

# KINCIR ANGIN POROS VERTIKAL SEBAGAI ALTERNATIF PENGGERAK POMPA IRIGASI PERKEBUNAN DI DESA KARYAMUKTI

Firman Santya Budi<sup>1)</sup>, Ihsan Adibil Mukhtar<sup>2)</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung

<sup>1</sup> Email : firman.favian@gmail.com

<sup>2</sup> Email : ihsanadibilm\_3@yahoo.co.id

## Abstract

*A pump is required by guava plantation at Karyamukti village to meet its irrigation. The pump is rented and its fuel is fossil fuel, so that owner of plantation need cost of operation and rental, which is expensive. The purpose of this activity is to design and manufacturing savonius windmill as an alternative pump drive, in order to give energy alternative, which don't spend money to buy fuel and don't cause pollution. This activity consist of requirement identification at plantation, designing of tool, manufacturing, assembling, testing of tool, and analysis. The result of this activity is worthy to replace fossil fuel pump in guava plantation at Karyamukti village because it can utilize potention of low speed wind.*

**Keyword** : savonius windmill, alternative pump drive, alternative energy

## 1. PENDAHULUAN

Desa Karyamukti merupakan wilayah Kecamatan Panyingkiran Kabupaten Majalengka dengan letak geografis 108°07' - 108°12' Bujur Timur dan 6°45' - 6°52' Lintang Selatan. Sebagai salah satu wilayah Kabupaten Majalengka, Desa Karyamukti memiliki iklim tropis dengan suhu rata-rata berkisar antara 23°C – 33,1°C dan kelembaban udara antara 77% – 86%, serta curah hujan berkisar antara 89 mm hingga 586 mm (BPS Kabupaten Majalengka, 2012). Kondisi alam tersebut merupakan potensi yang mendukung dalam bidang pertanian dan perkebunan, sehingga di Desa Karyamukti terdapat beberapa perkebunan yang menjadi salah satu komoditas unggulan Kabupaten Majalengka, yaitu perkebunan jambu merah.

Salah satu perkebunan jambu merah yang terdapat di Desa Karyamukti adalah perkebunan milik Ibu Odah. Perkebunan tersebut membutuhkan pompa untuk memenuhi kebutuhan irigasinya. Pompa ini berfungsi untuk mengalirkan air dari sungai menuju lahan perkebunan dikarenakan lokasi sungai yang relatif jauh dan tidak memungkinkannya air sungai mengalir secara alami menuju perkebunan akibat letaknya yang relatif sejajar.

Pompa yang digunakan di perkebunan ini dipinjam dari jasa penyewaan pompa yang merupakan pompa berbahan bakar fosil, sehingga dibutuhkan biaya tambahan untuk menyewa dan mengoperasikannya. Di masa mendatang, ketergantungan bahan bakar fosil ini akan memberatkan pengelola perkebunan jambu merah karena harganya yang terus merangkak naik. Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil yang berkelanjutan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi energi baru yang murah dan ramah lingkungan untuk digunakan sebagai alternatif energi penggerak pompa irigasi.

Energi angin adalah salah satu energi yang memenuhi kriteria murah dan ramah lingkungan. Energi ini merupakan energi terbarukan yang keberadaannya dapat secara cepat diproduksi lagi oleh alam. Energi angin merupakan salah satu energi alternatif yang layak dikembangkan sebagai pengganti energi fosil yang persediaannya semakin menipis karena mudah diperoleh, gratis, tidak memiliki limbah, tidak mempengaruhi suhu bumi, dan tidak terpengaruh oleh kenaikan harga bahan bakar.

Energi angin dapat dimanfaatkan dengan menggunakan kincir angin. Kincir angin mengkonversi energi kinetik angin

menjadi energi mekanik berupa daya poros yang mampu memutar poros pompa, sehingga energi angin tersebut dapat menggantikan fungsi bahan bakar fosil sebagai sumber tenaga penggerak pompa irigasi.

