

# ANALISA SUDUT SERANG BILAH PADA TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL ENAM BILAH DATAR SEBAGAI K PENGGERAK POMPA

Wardoyo<sup>1</sup>, Mustaqim<sup>2</sup>, Hadi Wibowo<sup>3</sup>

1 Mahasiswa, Progd Teknik Mesin Fakultas Universitas Pancasakti Tegal

2, 3 Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal

## Abstrak

Kondisi alam di Brebes (Jawa Tengah) kaya akan sumber energi angin : angin laut, angin darat, angin gunung, angin barat dan angin timur. Brebes juga merupakan daerah pertanian yang kondisinya 14.444 hektar merupakan sawah tadah hujan. Hal ini yang mendorong peneliti untuk melakukan penelitian penggunaan kicir angin sumbu horizontal enam bilah datar sebagai tenaga penggerak pompa.

Penelitian menggunakan metode experimental dengan bentuk dan ukuran turbin angin sesuai ukuran sebenarnya. Tahapan yang dilakukan dalam proses penelitian ini adalah: 1) Mengumpulkan data. 2) Analisa Energi sumber energi yang tersedia. 3) Membuat rancangan turbin angin. 4) Mengambil data dan evaluasi. 5) Evaluasi dan kesimpulan. Data penelitian dapat menunjukkan hubungan antara kecepatan angin ( $v$ ), tip speed ratio (TSR) dan Coefficient Performance daya optimum ( $C_p$ ).

Kincir sebagai penggerak pompa dapat beroperasi saat kecepatan angin 1,4 m/s, dengan debit air rata-rata 0,5 liter per putaran. Nilai TSR maksimum yang didapat adalah 2,593. Debit air optimum yang bisa dicapai adalah 19,2 liter per menit pada kondisi kecepatan angin 3 m/s, sudut serang bilah 45 derajat. Debit air bisa meningkat jika kecepatan angin lebih dari 3 m/s dan konstan. Daya optimum kincir angin enam bilah datar sumbu horizontal diperoleh saat sudut serang bilah 43 derajat dengan nilai optimum koefisien performance 0,152. Kincir Angin Sumbu Horizontal Enam Bilah Datar Sebagai Penggerak Pompa dapat diaplikasikan di daerah Brebes dengan design sudut serang bilah 43 derajat, TSR 2,5 dan  $C_p$  1,52. Perbaikan dan pengembangan eksperimen ini sangat diperlukan, untuk menghasilkan putaran yang optimal seperti penggunaan material sudu yang ringan dan rigid supaya bisa menghasilkan putaran yang optimal dan kepresisian pompa air yang digunakan untuk meningkatkan debit dan head pompa.

**Kata Kunci** : Turbin, sudut serang, *performance*.

## PENDAHULUAN

Potensi energi angin di Indonesia umumnya berkecepatan lebih dari 5 meter per detik (m/detik). 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 Jawa. Adapun kecepatan angin 4 m/detik hingga 5 m/detik tergolong bersekala menengah dengan potensi skala menengah dengan

potensi kapasitas 10-100 KW. (kompas Cyber media) di unduh pada tanggal 25 Maret 2013 wib

Kondisi alam di Brebes (Jawa Tengah) mempunyai Garis pantai sepanjang kurang lebih 72,93 km, wilayah utara dataran rendah yang luas dan wilayah selatan yang berupa dataran tinggi dan pegunungan. Kondisi ini mendukung wilayah Brebes kaya akan sumber energi angin : angin laut, angin darat, angin kumbang, angin barat dan angin timur. Luas wilayah lahan pertanian sekitar 62703 hektare yang kondisinya

14.444 hektar merupakan sawah tadah hujan. (sumber : id.m.org/wiki/Kabupaten\_Brebes).

Sumber energi angin sangat melimpah terutama di musim kemarau karena melimpahnya sumber energi angin. Kecepatan angin rata-rata lebih dari 5 knot ( sumber BMKG Tegal). Dengan kecepatan angin rata-rata diatas 2,5 m /dt, merupakan sumber energi yang murah, bersih dan cukup ekonomis untuk dikembangkan.

### Rumusan Masalah

Permasalahan utama yang akan diungkap dalam penelitian ini :

1. Berapa sudut serang bilah optimum pada kincir angin sumbu horizontal enam bilah datar jika digunakan untuk menggerakkan pompa torak.
2. Berapa nilai Cp dan TSR optimumnya.

