



## Studi Eksperimental Kincir Angin Poros Horizontal Propeller 7 Sudu sebagai Penggerak Pompa Air

Apri Wiyono<sup>1\*</sup>, Ghani Heryana<sup>2</sup>, Muji Laksono<sup>2</sup>, Aji Putro Prakoso<sup>3</sup>, Mutaufik<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Subang, Indonesia

<sup>3</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas, Depok, Indonesia

\*Email Penulis : [apri.wiyono@upi.edu](mailto:apri.wiyono@upi.edu)

### INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 29/09/2018  
Naskah Direvisi 30/09/2018  
Naskah Disetujui 08/10/2018  
Naskah Online 17/10/2018

### ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan data performa kincir angin dengan kapasitas kecil (jumlah 7 sudu dan panjang 35 cm) yang digunakan sebagai penggerak pompa air. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen dan pengukuran secara aktual serta perhitungannya. Metode pengujian meliputi pengaruh dari kincir angin setelah dihembuskan angin dari blower dengan variabel uji kecepatan angin (2,0 m/s, 2,6 m/s, 3,0 m/s, m/s, dan 3,6 m/s) serta menggunakan sistem transmisi poros engkol yang langsung digunakan untuk penggerak pompa torak kerja ganda. Spesifikasi kincir angin sebagai berikut : diameter rotor 90 cm, panjang sudu 35 cm, jumlah sudu 7 buah serta bahan sudu terbuat dari pipa pvc 6". Sedangkan spesifikasi pompa torak adalah diameter silinder dan torak 70 mm, panjang langkah torak 20 cm, bahan torak terbuat dari pipa pvc 1/2". Hasil yang didapat dari pengujian kincir angin penggerak pompa air ini adalah debit terbesar yang didapatkan dari kecepatan angin tertinggi 3,6 m/s sebesar 0,09 m<sup>3</sup>/jam, dengan daya hidrolik pompa yang dihasilkan sebesar 0,18 watt dan putaran 59 RPM. Sehingga, didapatkan nilai presentase sistem adalah 0.025. Hal tersebut berbanding terbalik dengan nilai efisiensi turbin yang dihasilkan semakin besar adalah 58,7%.

**Kata kunci :** kincir angin, pompa air, debit, daya pompa, efisiensi sistem

### 1. PENDAHULUAN

Sepanjang sejarah manusia kemajuan-kemajuan besar dalam kebudayaan selalu diikuti oleh meningkatnya konsumsi energi. Peningkatan ini berhubungan langsung dengan tingkat kehidupan penduduk serta kemajuan industrialisasi. Sejak revolusi industri, konsumsi energi meningkat secara tajam, oleh karena itu diperlukan sumber energi yang cukup untuk memenuhi semua kebutuhan. Salah satu sumber energi yang banyak digunakan adalah energi fosil (Riyadi dan Mustaqim, 2015).

Selama ini, petani menggunakan pompa sentrifugal untuk keperluan irigasi. berukuran kecil dan medium. Penggerak yang digunakan adalah motor bakar torak yang menggunakan bahan bakar minyak (BBM). Sekitar 56,8% petani menggunakan pompa berukuran

kecil (diameter 50 mm) dan 32,4% petani menggunakan pompa berukuran sedang (diameter 100 mm). Para

petani menggunakan sumber air dari aquifer dangkal dan sumber air dari sungai-sungai yang ada untuk menyuplai irigasi saat musim kering. Pompa-pompa tersebut mengairi sekitar 120.000 hektar di Jawa (Supriyo, 2013). Pada musim kemarau, tanaman yang tidak diairi produktivitasnya tidak lebih dari 2 ton/ha. Dengan memberikan air irigasi sebagai suplesi pada fase-fase tertentu pertumbuhan tanaman yang sensitif maka produktivitas tanaman dapat mencapai 4 ton/ha. Namun demikian petani harus mengoperasikan pompa selama sekitar 16,5 jam untuk setiap ton produksi tanaman. Dengan mengoptimalkan pola tanam dan meningkatkan intensitas pertanaman maka keuntungan yang diperoleh oleh petani akan lebih besar lagi untuk setiap luasan lahan yang diusahakan.