Kecepatan angin di Desa Karyamukti tidak terlalu tinggi, yaitu berkisar 1.5 m/s hingga 3 m/s. Selain itu, arah angin yang tidak tentu membuat perlu diterapkannya teknologi yang tepat untuk memanfaatkan potensi angin tersebut, sehingga jenis kincir angin yang sesuai untuk kondisi lingkungan di Desa Karyamukti adalah kincir angin jenis poros vertikal dan dipilih jenis savonius. Kincir angin savonius dapat berputar pada kecepatan angin yang relatif rendah dan tidak bergantung kepada arah angin, sehingga dengan teknologi ini sangat memungkinkan untuk memanfaatkan energi angin sebagai energi alternatif penggerak pompa irigasi di perkebunan jambu merah Desa Karyamukti.

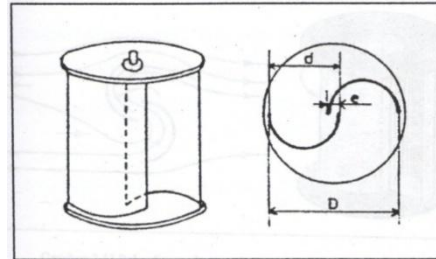
Perumusan masalah dari kegiatan ini adalah kebutuhan akan energi alternatif penggerak pompa yang dapat menggantikan pompa berbahan bakar fosil yang mahal dan tidak ramah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan irigasi perkebunan jambu merah di Desa Karyamukti.

Tujuan dari kegiatan ini adalah sebagai berikut:

- merancang dan membuat kincir angin savonius sebagai penggerak pompa irigasi.
- memberikan alternatif energi dan teknologi baru yang sesuai dengan teknologi setempat, murah, dan ramah lingkungan yang dapat digunakan sebagai penggerak pompa untuk memenuhi kebutuhan irigasi perkebunan jambu merah di Desa Karyamukti.
- mengatasi ketergantungan pengelola perkebunan jambu merah di Desa Karyamukti terhadap penggunaan pompa berbahan bakar fosil yang mahal dan tidak ramah lingkungan.

Kincir angin savonius (Gambar 1) adalah salah satu jenis kincir angin sumbu vertikal yang mampu mengkonversikan energi kinetik angin menjadi energi mekanik berupa daya poros. Kincir angin ini diciptakan di Negara Finlandia dan dipopulerkan oleh Sigurd

J. Savonius pada tahun 1922. Kincir angin savonius memiliki keuntungan dibandingkan dengan kincir angin lainnya, yaitu dapat berputar pada kecepatan angin yang relatif rendah dan tanpa dipengaruhi oleh arah datangnya angin, serta proses fabrikasinya relatif mudah dan murah.



Gambar 1. Kincir angin savonius

Banyak penelitian dilakukan untuk mengetahui konfigurasi kincir angin savonius yang mampu menghasilkan performansi optimalnya. Menurut penelitian Saha *et al.* (2008), konfigurasi rotor paling optimum adalah kincir angin savonius terdiri dari dua tingkatan dengan beda sudut  $90^\circ$  dan satu tingkat terdiri dari dua sudu, dimana torsi yang dihasilkan dari konfigurasi ini memiliki nilai yang konstan.<sup>[1]</sup> Menurut Menet dan Bouraba (2004) nilai optimum dari *overlap ratio* ( $e/d$ ) adalah 0,242, dimana dapat menghasilkan harga koefisien torsi ( $ct$ ) sebesar 0,33.<sup>[2]</sup>

Penelitian mengenai kincir angin savonius sebagai penggerak pompa pernah dilakukan oleh mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung pada tahun 2010. Maulana dan Naufal merancang dan membuat model kincir angin savonius dua tingkat sebagai penggerak pompa torak dan menguji kinerjanya. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa model tersebut tidak memberikan kinerja yang maksimal, dimana debit yang dihasilkan masih sangat kecil, yaitu debit maksimum 0.83 liter/menit di kecepatan angin 6,75 m/s.<sup>[3]</sup>

