------|---------------|
| 1  | 1,12                        | 23,4                   | 0,058         |
| 2  | 1,15                        | 31,7                   | 0,059         |
| 3  | 1,18                        | 38,7                   | 0,058         |
| 4  | 1,21                        | 40,3                   | 0,058         |
| 5  | 1,24                        | 40,7                   | 0,057         |
| 6  | 1,27                        | 44,6                   | 0,060         |
| 7  | 1,30                        | 58,7                   | 0,060         |
| 8  | 1,32                        | 61,2                   | 0,055         |
| 9  | 1,34                        | 65,5                   | 0,049         |
| 10 | 1,37                        | 76,5                   | 0,049         |

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan dari variasi turbin angin horizontal berdiameter 80 cm, didapat kecepatan angin rata – rata 1,25m/s, kecepatan sudut turbin rata- rata 48,13 rad/s dan debit keluaran pompa yang di hasilkan rata – rata 0,056 L/s.

Pengujian turbin angin horizontal dengan variasi diameter sudu 70 cm, dengan melakukan beberapa percobaan untuk mendapatkan kecepatan angin, rpm dan debit keluaran yang dihasilkan.

**Tabel 4.2** Data Penelitian Turbin Angin Tipe Horizontal Dengan Variasi Diameter 70 cm

| No | Kecepatan Angin $v_w$ (m/s) | Kecepatan Turbin N Rpm | Debit Q (L/s) |
|----|-----------------------------|------------------------|---------------|
| 1  | 1,12                        | 23,1                   | 0,050         |
| 2  | 1,14                        | 29,3                   | 0,054         |
| 3  | 1,26                        | 45,2                   | 0,051         |
| 4  | 1,22                        | 41,9                   | 0,050         |
| 5  | 1,16                        | 35,7                   | 0,050         |
| 6  | 1,18                        | 38,4                   | 0,053         |
| 7  | 1,27                        | 48,5                   | 0,052         |
| 8  | 1,28                        | 50,1                   | 0,050         |
| 9  | 1,29                        | 52,7                   | 0,045         |
| 10 | 1,35                        | 72,6                   | 0,044         |

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan dari variasi turbin angin horizontal berdiameter 70 cm, didapat kecepatan angin rata – rata 1,227 m/s, kecepatan sudut turbin rata- rata 43,75 rad/s dan debit keluaran pompa yang di hasilkan rata – rata 0,049 L/s.

Pengujian turbin angin horizontal dengan variasi diameter sudu 60 cm, dengan melakukan beberapa percobaan untuk mendapatkan kecepatan angin, rpm dan debit keluaran yang dihasilkan.

**Tabel 4.3** Data Penelitian Turbin Angin Tipe Horizontal Dengan Variasi Diameter 60 cm

| No | Kecepatan Angin $v_w$ (m/s) | Kecepatan Turbin $N$ Rpm | Debit $Q$ (L/s) |
|----|-----------------------------|--------------------------|-----------------|
| 1  | 1,12                        | 24,5                     | 0,044           |
| 2  | 1,13                        | 25,4                     | 0,048           |
| 3  | 1,19                        | 39,2                     | 0,046           |
| 4  | 1,19                        | 39,3                     | 0,046           |
| 5  | 1,16                        | 35,7                     | 0,044           |
| 6  | 1,15                        | 31,6                     | 0,044           |
| 7  | 1,27                        | 45,6                     | 0,040           |
| 8  | 1,24                        | 40,5                     | 0,040           |
| 9  | 1,28                        | 48,9                     | 0,039           |
| 10 | 1,32                        | 61,3                     | 0,038           |

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan dari variasi turbin angin horizontal berdiameter 60 cm, didapat kecepatan angin rata – rata 1,205 m/s, kecepatan sudut turbin rata- rata 39,2 rad/s dan debit keluaran pompa yang di hasilkan rata – rata 0,042 L/s.