Pada saat ini penggunaan pompa motor bakar banyak mengalami kendala. Hal ini disebabkan karena kecenderungan harga BBM yang selalu meningkat karena cadangannya semakin berkurang. Permasalahan tersebut ditambah dengan fakta bahwa penyebab terbesar efek gas rumah kaca adalah karbon dioksida yang dihasilkan oleh motor bakar (Heryana, 2018). Hal tersebut membuat beberapa lahan yang metode pengairannya menggunakan pompa motor menjadi terganggu. bahkan saat ini banyak lahan tadah hujan tidak dikelola pada saat musim kemarau, padahal di daerah pesisir Jawa tersebut mempunyai banyak potensi energi angin pada saat musim kemarau dengan kecepatan angin antara 2,0 sampai 7 m/s (BMKG, 2008).

Salah satu energi baru terbarukan sebagai pengganti bahan bakar fosil yang ramah lingkungan adalah energi angin. Energi angin sangat cocok untuk diterapkan pada lokasi yang bebas hambatan seperti di daerah persawahan (Aprilia, 2015). Salah satu pemanfaatan energi angin adalah penggunaan kincir angin yang banyak digunakan untuk kebutuhan pertanian, seperti untuk menggerakkan pompa untuk keperluan irigasi, serta kebutuhan akan energi listrik yaitu sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Penggunaan kincir angin untuk memompa air tanah tersebut sangat nyata dalam meningkatkan intensitas pertanian menjadi tiga kali lipat. Hasil pemetaan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) pada 120 lokasi menunjukkan, beberapa wilayah memiliki kecepatan angin di atas 5 m/detik, masing-masing Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan, dan Pantai Selatan Jawa (Supriadi, 2013).

Studi ini secara khusus bertujuan untuk mengembangkan kincir angin agar menghasilkan daya dan debit air irigasi yang optimal, mudah untuk dibuat dan dioperasikan, serta harganya terjangkau oleh masyarakat petani. Sehingga studi ini mampu memberdayakan masyarakat petani di daerah lahan tadah hujan untuk mendukung ketahanan pangan dan mengembangkan teknologi konservasi energi yang ramah lingkungan dan tidak hanya bergantung pada energi fosil.

Kincir angin pada studi ini bekerja dengan sistem poros horizontal dan menggunakan sudu tujuh buah untuk menghasilkan putaran dan daya penggerak yang ditransmisikan ke pompa air, kemudian energi yang dihasilkan digunakan untuk penggerak pompa air irigasi.



Gambar 1. Integrasi Pompa Air Kincir Angin

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Dasar Teori

Kincir angin berfungsi untuk mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik. Energi mekanik tersebut digunakan untuk menggerakkan beban seperti generator listrik, pompa, dan mesin-mesin lainnya. Kincir angin dibagi menjadi dua jenis yaitu kincir angin poros horizontal dan kincir angin poros vertikal (Guntur, 2009). Energi kinetik kincir angin timbul akibat kecepatan gerakan partikel udara. Semakin tinggi kecepatan udara yang bergerak, energi kinetik angin yang timbul akan semakin tinggi. Udara yang mengalir tersebut jika melewati sebuah penampang dengan luas tertentu, maka energi kinetiknya dapat dimanfaatkan. Daya yang potensial untuk dimanfaatkan oleh kincir angin dapat ditentukan berdasarkan persamaan 1 (Supriadi, 2013).

$$P_{kinetik} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_r \cdot v^3 \quad (1)$$

Dimana

$P_{kinetik}$  = daya kinetik angin (Watt)

$\rho$  = massa jenis udara yang mengalir ( $\text{kg/m}^3$ )

$A_r$  = luas penampang kincir ( $\text{m}^2$ )

$v$  = kecepatan angin ( $\text{m/s}$ ).

