

## MODEL TURBIN ANGIN PENGGERAK POMPA AIR

Supriyo, Suwarti

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang  
Jl. Prof. Sudarto, SH Tembalang Semarang Fax.(024) 7472396

### Abstrak

Pertanian adalah salah satu bidang yang memerlukan pengembangan teknologi pengolahan memanfaatkan sumber energi alternatif, antara lain adalah pompa irigasi tanpa bahan bakar. Selama ini petani menggunakan pompa sentrifugal untuk keperluan irigasi dengan penggerak motor bensin atau solar yang menggunakan bahan bakar minyak (BBM) sebagai sumber energi. Akibatnya biaya produksi mahal, dan mengurangi pendapatan petani. Penelitian ini bertujuan menghasilkan model turbin angin menggerakkan pompa air. Tahapan yang akan dilakukan adalah perancangan dan pembuatan model turbin angin tipe tipe poros horisontal, perancangan dan pembuatan sistem transmisi, perancangan dan pembuatan model pompa air tipe torak kerja ganda, kajian Optimasi sudut serang angin terhadap sudu turbin, kajian optimasi reduksi kecepatan pada sistem transmisi, dan kajian optimasi panjang langkah torak. Luaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebuah teknik desain pompa air tenaga angin, sebuah model pompa air tenaga angin, jurnal terakreditasi nasional, dan draft paten. Dampak langsung yang diharapkan dari penelitian adalah mengurangi ketergantungan petani terhadap BBM dan meningkatkan pendapatan petani.

*Keywords:* Turbin angin, pompa torak, sistem transmisi, sudut serang, panjang langkah torak

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara pemakai energi yang sangat besar di dunia, sebagian besar energi yang digunakan di Indonesia berasal dari energi fosil yang berbentuk minyak bumi dan gas bumi (Alamsyah, 2007). Semakin berkurangnya cadangan minyak dunia, termasuk Indonesia, telah mendorong pemerintah untuk mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar minyak (Kepres no.10 tahun 2005 tentang penghematan energi) dan meningkatkan pemanfaatan sumber energi alternatif yang terbarukan. Salah satu program pemerintah yang saat ini dijalankan adalah pemanfaatan sumberdaya energi lokal untuk mewujudkan Masyarakat Mandiri Energi.

Pertanian adalah salah satu bidang yang memerlukan pengembangan teknologi pengolahan memanfaatkan sumber energi alternative, antara lain adalah pompa irigasi tanpa bahan bakar. 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

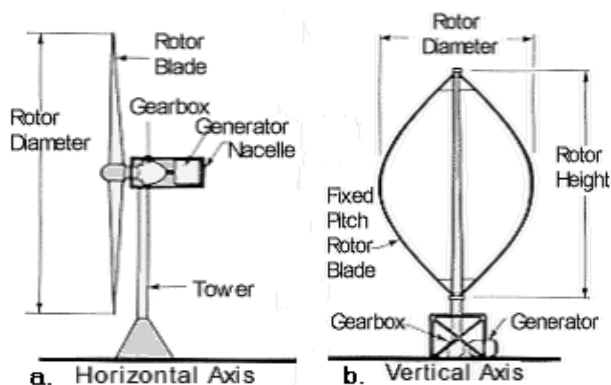
menggunakan pompa berukuran sedang (diameter 100 mm). Para petani menggunakan sumber air dari aquifer dangkal dan sumber air dari sungai-sungai yang ada untuk mensuplai irigasi saat musim kering. Pompa-pompa tersebut mengairi sekitar 120.000 hektar di Jawa (Prabowo dkk, 2003). Penggunaan BBM pada pompa irigasi menambah biaya operasional untuk pengolahan lahan. Menurut Supriyadi petani dari desa Cangkrep Purworejo, 1 hektar sawah memerlukan biaya rata-rata sebesar Rp 100.000/hari (harga solar Rp 4.500/liter) selama musim kemarau. Demikian juga disampaikan oleh Subagio ketua kelompok tani Sebaung Makmur Ambarawa Semarang, mereka harus mengeluarkan biaya bahan bakar sebesar 6 juta rupiah untuk mengairi 4,5 hektar sawah atau 1,33 juta/ha sawah (komunikasi langsung, 2010).