### Daya Turbin

Daya turbin angin adalah daya yang di bangkitkan oleh rotor turbin angin (rotor blade) akibat mendapatkan daya dari hembusan angin. Daya turbin angin tidak sama dengan daya angin dikarenakan daya turbin angin terpengaruh oleh koefisien daya.

Koefisien daya adalah prosentase daya angin yang diubah ke dalam bentuk energi mekanik.

$$P = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

Dimana :

P = Daya ( watt )

Cp = Koefisien daya

P = Kerapatan Udara ( kg/m<sup>3</sup> )

A = Area sapuan angin ( m<sup>2</sup> )

V = Kecepatan angin ( m/s )

Di dalam rangkaian kincir angin yang berputar selain terdapat bilangan Cp yang mempengaruhi sudu dalam menghasilkan daya, juga Coeffisien drag (Cd) dan Coeffisien Lift (Cl) yang mempengaruhi sudu dalam menghasilkan daya. Koffisien of drag (Cd) adalah koefisien dari daya tarik (drag). Cd pada dasarnya adalah kecenderungan suatu

bentuk memper-tahankan diri pada kondisi yang ada dari gaya geser atau gaya tekan yang timbul. Cd dapat dirumuskan :

$$\text{Drag} = C_d \times 0,5 \rho V^2 A$$

Semakin halus dan bundar suatu benda maka Cd akan semakin kecil. Koefisien Lift (Cl) adalah kemampuan bilah untuk berputar akibat adanya perbedaan tekanan fluida yang melewati permukaan atas bilah dan permukaan bawah bilah akibat pebedaan kecepatan alir. Gaya lift ini yang menjadikan bilah kincir berputar. Liftl dapat dirumuskan:

$$\text{Lift} = C_l \times 0,5 \rho V^2 A$$

### Debit Pompa

Persamaan kontinuitas menyatak hubungan antara kecepatan fluida yang masuk pada suatu pipa terhadap kecepatan fluida yang keluar. Hubungan tersebut dinyatakan dengan:

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Dimana:

A<sub>1</sub> = Luas penampang pipa 1 ( m )

A<sub>2</sub> = Luas penampang pipa 2 ( m<sup>2</sup> )

v<sub>1</sub> = Kecepatan fluida pada pipa 1 ( m/s )

v<sub>2</sub> = Kecepatan fluida pada pipa 2 ( m/s )

Debit adalah besaran yang menyatakan volume fluida yang mengalir tiap satuan waktu:

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

Dimana: Q = debit air ( m<sup>3</sup>/s )

V = volume air ( m<sup>3</sup> )

t = waktu ( s )

### Tip Speed Ratio

*Tip speed ratio* (rasio kecepatan ujung) adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. Untuk kecepatan angin nominal yang tertentu, *tip speed ratio* akan berpengaruh pada kecepatan putar rotor. Turbin angin tipe *lift* akan memiliki *tip speed ratio* yang relatif lebih besar dibandingkan dengan turbin angin tipe *drag*. *Tip speed ratio* dihitung dengan persamaan:

$$\lambda = \frac{\pi dn}{v60}$$

Dimana :

$\lambda$  = Tip Speed Ratio (TSR)

d = diameter rotor (m)

n = putaran rotor (rpm)

v = kecepatan angin (m/s)

## METODE PENELITIAN

Metode Penelitian mencakup ruang lingkup penelitian, lokasi dan waktu penelitian, variabel penelitian, instrumen penelitian, teknik pengambilan data, analisis data, jadwal penelitian dan diagram alur penelitian.

### Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini ada dua macam variabel, yaitu :

#### a. Variabel bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi su-atu gejala (*independent variable*). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kecepatan angin

#### b. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah sudut serang bilah, rpm dan debit pompa.

### Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Dalam penelitian ini data yang akan diambil berupa data kecepatan angin, sudut serang bilah, rpm, debit pompa, daya output dari angin, data tersebut akan diolah untuk mendapatkan Sudut serang bilah, Cp dan TSR Optimum.

### Prosedur Penelitian

- Pengumpulan data dan analisa sumber energi yang tersedia di lapangan.
- Rancangan pembuatan kincir dan penggunaan pompa reciprocating.
- Pembuatan kincir sesuai rancangan dan perbaikan. Alat yang digunakan untuk pembuatan kicir: gergaji besi,

mesin las, mesin gerinda, alat ukur panjang dan penggaris dan lain-lain.