### Pengolahan Data Dan Perhitungan

Pengolahan data menggunakan berbagai rumus untuk mempermudah dalam proses perhitungan, yaitu sebagai berikut :

#### 1. Perhitungan Kecepatan Sudut

Pada perhitungan kecepatan sudut, data hasil percobaan yang dijadikan contoh diambil dari hasil turbin angin dengan sudu berdiameter 80 cm untuk pengujian pertama dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.1, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\omega = \frac{2\pi.n}{60}$$

$$\omega = \frac{2 \times 3,14 \times 23,4}{60}$$

$$\omega = 2,45 \text{ rad/s}$$

#### 2 Perhitungan Tip Speed Ratio

Pada perhitungan tsr ini, data hasil percobaan yang dijadikan contoh diambil dari hasil turbin angin dengan sudu berdiameter 80 cm untuk pengujian

pertama dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.2, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{\omega.R}{v_w}$$

$$\lambda = \frac{2,45 \times 0,8}{1,12}$$

$$\lambda = 1,75 \text{ rad}$$

### 3. Perhitungan Torsi

Pada torsi, data hasil percobaan yang dijadikan contoh diambil dari hasil turbin angin dengan sudu berdiameter 80 cm untuk pengujian pertama dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.3, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

$$T = \frac{v_w.r}{TSR}$$

$$T = \frac{1,12 \times 0,8}{1,75}$$

$$T = 0,512 \text{ N/m}$$

### 4. Debit Keluaran Air

Pada debit ini hasil data yang di jadikan contoh dengan variasi diameter 80 cm untuk pengujian dapat dihitung dengan Persamaan 2.4, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

$$Q = \frac{v}{t}$$

$$Q = \frac{1}{17,2}$$

$$Q = 0,058 \text{ L/s}$$

Pada perhitungan ini, sawah yang digunakan mempunyai ukuran persegi dengan panjang 30 m, lebar 25 m, dan tinggi air 3cm, menghitung volume sawah menggunakan Persamaan 2.5, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

$$V = p.l.t$$

$$V = 30 \text{ m} \times 25 \text{ m} \times 0,03 \text{ m}$$

$$V = 22,5 \text{ m}^3$$

Untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan mengairi sawah dengan volume 22,5 m<sup>3</sup>, kecepatan angin sekitar 1,12 m/s, maka digunakan Persamaan 2.6, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

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

$$t = \frac{22,5 \text{ m}^3}{0,058 \text{ L/s}}$$

$$t = \frac{22,500 \text{ L}}{0,058 \text{ L}}$$

$$t = 6.466,51 \text{ menit}$$

$$t = 107,75 \text{ jam}$$

### Data Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan pengujian turbin angin tipe horizontal dengan variasi diameter 80, 70 dan 60 cm ditunjukkan pada Tabel 4.4, Tabel 4.5 dan Tabel 4.6, sebagai berikut :

**Tabel 4.4** Data Hasil Perhitungan Diameter Sudut 80 cm.

| No | Kec. Angin ( $v_w$ ) (m/s) | Kec.turb in (N) Rpm | Debit (Q) (L/s) | Kec. Sudu (rad/s) | Tsr ( $\lambda$ ) | Torsi (T) (N/m) |
|----|----------------------------|---------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| 1  | 1,12                       | 23,4                | 0,058           | 2,45              | 1,75              | 0,51            |
| 2  | 1,15                       | 31,7                | 0,059           | 3,32              | 2,30              | 0,4             |
| 3  | 1,18                       | 38,7                | 0,058           | 4,39              | 2,75              | 0,34            |
| 4  | 1,21                       | 40,3                | 0,058           | 4,21              | 2,78              | 0,35            |
| 5  | 1,24                       | 40,7                | 0,057           | 4,26              | 2,74              | 0,36            |
| 6  | 1,27                       | 44,6                | 0,060           | 4,66              | 2,93              | 0,34            |
| 7  | 1,30                       | 58,7                | 0,060           | 6,14              | 3,77              | 0,27            |
| 8  | 1,32                       | 61,2                | 0,055           | 6,40              | 3,87              | 0,27            |
| 9  | 1,34                       | 65,5                | 0,049           | 6,85              | 4,08              | 0,26            |
| 10 | 1,37                       | 76,5                | 0,049           | 8,01              | 4,67              | 0,23            |

Dari data di atas, didapat nilai *Tip Speed Ratio* dengan nilai rata – rata 3,164 rad dan nilai keefektifan gaya turbin angin tipe horizontal (Torsi) dengan nilai rata – rata 0,333 N/m. Dari hasil perhitungan didapat perbedaan dari hasil perhitungan Tabel 4.4 dan Tabel 4.5, untuk nilai *Tip Speed Ratio* didapat penurunan nilai dari Tabel 4.4 dan untuk nilai keefektifan gaya (torsi) terjadi peningkatan data dari Tabel 4.4.