Mengacu pada persoalan petani tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan pompa air tenaga angin. Berdasarkan masalah yang dihadapi para petani, maka perlu dilakukan usaha untuk mengatasi kesulitan para petani. Salah satunya adalah pemanfaatan energi angin untuk menggerakkan pompa air. Turbin angin merupakan alat yang berfungsi mengkonversi energi angin menjadi kerja

poros yang dapat digunakan untuk menggerakkan pompa. Jenis pompa yang digunakan adalah jenis torak yang beroperasi pada putaran rendah. Turbin angin yang digunakan adalah jenis nibe dengan poros horisontal dengan sudu tipe NACA 4412. Turbin angin, dalam kondisi terbebani, sangat sulit menghasilkan putaran tinggi. Sehingga cocok untuk menggerakkan pompa torak. Namun jika putaran terlalu rendah, debit yang dihasilkan pompa sangat sedikit. Oleh karenanya diperlukan optimasi-optimasi panjang langkah torak dan reduksi kecepatan pada sistem transmisi untuk menghasilkan keluaran pompa yang optimum. Sementara untuk mengoptimalkan konversi energi angin, perlu dilakukan optimasi sudut serang angin pada sudu turbin. Berapakah panjang langkah torak, reduksi kecepatan pada sistem transmisi, dan sudut serang angin optimum?, maka penelitian ini perlu dilakukan.

**Landasan Teori**

Angin merupakan sumber energi yang terbarukan. Pemanfaatan angin sebagai sumber energi sudah lama dilakukan oleh manusia (Hofman dan Harun, 1987). Pemanfaatan energi angin masih belum optimum. Hal ini dikarenakan sumber energi minyak masih melimpah dan murah. Saat ini bahan bakar minyak harganya melambung tinggi sehingga sumber energi alternatif termasuk angin menjadi populer.



Gambar 1. Jenis-Jenis kincir angin (AWEA, 2004)

Pemanfaatan energi angin dapat dilakukan melalui teknologi turbin angin. Turbin angin berfungsi untuk mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik turbin. Energi

mekanik tersebut kemudian digunakan untuk menggerakkan beban seperti generator listrik, pompa, dan mesin-mesin lainnya. Turbin angin dibagi menjadi dua jenis yaitu Turbin angin dengan sumbu poros horisontal dan sumbu poros vertikal, dari kedua jenis tersebut masing-masing memiliki kelebihan dan kelemahan. Skema kedua jenis turbin angin tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Turbin angin Nibe termasuk jenis sumbu poros horisontal dengan jumlah sudu 3 buah



Gambar 3. Turbin angin Savonius termasuk jenis sumbu poros vertikal.

Turbin angin jenis sumbu poros horisontal pada umumnya terdiri dari 3 atau lebih baling-baling. Kincir angin dapat terdiri dari berbagai ukuran dalam hal ini yang menentukan besar kecilnya adalah diameter dari putaran baling-baling (*Rotor Diameter*, lihat Gambar 2). Beberapa contoh jenis-jenis turbin angin dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.

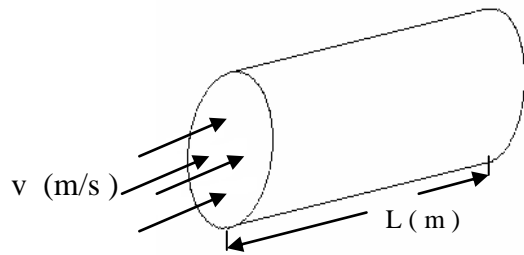


Gambar 4. Turbin angin Darrius termasuk jenis sumbu poros vertikal



Gambar 5. Turbin angin Maglev termasuk jenis sumbu poros vertikal

Besarnya energi angin yang tersedia dapat dihitung sebagai berikut;



Gambar 6. Kecepatan angin melalui suatu luasan.