Pada tahun 2011, penelitian tersebut dilanjutkan oleh Permana dan Badrul, mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung. Penelitian ini dilakukan dengan memperbaiki dan menguji kembali model kincir angin savonius dua tingkat sebagai penggerak pompa torak. Hasil pengujian ini memperlihatkan bahwa model memiliki kinerja yang lebih baik dari penelitian sebelumnya, yaitu dapat menghasilkan debit maksimum

sebesar 3.15 liter/menit di kecepatan angin 5,695 m/s.<sup>[4]</sup>

Setelah dianalisis, kedua penelitian mengenai model kincir angin savonius sebagai penggerak pompa torak di atas masih memiliki beberapa kekurangan. Kekurangan tersebut di antaranya adalah pemasangan poros yang tidak satu sumbu mengakibatkan putaran kincir yang kurang stabil, konstruksi kincir yang kurang halus menyebabkan getaran dan suara bising pada saat kincir berputar, konstruksi pompa yang kurang baik menyebabkan performansi pompa kurang optimal, dan permukaan dalam silinder pompa torak yang kurang halus menyebabkan terjadinya gesekan.

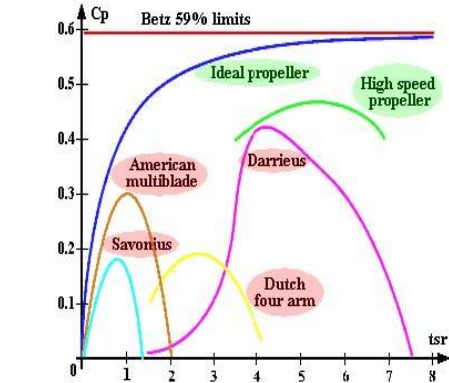
Karakteristik teoritis kincir angin savonius dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut ini:

a. Daya kincir angin

Daya yang dihasilkan dari konversi energi angin oleh kincir angin sebanding dengan pangkat tiga kecepatan angin. Adapun daya yang dihasilkan kincir angin dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$P = \frac{1}{2} C_p \rho S u^3 \quad (1)$$

Suatu kincir angin tidak akan mampu menyerap seluruh energi kinetik yang berada dalam aliran angin, sehingga perhitungan daya yang dapat dibangkitkan oleh kincir angin harus melibatkan harga *coeffisien power*. Berdasarkan teori Betz yang divisualisasikan dalam bentuk grafik pada Gambar 2, menjelaskan ketidakmungkinan suatu desain kincir angin yang memiliki *coeffisien power* ( $C_p$ ) di atas angka 56%. Hal ini dapat diartikan bahwa desain kincir angin terbaik tipe apapun tidak akan menghasilkan efisiensi rotor di atas 56%, sehingga nilai efisiensi 56% juga sering disebut sebagai Betz Limit.



Gambar 2. Grafik hubungan TSR ( $\alpha$ ) terhadap efisiensi (%)

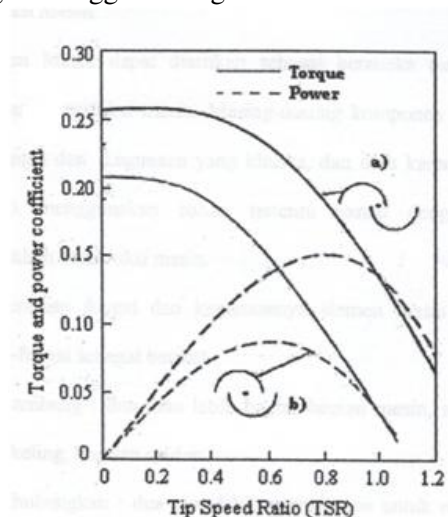
b. Tip Speed Ratio

*Tip speed ratio* adalah perbandingan antara kecepatan ujung vane dengan kecepatan angin yang melewatinya. *Tip speed ratio* merupakan besaran tak berdimensi yang menyatakan hubungan antara kecepatan angin dengan rata-rata putaran dari kincir angin. Adapun persamaan untuk memperoleh harga besaran ini adalah sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{\text{speed of tip}}{\text{speed of wind}} = \frac{\omega \cdot r}{U_\infty} \quad (2)$$