Di dalam penjelasan sub bab sebelumnya, didapat data dari turbin angin tipe horizontaldiameter 70 cm, untuk menganalisa *Tip Speed Ratio* dan mencari ke efektifan gaya (torsi) turbin angin tipe horizontal.

**Tabel 4.5** Data Hasil Perhitungan Diameter Sudut70 cm

| No | Kec. Angin ( $v_w$ ) (m/s) | Kec.turb in (N) Rpm | Debit (Q) (L/s) | Kec. Sudu (rad/s) | Tsr ( $\lambda$ ) | Torsi (T) (N/m) |
|----|----------------------------|---------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| 1  | 1,12                       | 23,1                | 0,050           | 2,42              | 1,72              | 0,45            |
| 2  | 1,14                       | 29,3                | 0,054           | 3,09              | 2,16              | 0,36            |
| 3  | 1,26                       | 45,2                | 0,051           | 4,73              | 3,00              | 0,94            |
| 4  | 1,22                       | 41,9                | 0,050           | 4,38              | 2,87              | 0,29            |
| 5  | 1,16                       | 35,7                | 0,050           | 3,74              | 2,57              | 0,31            |
| 6  | 1,18                       | 38,4                | 0,053           | 4,02              | 2,72              | 0,30            |

|    |      |      |       |      |      |      |
|----|------|------|-------|------|------|------|
| 7  | 1,27 | 48,5 | 0,052 | 5,07 | 3,19 | 0,27 |
| 8  | 1,28 | 50,1 | 0,050 | 5,24 | 3,27 | 0,27 |
| 9  | 1,29 | 52,7 | 0,045 | 5,51 | 3,41 | 0,26 |
| 10 | 1,35 | 72,6 | 0,044 | 7,59 | 4,43 | 0,21 |

Dari data di atas, didapat nilai *Tip Speed Ratio* dengan nilai rata – rata 2,934 rad dan nilai keefektifan gaya turbin angin tipe horizontal (Torsi) dengan nilai rata – rata 0,366 N/m. Dari hasil perhitungan didapat perbedaan dari hasil perhitungan Tabel 4.5 dan Tabel 4.6, untuk nilai *Tip Speed Ratio* didapat penurunan nilai dari Tabel 4.5 dan untuk nilai keefektifan gaya (torsi) terjadi peningkatan data dari Tabel 4.5

Di dalam penjelasan sub bab sebelumnya, didapat data dari turbin angin tipe horizontaldiameter 60 cm, untuk menganalisa *Tip Speed Ratio* dan mencari ke efektifan gaya (torsi) turbin angin tipe horizontal.

**Tabel 4.6** Data Hasil Perhitungan Diameter Sudu60 cm

| No | Kec. Angin ( $v_w$ ) (m/s) | Kec.turb in (N) Rpm | Debit (Q) (L/s) | Kec. Sudu (rad/s) | Tsr ( $\lambda$ ) | Torsi (T) (Nm) |
|----|----------------------------|---------------------|-----------------|-------------------|-------------------|----------------|
| 1  | 1,12                       | 24,5                | 0,044           | 2,56              | 1,82              | 0,36           |
| 2  | 1,13                       | 25,4                | 0,048           | 2,65              | 1,87              | 0,41           |
| 3  | 1,19                       | 39,2                | 0,046           | 4,10              | 2,75              | 0,25           |
| 4  | 1,19                       | 39,3                | 0,046           | 4,11              | 2,76              | 0,25           |
| 5  | 1,16                       | 35,7                | 0,044           | 3,73              | 2,32              | 0,30           |
| 6  | 1,15                       | 31,6                | 0,044           | 3,30              | 2,29              | 0,30           |
| 7  | 1,27                       | 45,6                | 0,040           | 4,77              | 3,00              | 0,25           |
| 8  | 1,24                       | 40,5                | 0,040           | 4,23              | 2,72              | 0,27           |
| 9  | 1,28                       | 48,9                | 0,039           | 5,11              | 3,19              | 0,24           |
| 10 | 1,32                       | 61,3                | 0,038           | 6,42              | 3,89              | 0,20           |