Dengan kecepatan tertentu melalui suatu luasan besarnya laju aliran udara rata-rata adalah;

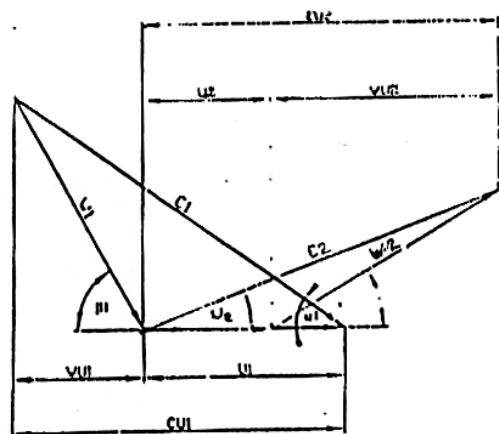
$$m = \rho \cdot A \cdot v \dots\dots\dots 1$$

Daya kinetik tiap detik:

$$P_{Kin} = \frac{1}{2} m v^2 \dots\dots\dots 2$$

Daya yang diserap oleh turbin angin ini dapat dihitung dengan menggunakan teori segitiga kecepatan, dimana dalam segitiga kecepatan angin ini terdapat 3 unsur kecepatan angin yaitu kecepatan putar sudu (*u*), kecepatan angin menabrak sudu (*c*), dan kecepatan angin relatif (*w*)

Segitiga kecepatan:



Gambar 7. Segitiga Kecepatan Darrius

Besarnya kecepatan putar sudu Darrius  $U_1 \neq U_2$

$$U_1 = \frac{\pi D_1 n}{60} \dots\dots\dots 4$$

$$U_2 = \frac{\pi D_2 n}{60} \dots\dots\dots 5$$

Besarnya kecepatan relatif angin yang menabrak  $W_1 = W_2$ , dapat dihitung dengan menggunakan persamaan;

$$\frac{\sin(180-\beta_1)}{c_1} = \frac{\sin \alpha}{W_1} = \frac{\sin \gamma}{U_1} \dots\dots\dots 6$$

$$\gamma = \beta_1 + \alpha_1$$

$$\alpha_1 = \frac{\sin(180-\beta_1)}{c_1} = \frac{\sin \gamma}{U_1} \dots\dots\dots 7$$

$$\alpha_1 = \beta_1 - \frac{\sin(180-\beta_1)}{c_1} \times U_1 \dots\dots\dots 8$$

$$W_1 = \frac{\sin \alpha_1}{\left(\frac{\sin(180-\beta_1)}{c_1}\right)} \dots\dots\dots 9$$

$$W_{u1} = C_{u1} - U_1 \dots\dots\dots 10$$

$$W_{u1} = W_1 \cos \beta_2 \dots\dots\dots 11$$

$$C_{u1} = C \cos \alpha_1 \dots\dots\dots 12$$

$$P_{sudu} = m ( C_{u1}.U_1 - C_{u2}.U_2 ) \dots\dots\dots 13$$

Maka besar torsi, dan daya poros untuk turbin angin dapat dihitung dengan menggunakan rumus;

$$T = \frac{P.60}{2.\pi.n} \dots\dots\dots 14$$

$$P_{poros} = \frac{2.\pi.n.T}{60} \dots\dots\dots 15$$

**Hasil Penelitian Terkait**

Winarto dkk. (2003) membuat model turbin angin multi blade yang digunakan untuk menggerakkan dinamo listrik. Pada kecepatan angin di atas 10 m/s, generator dapat menghasilkan listrik tegangan 220 V, namun pada kecepatan rendah turbin angin tidak dapat memberikan putaran yang diinginkan sehingga tegangan listrik yang dihasilkan rendah.

Penelitian tentang model pompa lobe yang digerakkan oleh turbin angin savonius dilakukan oleh Gatot dkk. Tahun 2005. Model pompa yang dibuat menghasilkan kapasitas yang kecil (debit 15 l/mnt dan head 70 cm), sehingga untuk diterapkan di lapangan memerlukan dimensi savonius yang sangat besar. Model pompa jenis ini hanya cocok untuk daerah yang mempunyai potensi angin dengan kecepatan minimal 5 m/s.

Rahmat dkk. (2006) melakukan modifikasi jumlah sudu pada Turbin Angin Darrieus dengan Kombinasi Sudu Savonius Satu Tingkat untuk meningkatkan efisiensi turbin. Hasil uji menunjukkan peningkatan efisiensi yang tidak signifikan jika dibandingkan dengan turbin tunggal.