c. Torsi Kincir Angin Savonius

Besar torsi yang dihasilkan kincir angin jenis savonius dipengaruhi oleh harga *tip speed ratio* dan konfigurasi kincir karena harga koefisien torsi bergantung kepada kedua besaran tersebut. Adapun besar koefisien torsi kincir angin jenis savonius dapat diperoleh dengan menggunakan grafik di bawah ini:



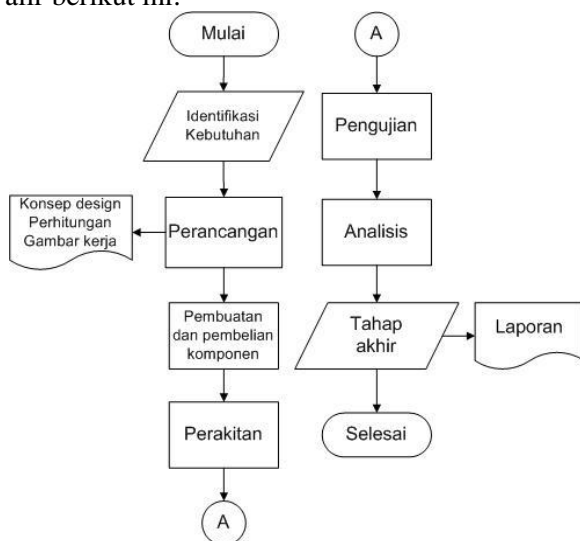
Gambar 3. Grafik koefisien energi dan koefisien torsi rotor savonius (a) dan (b)

Berdasarkan gambar di atas, konfigurasi kincir tipe (a) memiliki koefisien torsi yang lebih besar dari tipe (b), sehingga kincir angin jenis savonius tipe (a) mampu menghasilkan torsi yang lebih besar. Adapun besar torsi yang dihasilkan oleh kincir angin jenis savonius dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut ini:

$$T = C_t \cdot \rho \cdot u_{\infty}^2 \cdot d_{sv}^2 \cdot h_{sv} \quad (3)$$

## 2. METODE

Sistematika penyelesaian masalah kegiatan ini mengikuti tahapan pada diagram alir berikut ini:



Gambar 4. Sistematika penyelesaian masalah

Peralatan yang digunakan dalam melaksanakan kegiatan ini adalah sebagai berikut:

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1. Mesin bubut    | 11. Jangka sorong |
| 2. Mesin Frais    | 12. Anemometer    |
| 3. Mesin Bor      | 13. Bejana ukur   |
| 4. Bor tangan     | 14. Tachometer    |
| 5. Gerinda tangan | 15. Stopwatch     |
| 6. Alat rol       | 16. Ampelas       |
| 7. Pemotong plat  | 17. Kikir         |
| 8. Jig saw        | 18. Obeng         |
| 9. Mesin las      | 19. Tang          |
| 10. Mesin gergaji | 20. Gunting pelat |

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pelaksanaan metoda pendekatan, hasil dari kegiatan ini adalah sebagai berikut:

### a. Identifikasi kebutuhan

Berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan, kincir angin harus mampu berputar di kecepatan angin yang rendah, dimana rata-rata kecepatan angin di lokasi mitra kerja adalah 3 m/s dengan kecepatan angin minimum sebesar 1,5 m/s. Selain itu, teknologi yang digunakan harus sesuai dengan teknologi setempat agar proses perawatan dapat dilaksanakan langsung oleh pemilik perkebunan. Oleh karena itu, jenis kincir angin yang dipilih adalah kincir angin jenis savonius.