#### d. Pengujian alat dan pengambilan data.

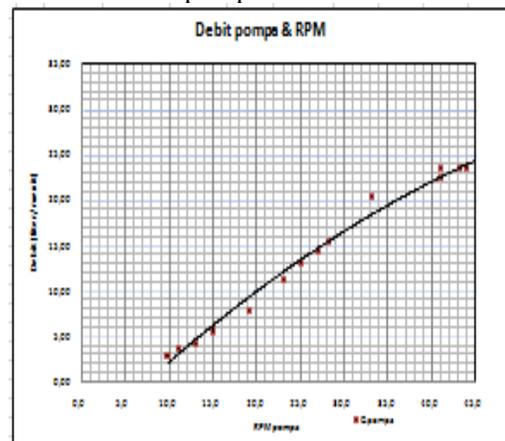
Alat yang digunakan saat uji coba: bejana air, gelas ukur, stop watch, busur, anemometer, thermometer, penggaris, kunci kombi-nasi dan jig pengukur sudut.

## Metode Analisis Data

Teknik analisis data yang menggunakan Statistik Deskriptif yaitu statistik yang berfungsi untuk mendeskripsikan atau memberikan gambaran terhadap obyek yang diteliti melalui data sampel atau populasi sebagaimana adanya, tanpa melakukan analisis dan membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Dalam penelitian ini data yang di dapat yaitu putaran poros turbin (rpm), kecepatan angin (m/s), temperatur lingkungan (c). Dimana data-data yang di dapatkan akan dihitung untuk mengetahui sudut serang optimum yang menghasilkan daya maksimal kincir angin untuk digunakan sebagai penggerak pompa reciprocating.

## ANALISIS DATA

Grafik debit pompa dan RPM

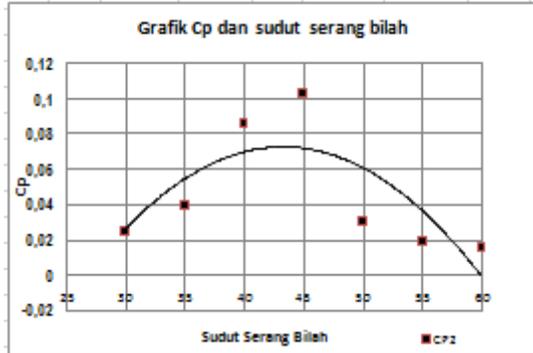


Gambar 1. Grafik hubungan debit pompa dan RPM

Dari gambar terlihat debit pompa naik seiring dengan kenaikan rpm pompa.

Grafik ini yang dijadikan referensi debit pompa berdasarkan RPM kincir.

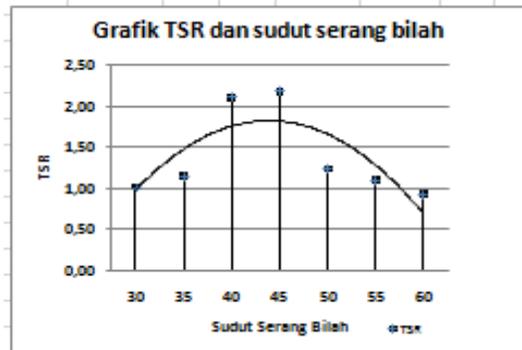
a. Grafik Sudut Serang Bilah dan Cp



Gambar 2. Grafik hubungan antara sudut serang bilah dan Coefficient Performance (Cp)

Dari gambar terlihat kenaikan sudut serang bilah diikuti oleh kenaikan Cp sampai sudut 43 derajat. Setelah melewati sudut serang 43 derajat Cp mengalami penurunan.

Grafik Sudut serang bilah dan TSR

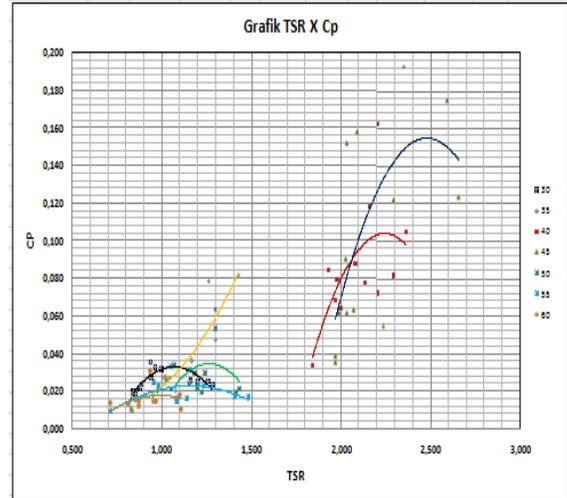


Gambar 3. Grafik hubungan antara sudut serang bilah ( $\alpha$ ) dan Tip Speed Ratio (TSR)