Penelitian yang lain juga telah dilakukan oleh Hartanto dkk. (2007), yaitu Pembuatan dan Pengujian Turbin Angin Darrieus dengan Variasi Sudut Sudu. Penelitian ini dilakukan sebagai usaha untuk meningkatkan unjuk kerja turbin angin melalui optimasi sudut sudu pengarah. Hasil uji menunjukkan sudut sudu mempengaruhi unjuk kerja turbin angin.

Model turbin angin Kombinasi Darrieus dan Savonius dikembangkan oleh Priyoatmojo (2007). Turbin Savonius yang berukuran lebih kecil diletakkan di dalam turbin Darrieus dalam satu poros vertikal. Uji kinerja dilakukan terhadap model turbin tersebut dengan variabel jumlah sudu turbin. Hasil uji menunjukkan bahwa jumlah sudu mempengaruhi kinerja turbin baik tunggal maupun kombinasi. Pada kecepatan angin rendah (dibawah 8 m/s) semakin banyak jumlah sudu semakin tinggi kerja turbin yang dihasilkan. Namun pada kecepatan angin tinggi turbin angin dengan jumlah sudu sedikit (3 sudu) memiliki kinerja yang paling baik. Meskipun demikian, kombinasi turbin Darrieus dan Savonius ini tidak memberikan perubahan kinerja yang signifikan dibandingkan dengan turbin tunggal. Efisiensi turbin pada berbagai variasi beban, paling tinggi dicapai turbin kombinasi, Darrieus, dan kemudian Savonius dengan selisih masing-masing 2 %.

Model turbin angin untuk menggerakkan pompa air dibuat oleh Bondan dkk. (2007). Turbin angin yang digunakan adalah tipe Savonius dua tingkat dengan pompa positif sudu lurus. Berdasarkan hasil uji didapatkan, turbin Savonius dapat digunakan untuk menggerakkan pompa air sudu lurus, namun debit yang dihasilkan sangat kecil. Selain itu pompa sudu lurus biasa digunakan untuk minyak, tidak cocok jika digunakan

untuk fluida kerja air, karena bersifat korosif. Model pompa dapat dilihat pada Gambar 8.

Studi Karakteristik Turbin Angin Darrieus dengan Variasi Sudut Sudu dilakukan oleh Priyoatmojo dan Sumarno (2008). Penelitian dilakukan terhadap model turbin Darrieus berdiameter 0,5 m tinggi 0,7 m. Hasil uji menunjukkan sudut sudu mempengaruhi kerja yang dihasilkan oleh turbin. Pada seluruh sudut sudu yang dicoba, turbin Darrieus dapat berputar dan menghasilkan kerja, namun kerja terbesar yang dihasilkan adalah pada sudut  $0^0$ .

Model pompa lain tipe sudu luncur dengan penggerak turbin angin nibe dibuat oleh Yusuf DH (2008). Kapasitas yang dihasilkan juga kecil sehingga tidak cocok jika diterapkan untuk pompa irigasi.

Di ilhami oleh penelitian-penelitian sebelumnya tentang pemanfaatan tenaga angin, melalui Penelitian Terapan (DIPA Polines 2012), akan dikembangkan model pompa air tenaga angin. Keberhasilan penelitian ini akan menentukan arah penelitian selanjutnya yaitu pengembangan turbin angin untuk pembangkitan tenaga. Hal ini perlu dilakukan karena potensi angin masih sangat besar terutama di luar pulau Jawa.



Gambar 8. Model pompa dengan penggerak turbin angin buatan Bondan (2007)

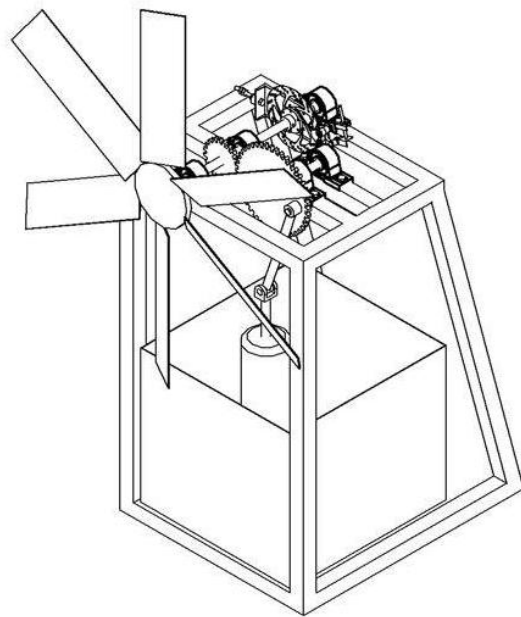
#### METODE PENELITIAN

Secara prinsip, rancangan penelitian dapat juga diilustrasikan pada tabel 1.