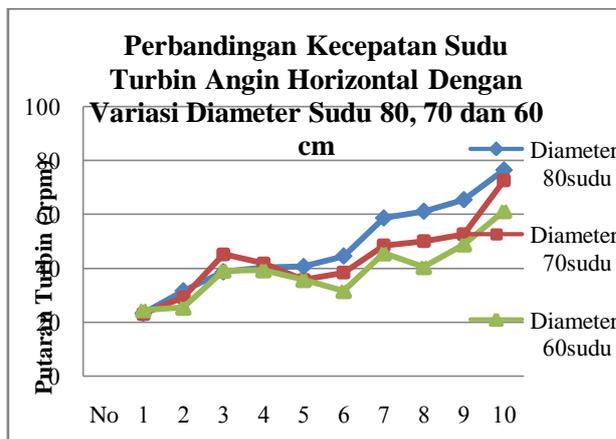
Dari data di atas didapat nilai *Tip Speed Ratio* dengan nilai rata – rata 2,661 rad dan nilai keefektifan gaya turbin angin tipehorizontal (Torsi) dengan nilai rata – rata 0,283 N/m. Dari hasil perhitungan didapat perbedaan dari hasil perhitungan Tabel 4.4, Tabel 4.5, dan Tabel 4.6, untuk nilai *Tip Speed Ratio* didapat penurunan nilai dari Tabel 4.6 dan untuk nilai keefektifan gaya (torsi) terjadi peningkatan data dari Tabel 4.6.

### Grafik Hasil Perhitungan

Pengolahan data yang dilakukan pada sub bab 4.2 dan 4.3 mendapatkan hasil grafik – grafik hubungan tersebut, antara lain: grafik debit *tip speed ratio* dan torsi. Penjelasan untuk grafik hubungan di atas lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik–grafik berikut :

#### 1. Grafik Kecepatan Sudu Turbin

Dari hasil penelitian, didapat kecepatan sudu turbin angin tipe horizontal dari beberapa variasi diameter sudu, maka didapat hasil penelitian yang ditampilkan pada Gambar 4.1 di bawah ini.

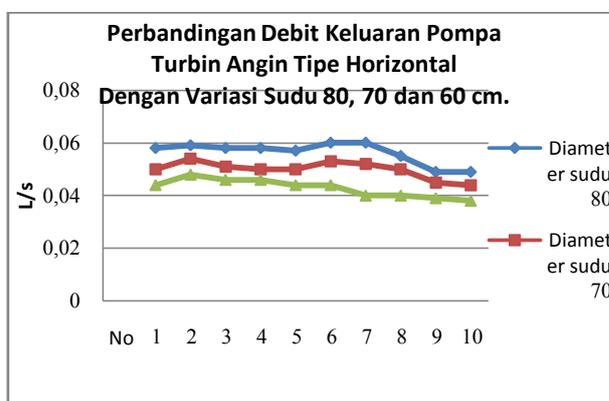


Gambar 4.1. Grafik Kecepatan Sudu Turbin Angin Tipe Horizontal

Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa semakin besar variasi diameter sudu, maka semakin besar daya yang dapat ditampung oleh sudu turbin angin dan semakin cepat pula perputaran sudu turbin angin tipe horizontal.

#### 2. Grafik Debit Keluaran Pompa

Dari hasil penelitian, didapat debit keluaran pompa dari beberapa variasi diameter sudu, maka didapat hasil perhitungan yang ditampilkan pada Gambar 4.2 di bawah ini.