Energi kinetik angin yang dapat dimanfaatkan oleh kincir angin tentunya tidak dimanfaatkan seluruhnya oleh kincir angin dikarenakan berbagai rugi-rugi yang terjadi, di antaranya adalah rugi-rugi rancangan, rugi-rugi hidrolis, rugi-rugi mekanik, dan rugi-rugi transmisi. Daya yang dapat dikeluarkan secara efektif oleh kincir angina dapat diketahui dengan persamaan 2 (Dietzel, 1980).

$$P = 1/2 \cdot C_p \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 = \tau \cdot \omega \quad (2)$$

Dimana :

- P = daya efektif kincir (Watt)
- C<sub>p</sub> = koefisien performa kincir
- τ = momen puntir poros kincir (Nm)
- ω = kecepatan putar kincir (rad/s).

Dalam studi ini, daya mekanik yang dihasilkan oleh kincir angin selanjutnya dimanfaatkan untuk menggerakkan pompa piston. Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan fluida (zat cair) dengan berdasarkan gaya tekan dari suatu tempat ke tempat lain secara terus menerus (Latuheru, 2013). Debit air yang dipindahkan oleh pompa secara definitif dapat diwakilkan melalui persamaan 3 (Supriadi, 2013). Persamaan 3 digunakan sebagai acuan pengambilan data debit air dalam eksperimen ini.

$$Q = V/t \quad (3)$$

Dimana :

- Q = debit air (m<sup>3</sup>/s)
- V = volume air yang tertampung (m<sup>3</sup>)
- t = waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan volume air yang ditampung (s)

Untuk mengetahui seberapa baik kinerja dari sistem maka daya kinetik yang berpotensi untuk dapat dimanfaatkan dengan daya yang dihasilkan pompa. Dalam memindahkan fluida, pompa tentu memberi tambahan energi hidrolis dari fluida yang dipindahkan. Tambahan energi hidrolis tersebut dapat dalam bentuk tekanan, potensial/ketinggian, maupun kecepatan. Daya hidrolis yang diterima fluida oleh pompa dapat didefinisikan melalui persamaan 4 (Untoro, 2016).

$$P_{pump} = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad (4)$$

Dimana :

- P<sub>pump</sub> = daya yang dihasilkan pompa (watt)
- ρ = massa jenis fluida yang dipindahkan (kg/m<sup>3</sup>)
- H = tinggi tekan yang dihasilkan (m)
- Q = debit fluida yang dipindahkan pompa (m<sup>3</sup>/s)

Kinerja sistem yang paling mudah untuk diukur adalah efisiensi sistem. Efisiensi yang dinotasikan sebagai η menggambarkan seberapa efisien sebuah sistem yang dibuat ketika beroperasi. Efisiensi sistem didefinisikan sebagai perbandingan antara daya hidrolis yang dihasilkan oleh pompa sebagai daya keluaran final dengan daya kinetik angin yang berpotensi untuk dimanfaatkan seperti dalam persamaan 5 (Tonglangi, 2014).

$$\eta = \frac{\text{(daya hidrolis pompa)}}{\text{(daya kinetik angin)}} \times 100\% \quad (5)$$

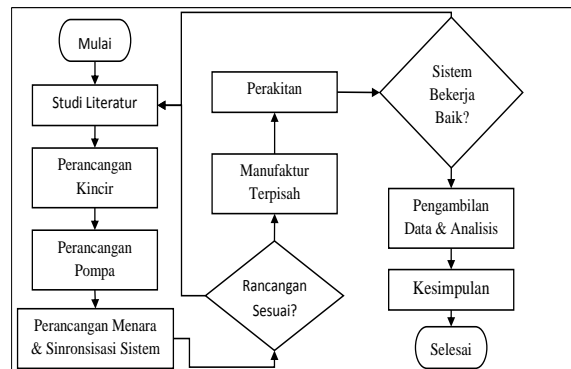
Dimana :

- η = efisiensi (%)

- Ph = daya hidrolis (watt)
- Pk = daya kinetik (watt)