Namun, ada beberapa rancangan penelitian yang lebih spesifik harus dipaparkan dalam bentuk disain penelitian yang memerlukan penjelasan gambar. Berikut ini adalah rancangan disain spesifik yang akan dilaksanakan dalam pelaksanaan penelitian ini.

#### Rancangan Model Pompa Air Tenaga Angin

Rancangan model pompa air tenaga angin dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Rancangan model pompa air tenaga angin

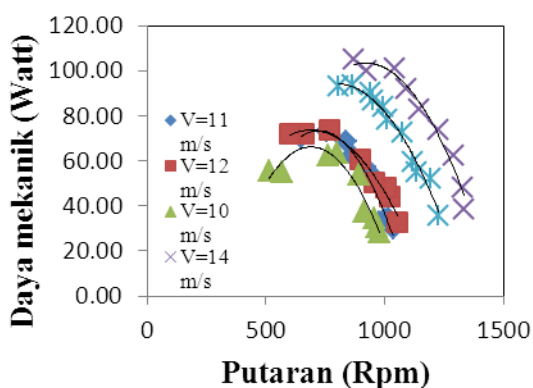
Model pompa air tenaga angin terdiri dari turbin angin (1), sistem transmisi (2), Pompa torak (3), bak air (4), dan kerangka (5).

Uji karakteristik efisiensi turbin dilakukan dengan variabel sudut serang angin terhadap sudu, sudut serang divariasikan dari  $0^0$ - $30^0$ . Hasil uji ditampilkan dalam bentuk grafik-grafik karakteristik efisiensi turbin angin kemudian dikaji secara diskriptif.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pada gambar 10 di atas yaitu grafik hubungan antara Daya Mekanik (Pm) Terhadap Putaran (Rpm), untuk kecepatan angin 14 m/s akan menghasilkan putaran dan daya mekanik yang besar, sedangkan untuk kecepatan 12 m/s dan 11 m/s grafik cenderung berimpit dan parabol, hal ini disebabkan ketika melakukan pembebanan

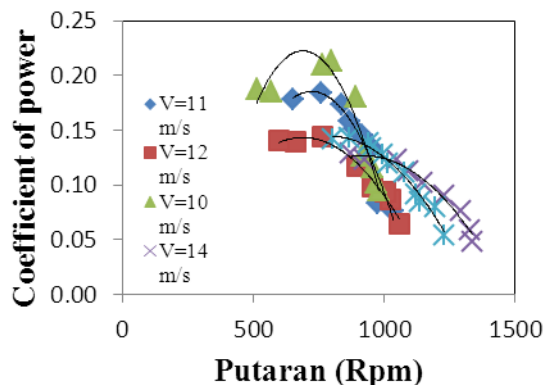
breaker terlalu sedikit ataupun pengaruh dari breakernya sendiri. Kecepatan angin 14 m/s, 13 m/s, 12 m/s, 11 m/s dan 10 m/s akan menghasilkan daya mekanik maksimal 105 Watt, 97 Watt, 75 Watt, 73 Watt dan 65 Watt di lihat pada Gambar 5.1. Pada Karakteristik Daya Mekanik terhadap Putaran, daya mekanik berbanding lurus terhadap torsi, dan berbanding terbalik dengan putaran. Jika pembebanan pada *brake* semakin berat maka torsi yang dihasilkan semakin besar, hal ini menyebabkan putaran poros yang dihasilkan semakin pelan, dan menyebabkan daya mekanik semakin besar.



Gambar 10. Grafik Hubungan Antara Daya Mekanik (Pm) Terhadap Putaran (Rpm).