Pihak perkebunan melakukan pengairan selama 3 jam dengan intensitas seminggu dua kali dengan menggunakan pompa berbahan bakar bensin berkapasitas 600 liter/menit, sehingga debit yang dibutuhkan untuk mengairi perkebunan selama satu minggu adalah 172800 liter.

### b. Perancangan

Hasil dari perancangan adalah desain dari komponen alat, perhitungan dan gambar kerja. Kincir angin savonius dirancang dengan geometri dasar tipe U agar dapat menghasilkan gaya dorong yang lebih besar dan proses pembuatan kincir menjadi lebih mudah. Kincir tersebut memiliki konfigurasi dua tingkat dengan beda sudut 90°, dimana satu tingkat terdiri dari dua sudu agar dapat menghasilkan torsi yang lebih besar dan konstan. Jenis pompa yang digunakan adalah jenis perpindahan positif tipe pompa torak karena sesuai dengan karakteristik teoritis kincir yang memiliki putaran rendah.

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Hasil perhitungan karakteristik teoritis kincir angin

Karakteristik Teoritis Kincir Angin
Diameter/Tinggi: 1,2 m/0,6 m
Daya: 16,006 watt
Torsi: 3,97 Nm
Kecepatan putar: 4 rad/s

Tabel 2. Hasil perhitungan elemen mesin

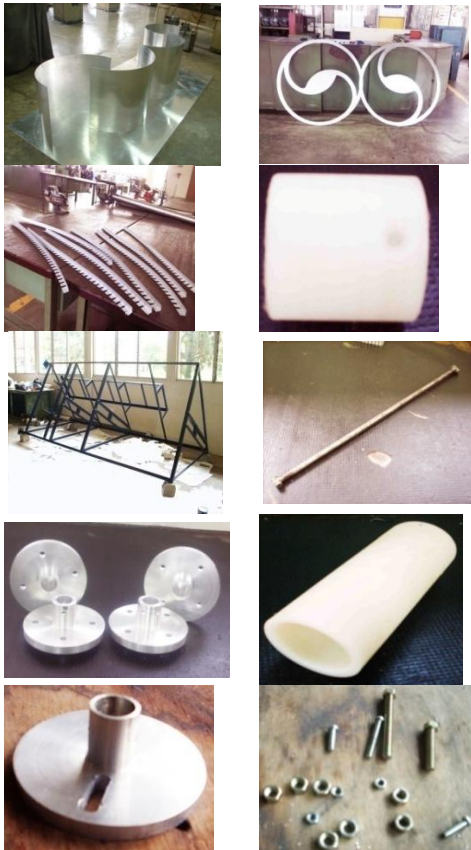
Elemen mesin
Poros: 20 mm
Baut: M8
Pin: M5
Bantalan: 6004 ZZ

Tabel 3. Hasil perhitungan pompa

Pompa
Diameter: 56 mm
Panjang langkah: 80 mm

c. Pembuatan komponen

Hasil pembuatan komponen dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 5. Hasil pembuatan komponen

d. Perakitan

Hasil perakitan alat dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini:



Gambar 6. Hasil perakitan komponen

e. Pengujian dan analisis

Data yang diperoleh dari pengujian alat dan analisisnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. Data hasil pengujian dan analisis

No.	u (m/s)	$\omega$ (rad/s)	tsr	Q (lt/mnt)
1	1,83	3,66	1,20	5,36
2	1,38	1,88	0,82	2,16
3	1,63	1,05	0,39	1,44
4	0,95	1,47	0,93	1,6
5	1,23	2,72	1,33	4,24
6	1,33	1,05	0,47	1,44
7	1,90	3,56	1,12	4,32
8	0,90	2,72	1,81	1,92
9	0,78	2,30	1,78	2,24
10	0,60	1,88	1,88	1,6
11	0,63	1,05	1,00	1,52
12	1,50	1,88	0,75	2,32
13	1,15	1,67	0,87	1,84
14	1,60	2,72	1,02	3,12
15	2,05	3,56	1,04	4,32
Rata-rata	1,30	2,21	1,10	2,63