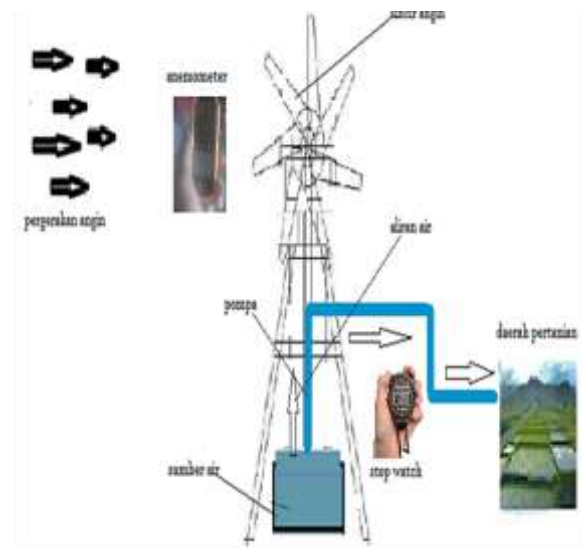
## 2.2 Metode Eksperimental

Eksperimen dilakukan dengan tiga tahapan yaitu perancangan alat sesuai dengan data dari studi literatur dan observasi, serta pembuatan komponen-komponen alat seperti kincir atau kincir angin, pompa piston, sistem transmisi dan menara, kemudian pengambilan data pada kecepatan angin yang berbeda.



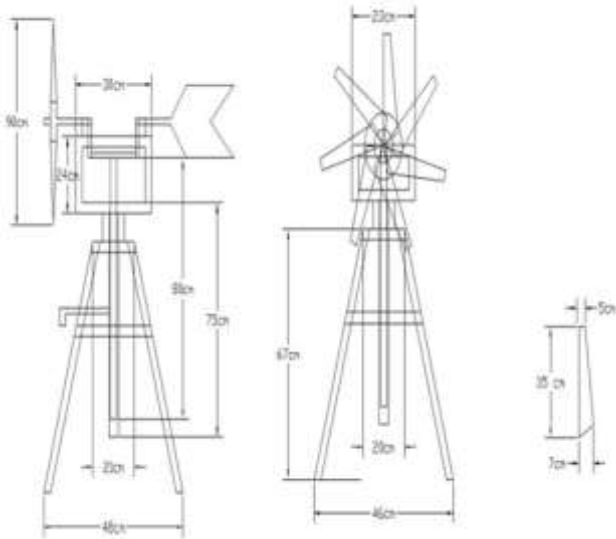
Gambar 2. Metode eksperimen

Untuk membuat rancangan pompa air kincir angin, diperlukan data awal perancangan. Untuk mempermudah proses manufaktur dan eksperimen, kincir angin dan pompa dibuat sedemikian rupa dengan skala lab 1:2. Bahan yang digunakan berasal dari bahan yang banyak terdapat di pasaran dengan proses manufaktur dan permesinan yang sederhana.



Gambar 3. Skematik pengujian kincir angin

Kincir angin yang digunakan pada perancangan ini adalah kincir angin poros horizontal dengan sudu-sudu yang berjumlah 7 buah dan sudut 60°, bahan yang digunakan untuk membuat kincir yaitu sebuah baling-baling motor diesel yang ditambahkan atau dipanjangkan dengan pipa PVC 6” yang dipotong dan dibelah menjadi 7 buah dengan panjang 35 cm.



Gambar 4. Rancangan desain pompa kincir

Pompa air yang digunakan dalam perancangan ini adalah pompa air piston dengan dua katup yaitu katup bagian bawah dan katup bagian atas. Pada katup bagian bawah disebut juga foot valve yang berfungsi sebagai check valve agar air selalu ada di bagian bawah. Ini dimaksudkan agar tingkat responsivitas dari pompa ini sangat tinggi sehingga tidak dilakukan pemancangan terus menerus. Sedangkan katup bagian atas berfungsi untuk mengangkat air yang tersedia pada ruang katup bagian bawah ke atas dan keluar melalui pipa. Pompa jenis ini memiliki kelebihan mudah untuk diaplikasikan oleh petani, selain itu perawatannya yang mudah dan biaya perbaikannya yang murah. Di sisi lain pompa jenis ini memiliki beberapa kelemahan, di antaranya efisiensinya yang rendah dan memiliki kelemahan karena daya pompa yang tersedia hanya akan naik secara linier dengan meningkatnya putaran poros tanpa berkorelasi dengan peningkatan momen puntir pada poros.