Berdasarkan Gambar 11 terlihat bahwa Turbin angin memiliki karakteristik yang berbeda jika dioperasikan pada kecepatan angin yang berbeda pula pada masing – masing mempunyai titik puncak *Coefficient of Power* : 0,23, 0,18, 0,14, 0,14, 0,13 untuk kecepatan angin : 10 m/s, 11m/s, 12 m/s, 13 m/s, 14 m/s. *Coefficient of Power* menunjukkan besarnya tenaganya yang dapat di konversikan menjadi tenaga mekanik artinya semakin besar *Coefficient of Power* semakin besar karakteristik turbin. Sebagai contoh pada kecepatan angin 10 m/s, turbin angin memiliki *Coefficient of Power* 0,23 artinya 23 % tenaga angin dapat dikonversikan menjadi tenaga mekanik. Sedangkan untuk kecepatan angin 14 m/s, turbin angin memiliki *Coefficient of Power* 0,13 dikarekan angin yang menumbuk sudu tertahan putaran turbin yang terlalu besar.

Berdasarkan pada gambar 5.3 di atas yaitu grafik hubungan Antara *Coefficient of Power* Terhadap tip speed ratio, dengan kecepatan angin yang berbeda dihasilkan *Coefficient of Power* dan Tip speed rati yang berbeda pula. Dari gambar 5.3 terlihat semakin kecil kecepatan angin yaitu 10 m/s menunjukkan semakin besar pula nilai *Coefficient of Power* dan Tip speed ratio yang di hasilkan. Jadi bisa dikatakan turbin bekerja secara maksimal, apabila pada kecepatan angin 10 m/s dengan *Coefficient of Power* (0,23) dan Tip speed ratio (3). Dilihat gambar 5.3 mempunyai hubungan berbanding terbalik antara *Coefficient of Power* dan Tip speed ratio artinya semakin kecil nilai *Coefficient of Power* maka semakin besar nilai Tip speed ratio yang dihasilkan.

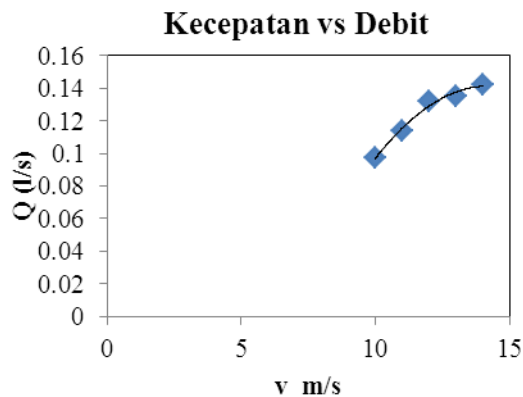


Gambar11. Grafik Hubungan Antara *Coefficient of Power* Terhadap Putaran.

**Uji kinerja pompa tenaga angin**

Untuk pengukuran debit air yang dihasilkan oleh pompa, langkah pertama adalah mengisi bak sampai penuh. Blower dihidupkan dengan kecepatan angin yang diinginkan. Dalam keadaan ini turbin angin tidak dapat langsung berputar untuk menggerakkan pompa. Turbin angin berputar setelah diberi torsi awal ( digerakkan dengan tangan ). Tetapi setelah turbin berputar, lama kelamaan kecepatan turbin semakin menurun dan akhirnya berhenti. Hal ini menunjukkan torsi yang dibutuhkan pompa tidak dapat dipenuhi oleh poros turbin angin. Langkah kedua melakukandalam keadaan ini turbin mampu berputar dan dapat menggerakkan torak (tanpa aliran). Setelah turbin berputar

dan mencapai putaran konstan yaitu 1157 rpm, bak diisi dengan menggunakan selang yang alirannya kontinu. Setelah air mencapai masukan pipa isap pompa torak, putaran turbin turun dan pompa torak menghasilkan debit air. Hasil pengukuran debit air yang dihasilkan pompa torak dapat di lihat pada gambar 12.



Gambar 12. Grafik Hubungan Debit (Q) terhadap Kecepatan Angin (v) pada pompa pompa torak.