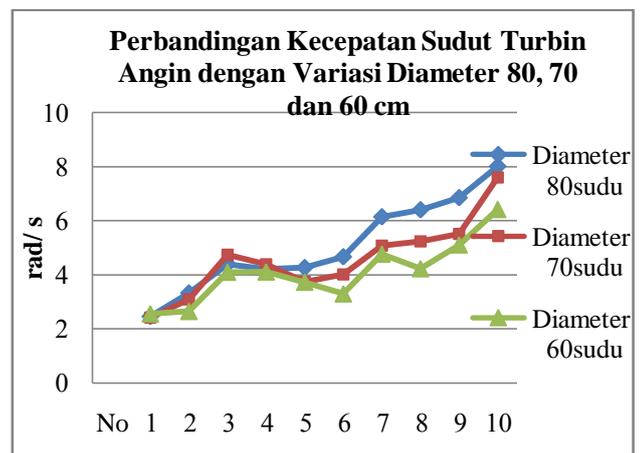


Gambar 4.2. Grafik Debit Keluaran Pompa Turbin Angin Tipe Horizontal

Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa semakin besar variasi diameter sudu, maka semakin besar pula debit keluaran pompa yang dihasilkan.

#### 3. Grafik Kecepatan Sudut

Didalam penjelasan perhitungan sebelumnya, disebutkan bahwa menganalisa pengaruh kecepatan sudut terhadap turbin angin tipe horizontal. Kecepatan yang dihasilkan dari turbin angin tipe horizontal dengan variasi diameter 80, 70 dan 60 cm, maka didapat hasil perhitungan yang ditampilkan pada Gambar 4.3 di bawah ini.

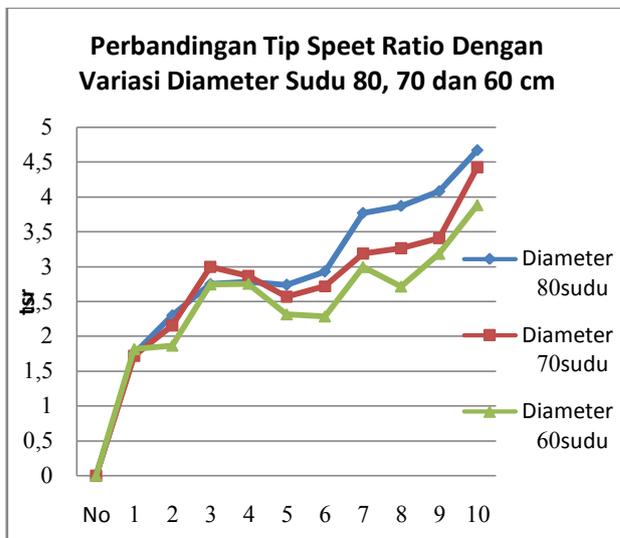


Gambar 4.3. Grafik Kecepatan Sudut Turbin Angin Tipe Horizontal

Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa nilai dominan menurun seiring semakin kecilnya diameter sudu turbin angin tipe horizontal yang digunakan. Dan tidak menutup kemungkinan kecepatan sudut berubah dengan berubahnya kecepatan angin yang terjadi di wilayah penelitian.

#### 4. Grafik Tip Speed Ratio

Di dalam penjelasan sebelumnya, didapat data perhitungan *Tip Speed Ratio* terhadap turbin angin tipe horizontal dengan variasi diameter sudu. Maka didapat hasil perhitungan yang ditampilkan pada Gambar 4.4 di bawah ini.

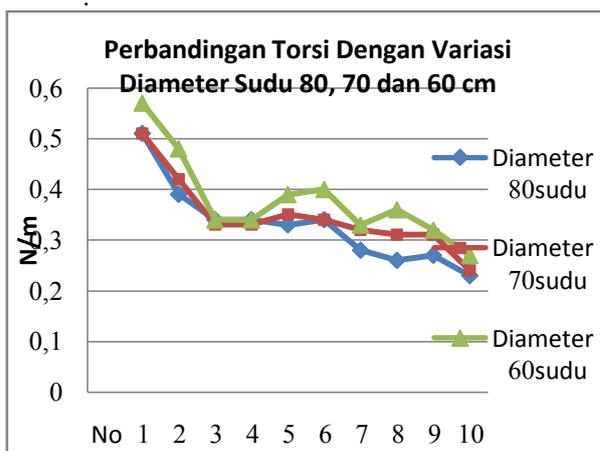


**Gambar 4.4. Grafik Tip Speed Ratio Turbin Angin Tipe Horizontal**

Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa semakin besar diameter sudu turbin angin semakin tinggi pula nilai TSR yang didapat. Dan terlihat pada TSR sudu berdiameter 80 yang nilai grafiknya naik drastis jika dibandingkan dengan sudu berdiameter 70 dan 60 cm.