Gambar 5. Material blade kincir

Bahan yang digunakan untuk perancangan pompa air sederhana ini yaitu pipa PVC tipe d 1/2" panjang 75 cm dengan katup bagian bawah dan pipa PVC tipe c

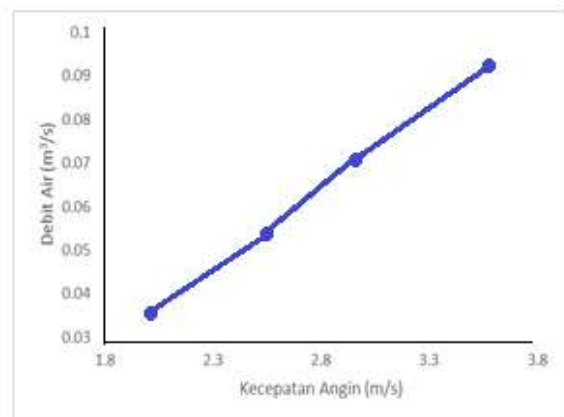
5/8" panjang 80 cm dengan katup bagian atas yang merupakan pompa utama sebagai piston yang dihubungkan langsung dengan transmisi atau poros engkol pada kincir angin. Untuk transmisi poros engkol terbuat dari 4 buah pipa penghubung PVC L dan 1 buah pipa penghubung PVC T yang berfungsi sebagai penghubung antara kincir angin dan pompa air. Penggunaan bahan-bahan yang berasal dari PVC adalah karena bahan-bahan tersebut mudah ditemukan di pasaran sehingga petani dapat membelinya dengan mudah,

Menara bagian atas atau rumah transmisi adalah tempat untuk transmisi dimana terdapat poros yang menghubungkan antara kincir angin dan ekor kincir serta poros engkol yang terhubung dengan pompa piston. Bahan yang digunakan adalah besi siku yang dirancang menjadi persegi panjang dengan dimensi panjang 30 cm, lebar 23 cm, dan tinggi 24 cm. Untuk menara bagian bawah sekaligus sebagai menara utama juga terbuat dari besi siku yang dirancang menjadi bentuk piramida dengan dimensi bagian atas panjang 21 cm dan lebar 20 cm, bagian bawah panjang 48 cm dan lebar 46 cm, dan tinggi menara 67 cm. Besi siku juga mudah ditemukan di toko-toko bahan bangunan sehingga petani dapat membuat sistem kincir angin dengan mudah dan murah.

Proses pengambilan data dilakukan sebanyak sepuluh kali untuk masing-masing variabel, sehingga total pengambilan data dilakukan sebanyak 40 kali. Variabel yang diambil pada pengambilan data antara lain kecepatan angin menggunakan anemometer, waktu pengisian air menggunakan stopwatch, volume penampungan air menggunakan gelas ukur, dan periode putar kincir menggunakan stopwatch. Data dari variabel tersebut kemudian diolah menjadi debit pompa, putaran kincir, daya pompa, hingga efisiensi sistem menggunakan persamaan-persamaan yang terdapat pada dasar teori.