Berdasarkan hasil pengujian, alat dapat berfungsi dengan baik. Kincir angin mampu berputar pada kecepatan angin yang sangat rendah sesuai dengan kondisi perancangannya. Kincir angin tersebut mampu menggerakkan pompa, sehingga air dapat mengalir dari satu tempat ke tempat lainnya. Oleh karena itu, alat ini layak digunakan sebagai alternatif penggerak pompa di lokasi mitra kerja karena mampu memanfaatkan potensi energi angin setempat secara gratis dan ramah lingkungan.

Pompa mampu menghasilkan debit aktual rata-rata 2,63 liter/menit dengan efisiensi volumetris 63%. Dimensi pompa ini didesain untuk kondisi angin di lokasi pengujian yang

sangat kecil dengan kecepatan angin minimum 0,6 m/s saja, sehingga debit yang dihasilkan kurang optimal. Namun hasil pengujian tersebut dapat dijadikan referensi untuk menghitung dimensi pompa yang sesuai dengan kondisi kecepatan angin minimum di mitra kerja ( $u_{\min}$  : 1,5 m/s), sehingga dapat diperoleh debit teoritis yang dapat dihasilkan pompa pada kondisi kecepatan angin rata-rata di mitra kerja ( $u_{\text{rata-rata}}$  : 3 m/s). Adapun hasil perhitungan dimensi pompa dan debit teoritis tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Diameter pompa : 70 mm
- b. Panjang langkah : 85 mm
- c. Debit teoritis : 12, 49 lt/mnt

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, jika pompa diasumsikan memiliki efisiensi volumetris 63%, maka alat ini mampu memenuhi kebutuhan pengairan di perkebunan mitra kerja dengan menginstalasikan empat buah alat secara paralel. Dengan instalasi tersebut, kebutuhan pengairan di perkebunan mitra kerja akan selalu terpenuhi secara gratis, sehingga pemilik perkebunan tidak perlu khawatir lagi dengan kenaikan harga bahan bakar fosil di kemudian hari.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari pelaksanaan kegiatan ini adalah sebagai berikut:

- a. Alat layak digunakan di perkebunan mitra kerja karena mampu memanfaatkan potensi energi angin yang berkecepatan rendah.
- b. Alat ini layak digunakan sebagai pengganti pompa berbahan bakar fosil karena dapat memanfaatkan energi secara gratis dan ramah lingkungan.
- c. Dimensi pompa harus disesuaikan dengan kondisi angin di lokasi mitra kerja, yaitu diameter pompa 70 mm dan panjang langkah 85 mm.
- d. Kebutuhan irigasi perkebunan mitra kerja dapat dipenuhi dengan menginstalasikan empat buah alat secara paralel.

#### 5. REFERENSI

[1] Saha, U. K., S. Totla, dan D.Maity. 2008. Optimum Design Configuration of Savonius Rotor Through Wind Tunnel Experiments. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 96(3): 1359–1375.

[2] Menet, J. L. dan N. Bourabaa. 2004. Increase in The Savonius Rotors Efficiency Via a Parametric Investigation. *European wind energy conference & exhibition*. London.

[3] Maulana, F.N.A. dan M.E. Naufal. 2010. Rancang Bangun Model Kincir Angin Jenis Savonius 2 Tingkat Sebagai Energi Alternatif Penggerak Pompa. *Tugas Akhir*. Program D3 Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung. Bandung.

[4] Permana, I.T. dan R.F. Badrul. 2011. Pengembangan Model Kincir Angin Jenis Savonius 2 Tingkat Sebagai Alternatif Penggerak Pompa. *Tugas Akhir*. Program D3 Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung. Bandung.