Berdasarkan pada gambar 12 di atas yaitu grafik hubungan Antara debit Terhadap kecepatan angin, dengan kecepatan angin yang berbeda dihasilkan debit yang berbeda pula. Dan dari gambar12 terlihat debit terbesar ada di kecepatan angin 14 m/s dengan debit yang dihasilkan sebesar 0,142 lt/s. Jadi hubungan anatara debit dan kecepatan angin berbanding lurus artinya semakin besar debit yang dihasilkan, maka semakin besar pula kecepatan angin yang diperlukan.

## KESIMPULAN

1. Spesifikasi turbin angin tipe nibe sumbu horizontal adalah diameter turbin 0,80 m, jumlah sudu 3 buah, tinggi menara 0,95 m. Spesifikasi pompa torak kerja ganda adalah diameter silinder 0,05 m, panjang langkah torak bervariasi mulai dari 0,05 m, 0,1 m, 0,15 m, dengan mengatur langkah pompa torak sebesar 0,05 m dengan diameter pompa sebesar 0,05 debit maksimum yang dihasilkan sebesar 0,142 lt/s pada kecepatan angin 14 m/s.

2. *Coefficient of Power* terbaik pada kecepatan angin 10 m/s sebesar 0,21 dengan daya mekanik turbin dan daya kinetik angin masing-masing sebesar 63,45 Watt dan 297,67 Watt.
3. Tip Speed Ratio terbaik pada kecepatan 10 m/s sebesar 3,73 pada putaran 891 rpm, jadi turbin angin dapat bekerja secara maksimal di putaran tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah H.2007. *Pemanfaatan Turbin Angin Dua Sudu Sebagai Penggerak Mula Alternator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin*. Wikipedia press. [http://www.id.wikipedia.org/wiki/Turbin\\_angin](http://www.id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin)
- AWEA. 2004. *The American Wind Energy Association*. <http://www.awea.org>.
- Bondan PA, Rilyandi H, Yuli R. 2007. *Rancang Bangun Turbin Angin Savonius sebagai Penggerak Pompa Sudu Luncur*. Jurnal Eksergi Vol 3 nomor 1. hal 8-13. ISSN 0216-8685
- G, Sahdan. 2005. Menanggulangi Kemiskinan Desa. Ekonomi Rakyat, [www.ekonomi-rakyat.org](http://www.ekonomi-rakyat.org)
- Gatot S, Bono. 2005. Rancang bangun turbin savonius untuk menggerakkan pompa lobe. Jurnal Eksergi. Vol. 1, nomor 2: 60-66.
- Hartanto W. 2007. *Pembuatan dan Pengujian Turbin Angin Darrieus dengan Variasi Sudut Sudu*. Polines. Semarang
- Hofman H dan Harun. 1987. *Energi Angin*. Penerbit Binacipta, Jakarta
- Priyoatmojo S. 2007. Unjuk Kerja Turbin Kombinasi Darrieus Savonius Ditinjau dari Variasi Jumlah Sudu. Jurnal Eksergi. Vol. 3, No 2: 62-68.
- Priyoatmojo S, Sumarno FG. 2008. Studi Karakteristik Turbin Angin Darrieus dengan Variasi Sudut Sudu. Jurnal Rekayasa mesin Vol. IV, No. 3: 133-144.
- Rahmat, Arum Y, Adi ND. 2006, *Pembuatan dan Pengujian Turbin Angin Darrieus Terhadap Variasi Jumlah Sudu dengan Kombinasi*

- Sudu Savonius Satu Tingkat*,  
Polines, Semarang
- Winarto A, Andri TW, Gatot SS, Khoirozy.  
2003. *Turbin Angin Multi Blade  
sebagai Penggerak Dinamo Listrik*.  
Jurnal Rekayasa Mesin vol III nomor 6.  
hal 233-244. ISSN 1411-6863.
- Prabowo A, A Hendriadi, Novi S, Hari G,  
dan Affifudin. 2003. Metode Perbaikan  
Disain Pompa Sentrifugal Diterapkan  
Untuk Pompa Buatan Lokal. Temu  
Ilmiah Pengembangan Mekanisasi  
Pertanian. Bogor, 16 Desember 2003
- Yusuf DH. 2008. Unjukkerja Turbin Angin  
Nibe 3-sudu Menggunakan Pompa  
Sudu Luncur untuk Pengambilan Air,  
Jurnal Eksergi . Vol. 4, No. 2: 52-60.