## 2.3 Hasil dan Pembahasan

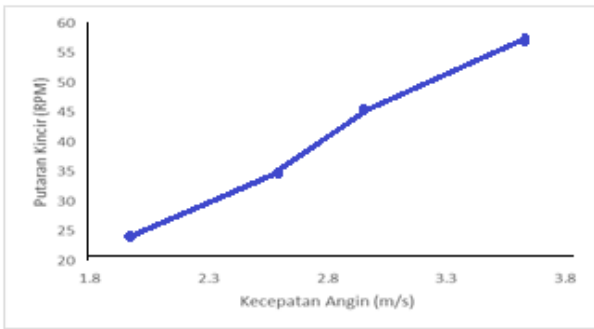
### 2.3.1 Debit Air



Gambar 6. Nilai distribusi kecepatan angin terhadap debit

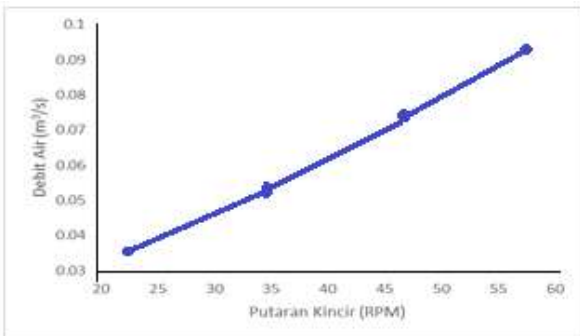
Berdasarkan gambar 6 dapat disimpulkan kecepatan angin sangat mempengaruhi debit yang dihasilkan. Semakin tinggi kecepatan angin maka semakin besar pula debit yang dihasilkan, dengan kecepatan angin 3,6 m/s dapat menghasilkan debit air sebesar 0,090 m<sup>3</sup>/jam. Pada grafik dalam gambar 6 dapat terlihat jelas bahwa peningkatan debit antara kecepatan angin 2,6 m/s sampai dengan 3,0 m/s adalah yang paling tinggi dalam eksperimen. Fenomena ini dapat dipahami lebih dalam dengan menyelidiki hubungan antara kecepatan angin dengan putaran kincir.

2.3.2 Putaran Kincir



Gambar 7. Hubungan variasi kecepatan angin dengan putaran kincir

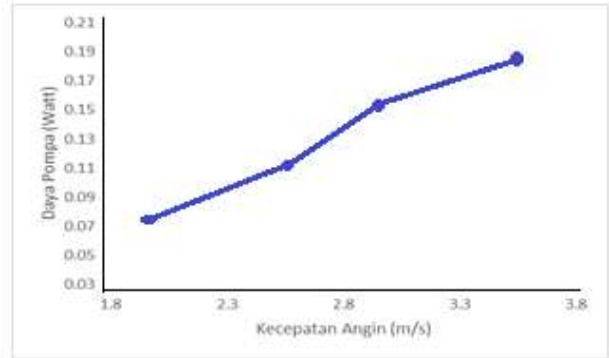
Pada gambar 7 terlihat bahwa semakin tinggi kecepatan angin yang diberikan, putaran kincir akan semakin tinggi, dimana didapatkan putaran tertinggi pada kec.angin 3.6 m/s adalah 59 RPM. Namun demikian, hubungan putaran kincir dengan kecepatan tidak terus menerus linier. Dalam grafik pada gambar 7 terlihat bahwa terdapat peningkatan putaran kincir yang lebih curam daripada yang lainnya, yaitu pada rentang antara kecepatan 2.6 m/s sampai dengan 3.0 m/s. Fenomena ini dapat dijelaskan bahwa ketika bekerja, rugi-rugi yang disampaikan sebelumnya memiliki berbagai variabel-variabel tertentu pada setiap jenisnya. Sebagai contoh, rugi-rugi yang terjadi karena rancangan kincir yang terbatas akan semakin meningkat dengan peningkatan kecepatan angin, di sisi lain rugi-rugi yang terjadi akibat gaya gesek pada bearing dan piston cenderung akan berkurang seiring meningkatnya putaran. Begitu juga rugi-rugi akibat gaya drag antara kincir dengan udara, nilai Cd sebagai koefisien ruginya akan terus berkurang seiring meningkatnya kecepatan.