#### 5. Grafik torsi

Di dalam penjelasan sebelumnya didapat data perhitungan Torsi terhadap turbin angin tipe horizontal dengan variasi diameter sudu 80, 70 dan 60 cm. Maka didapat hasil perhitungan yang ditampilkan pada Gambar 4. 5 di bawah ini



**Gambar 4.5. Grafik Torsi Turbin Angin Tipe Horizontal**

Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada Gambar 4.5 menunjukkan nilai perhitungan dari torsi, bahwa diameter sudu turbin angin berpengaruh besar terhadap nilai torsi yang didapat. Semakin kecil diameter sudu yang dibuat, maka semakin besar nilai torsi yang didapat dari turbin angin tipe horizontal ini. Dapat dilihat dari gambar bahwa diameter sudu 80 cm memiliki grafik yang lebih rendah dari sudu yang berdiameter 70 dan 60 cm.

## 4. PENUTUP

### 1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa variasi diameter sudu 60, 70 dan 80 cm sangat berpengaruh terhadap performansi turbin angin tipe horizontal sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian didapat variasi diameter yang lebih efektif yaitu variasi diameter 80 cm karena dapat menampung energi angin lebih banyak dari variasi diameter 70 cm dan 60 cm, dengan kecepatan angin rata – rata 1,25 m/s, kecepatan sudut turbin 48,13 rad/s dan debit keluaran pompa yang dihasilkan rata – rata 0,056 L/s.
2. Dari data yang dihasilkan tiap variasi diameter sudu untuk memenuhi kebutuhan air di persawahan yang lebih optimal yaitu variasi diameter sudu 80 cm, dengan kecepatan angin 1,12 m/s dapat menghasilkan debit air 0,058 L/s dan waktu yang dibutuhkan untuk mengairi lahan persawahan dengan volume 22,5 m<sup>3</sup> yaitu 107,75 jam.

### 2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti menyarankan untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan:

1. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, maka peneliti menyarankan bilah sudu menggunakan bahan yang ringan, seperti pipa PVC dengan ukuran yang berbeda dan jumlah sudu yang berbeda.
2. Untuk mendapatkan daya yang lebih besar, ketinggian tower sebaiknya lebih ditambah lagi.
3. Konstruksi rotor baik poros maupun sudu dan juga penyangga turbin yang akan diaplikasikan langsung di lapangan perlu diperbaiki dan diperhitungkan lebih baik lagi.
4. Konstruksi pompa sebaiknya perlu diperbaiki lagi atau membuat pompa perbandingan dari pompa yang telah dibuat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfajri, K. I. M. dan Mustaqim, 2016, Turbin Angin Horizontal Rotor Ganda Sebagai Pengerak Pompa Irigasi Pertanian, Jurnal Teknik Mesin 12 (1).
- [2] Anonim, 1998, Peraturan Pemerintah No. 22 Tentang Irigasi.
- [3] Bambang, S. dan Sunarwo, 2016, Desain Model Turbin Angin Empat Sudu Berbasis Silinder Sebagai Pengerak

Pompa Air, Jurnal Teknik Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Ke-2.

- [4] Budi, S. F. dan Mukhtar, A.I, 2016, Kincir Angin Poros Vertikal Sebagai Alternatif Penggerak Pompa Irigasi Perkebunan, Jurnal Teknik Mesin.
  
- [5] Darwin, R. L, 2013, Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Kincir Angin Profeler Dari Bahan Pipa PVC, Skripsi Teknik Mesin
  
- [6] Herlambang, D. Y, 2013, Kajian Eksperimental Turbin Angin Multi Blade Tipe Sudu Flat Sebagai Pengerak Pompa Air, Jurnal Teknik Prosiding SNST ke-4
  
- [7] Reinyelda, D., Latuheru, dan Tagor. S, 2013, Perancangan Kincir Angin Sebagai Penggerak Untuk Pompa Air, Jurnal Ilmiah Mustek Anim Ha. Vol-2.
  
- [8] Wardoyo, M. H. dan Wibowo, 2016, Analisa Sudut Serang Bilah Pada Turbin Angin Sumbu Horizontal Enam Bilah Datar Sebagai Penggerak Pompa, Jurnal Teknik Mesin, 12 (1).