Dari gambar terlihat TSR mengalami kenaikan seiring dengan naiknya sudut serang sampai sudut serang 43 derajat. Setelah melewati sudut 43 derajat TSR berangsur menurun. Apabila turbin angin poros vertikal terkena angin dengan kecepatan 3m/s, maka daya pompa akan semakin meningkat dan apabila kecepatan

angin menurun maka daya pompa juga ikut menurun.

Grafik TSR dan Cp



Gambar d. Gambar Hubungan TSR dan Cp

Dari gambar tampak perbedaan yang mencolok antara CP, TSR dan sudut serang.

Cp akan mencapai optimal sampai nilainya 0.152 pada kondisi Sudut Serang 43 dan nilai TSR 2,5

**KESIMPULAN**

Berdasarkan dari hasil pengolahan data yang di ambil maka di simpulkan bahwa: Sudut serang optimum kincir angin enam bilah datar sumbu horizontal sebagai penggerak pompa adalah 43 derajat, TSR 2,5 dan Cp yang dapat dihasilkan 0,152.

Kincir mulai beroperasi pada kecepatan angin 1,4 m/dt. Debit air yang dihasilkan berdasarkan hasil uji coba adalah 19,20 liter / menit. Putaran poros kincir terbesar yang diperoleh 35,3 RPM. Nilai TSR maksimum yang dicapai 2,593 di capai pada kondisi sudut serang bilah 43 derajat.

Peneliti yakin, masih banyak kekurangan dari penelitian ini yang masih bisa disempurnakan untuk perbaikan dan penerapan dilapangan. Beberapa saran

yang dapat penulis sampaikan sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian sejenis.

1. Rangka kincir bisa dibuat menggunakan bahan yang lebih ringan sehingga memudahkan dalam pemasangan dan perawatan.
2. Untuk mengurangi getaran dan menambah umur pakai turbin angin bisa dibuat lebih presisi.
3. TSR bisa dinaikan dengan cara mengurangi jumlah bilah pada kincir angin.
4. Tiang penompang turbin dibuat dengan model teleskopik sehingga mudah dalam pemasangan.
5. Pompa menggunakan bahan yang tahan korosi dan mempunyai tingkat presisi yang tinggi untuk meningkatkan efisiensi pompa.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Astu Pudjanarsa (2008) dan Djati Nursuhud (2008), "*Mesin Konversi Energi*". Andi Yogyakarta, Yogyakarta, 2008.
- Fauzi, Mahdi Syukri & Hamdani. (2012), " Pengukuran Performansi Turbin Angin Hummer 10 Kw Pada Pembangkit Listrik Hibrid Bayu-Diesel Di Pidie Jaya". Darusalam. Banda Aceh
- Dakso Sriyono, (trans), Ing.Fritz Dietzel, 1980, "*Kincir Pompa dan Kompresor*", Erlangga, Jakarta.
- Dandhi Harahap, (trans), Joseph Edward Shigley Professor Emeritus dan Larry D. Mitchell Professor of Mechanical Engineering, 1995, "*Perencanaan Teknik Mesin*", Edisi keempat jilid dua, Erlangga , Jakarta.
- Markus Nanda Andika. *Kincir Angin Sumbu Horisontal Bersudu Banyak*, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan
- Teknologi, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, 2007
- Nurchayati, I Kade Wiratama, Karakteristik Kincir Angin Tipe Wind Mill berbahan Fiber Metal Laminate (FML) Pada Variasi Kecepatan Angin dan Sudut Kemiringan Blade, 2009, Volume 10, Edisi Juni 2009.
- Nakajima & Ikeda (2008), "Energi yang tidak bisa terbaharukan" Jakarta.
- Soeripno MS. (2009), "Sistem Konversi Energi Angin Menjadi Energi Mekanik dan Listrik". Lapan, Bogor.
- Sularso, (trans), Haruo Tahara, 2004, "*Pompa dan Kompresor*", cetakan kedelapan, PT Pradnya Paramita, Jakarta.