Gambar 8. Hubungan Variasi putaran kincir angin terhadap debit air

Pada gambar 8 terlihat bahwa hubungan antara putaran kincir dengan debit air yang dihasilkan oleh pompa cenderung linier. Hasil eksperimen ini membuktikan bahwa pompa piston dua katup yang diaplikasikan pada sistem ini memiliki kecenderungan dayanya meningkat secara linier dengan adanya peningkatan putaran kincir dan poros pompa.

2.3.3 Daya Hidrolik

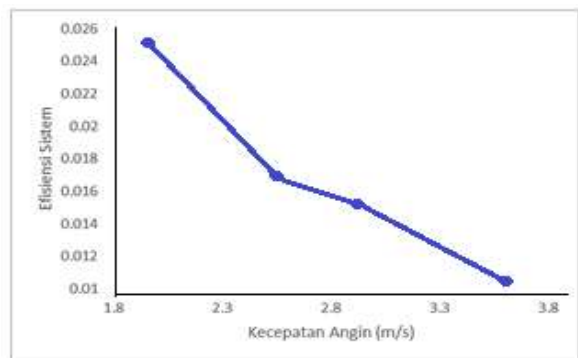


Gambar 9. Nilai daya hidrolik pompa pada variasi kecepatan angin

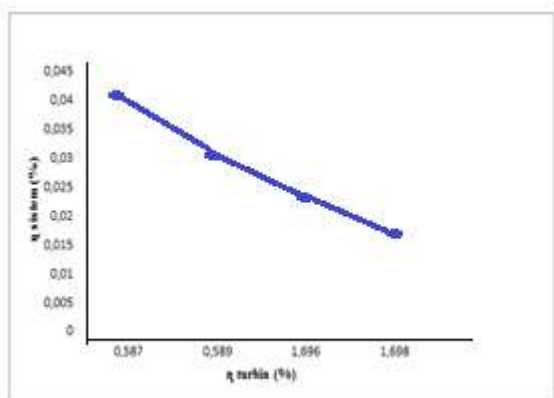
Daya hidrolik atau dapat disebut juga daya pompa adalah daya yang dibutuhkan pompa untuk mengangkat air dari kedalaman dan ketinggian tertentu (Untoro, 2016). Berdasarkan gambar 9 hubungan kecepatan angin dan daya hidrolik cenderung berbanding lurus, hal tersebut selaras dengan apa yang terjadi pada debit air. Daya maksimum yang dihasilkan dalam pengujian ini adalah sebesar 0.18 Watt pada kecepatan angin sebesar 3,6 m/s.

Pada gambar 9 terlihat bahwa daya hidrolik yang dihasilkan akan terus meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan. Namun, terdapat kecenderungan bahwa peningkatan daya tersebut semakin berkurang seiring kecepatan yang terus meningkat. Peningkatan paling tajam terjadi pada rentang kecepatan angin 2.6 m/s sampai dengan 3.0 m/s.

2.3.4 Efisiensi



Gambar 10. Nilai efisiensi sistem pada variasi kecepatan angin



Gambar 11. Nilai efisiensi sistem terhadap efisiensi turbin

Berdasarkan grafik pada gambar 10 dan 11 terlihat bahwa efisiensi sistem cenderung berbanding terbalik terhadap kecepatan angin. Hal ini dapat dijelaskan bahwa berdasarkan persamaan 1, daya kinetik angin yang berpotensi untuk dimanfaatkan memiliki hubungan pangkat tiga dengan kecepatan angin, hal ini berarti jika kecepatan angin ditingkatkan menjadi dua kali lipat, daya potensial yang terjadi meningkat delapan kali lipat. Di sisi lain, dari gambar 7 terlihat bahwa putaran kincir memiliki korelasi yang cenderung linier dengan kecepatan angin, padahal pada gambar 8 terlihat sangat jelas bahwa debit yang dihasilkan pompa memiliki hubungan yang linier dengan putaran kincir. Kedua hal tersebut mengakibatkan efisien sistem akan cenderung terus berkurang dengan meningkatnya kecepatan angin.

Meskipun efisiensi sistem terus menurun seiring meningkatnya kecepatan angin, namun nilai efisiensi turbin berbanding terbalik. Dimana, didapatkan nilai efisiensi turbin terbesar yaitu pada kec.angin 2,6 m/s sebesar 58,7%. Kondisi tersebut sesuai dengan realisasi distribusi kecepatan angin di Indonesia yaitu pada rata-rata 2,6 - 3.0 m/s (BMKG, 2008).

### 3. KESIMPULAN

Studi yang bertujuan merancang, membuat dan menguji sistem kincir angin yang berfungsi untuk memompa angin telah dilaksanakan dengan kesimpulan bahwa sistem bekerja optimal pada rentang kecepatan angin 2.6 m/s sampai dengan 3.0 m/s dengan daya sekitar 0.115 - 0.153 Watt, dimana sistem masih dapat bekerja pada kondisi kecepatan di luar rentang yang ada, namun kurang optimal. Didapatkan pula hubungan yang linier dengan nilai debit air pada rentang 0.035 - 0.09 m<sup>3</sup>/s. Berdasarkan hasil tersebut dapat dikatakan bahwa sistem akan bekerja optimum pada rentang tersebut. Dengan didapatkan nilai daya hidrolik tertinggi pada kecepatan angin 3.5 m/s adalah 0.18 Watt dan nilai

efisiensi sistem adalah 0.025. Meskipun efisiensi sistem terus menurun seiring meningkatnya kecepatan angin, namun nilai efisiensi turbin berbanding terbalik. Dimana, didapatkan nilai efisiensi turbin terbesar yaitu pada kec.angin 2,6 m/s sebesar 58,7%.

### 4. DAFTAR PUSTAKA

- Aprilia, B.P. Suyekti, R.W. dan Sugiarto. (2015) "Studi Perencanaan Pompa Air Tenaga Angin Untuk Suplesi Irigasi di Desa Yosomulyo Kecamatan Gambiran Kabupaten Banyuwangi". Jurnal Teknik Mesin.
- Badan Meteorologi Kinematologi dan Geofisika. (2008). Data Angin Di Cileduk 2007-2008, Jakarta : BMKG.
- Dietzel, F. (1980). Kinciren, Pumpen Und Verdichter. Wurzburg : Vorgel-Verlag.
- Guntur, M. (2009). Perancangan dan Pembuatan Pompa Piston Gerak Translasi Yang Diaplikasikan Pada Kincir Angin Poros Horizontal MB12-7. Tugas akhir Pada Program Studi S-1 Teknik Mesin Universitas Mercubuana Jakarta : tidak diterbitkan.
- Heryana, G. (2018). "Power consumption analysis on large-sized electric bus" IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 105.
- Latuheru, R. Dan Simanjuntak, T. (2013). "Perancangan Kincir Angin Sebagai Penggerak Pompa Air". Jurnal Ilmiah Mustek Anim Ha. Vol 2,(2). 2089-6697.
- Riyadi, S. Mustaqim. Dan Farid, A. "Kincir (2015) Angin Poros Vertikal Untuk Pompa Air". Jurnal Teknik Mesin.
- Supriadi Saleh, A. Dan Hanayanto, Y. (2013). "Rancang Bangun Energi Kincir Angin Putaran Rendah Tipe Multiblade Hawt Untuk Irigasi Pertanian". Jurnal Ilmiah Motifasi. Vol 13,(3). 285-295.
- Supriyo, S. (2013). "Model Kincir Angin Penggerak Kincir Angin". Jurnal Teknik Energi. Vol 9, (2), 61-68.
- Tonglolangi, Y. (2014) "Analisa Kinerja Kincir Aangin Sederhana Dengan Dua Sudu Poros Horisontal" Jurnal Teknik Mesin.
- Untoro, N. Agung Rahmadi, F. dan Aji, T. (2016). "Pengembangan Kincir Angin Sebagai Penggerak Pompa Air". Jurnal Teknik Sipil. Vol 5,(3). 223-230.