

# Perancangan distilator air laut berbasis *horizontal-axis wind turbine* (HAWT) dengan 3 sudu

M A Zaim<sup>1, a</sup>, R N Fadillah<sup>2, b</sup> dan D Fadilla<sup>3, c</sup>

<sup>1</sup>Graha Tanjungan Asri, Kec. Driyorejo, Kab. Gresik

<sup>2</sup>Ds. Lebani Waras RT.07 RW.04, Kec. Wringinanom, Kab. Gresik

<sup>3</sup>Ds. Kemangsen RT.10 RW.04, Kec. Balongbendo, Kab. Sidoarjo

<sup>a</sup>alwanun@gmail.com, <sup>b</sup>rizkike.28@gmail.com, <sup>c</sup>fadiladian000@gmail.com

**Abstrak.** Indonesia merupakan negara kepulauan dengan luas daerah perairan yang lebih besar dibandingkan dengan luas daerah daratannya. Hal ini menyebabkan mata pencaharian masyarakat Indonesia sebagian besar adalah nelayan. Keberadaan nelayan yang menjalani rutinitas hampir setiap waktu berada di laut mengakibatkan air tawar sebagai kebutuhan hidup menjadi terbatas di atas perahu. Energi angin merupakan salah satu energi alternatif di laut yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan guna menggantikan sumber energi berbahan bakar fosil. Penelitian ini fokus pada perancangan distilator berbasis energi angin yang dapat membantu mengolah air laut menjadi air tawar siap konsumsi dalam memenuhi kebutuhan air tawar nelayan. Dalam perancangan ini dihasilkan distilator elektrik 12 Volt DC yang sumber listriknya disuplai dari generator melalui aki. Adapun turbin angin yang dirancang berjenis HAWT berdiameter rotor 90 cm dengan putaran poros sebesar 536 RPM. Untuk bentuk blade bertipe Clark-Y *airfoil flat bottom* dengan *tip speed ratio* ( $\lambda$ ) yang dipilih adalah 6 untuk 3 sudu dengan efisiensi rotor turbin ( $\mu_{\text{turbin}}$ ) yang diharapkan sebesar 55%.

## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan luas daerah perairan yang lebih besar dibandingkan dengan luas daerah daratannya. Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan jumlah pulau 18.306 dan garis pantai terpanjang nomor empat di dunia, yaitu sepanjang 95.181 km. Populasi penduduk Indonesia yang tinggal di pesisir mencapai 161 juta jiwa atau 60% dari 250 juta penduduk Indonesia, sehingga banyak penduduk Indonesia yang tinggal di daerah pesisir pantai.

Laut memiliki potensi angin yang dapat dimanfaatkan sebagai energi terbarukan yang dikonversi menjadi energi termal melalui proses distilasi. Proses distilasi yaitu proses mengubah air laut menjadi air tawar. Proses distilasi ini menghilangkan kandungan garam pada air laut sehingga air menjadi tawar dan dapat dikonsumsi. Dalam hal ini, proses distilasi memanfaatkan potensi kecepatan angin di laut yang dapat dikonversi menjadi energi listrik, sehingga dapat mengatasi keterbatasan persediaan air tawar saat melaut.

Kebutuhan air sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia, sehingga penyediaan air baik dari segi kuantitas maupun dari kualitas mutlak diupayakan ditengah-tengah kehidupan manusia baik secara individu maupun kelompok. Dari kualitasnya air dapat memenuhi kriteria atau standar minum.

Kualitas air minum perlu diperhatikan sebelum dikonsumsi, sebab air yang tidak bersih atau kualitas rendah dapat merugikan kesehatan manusia.

Laut memiliki potensi angin yang dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan sebagai pengganti sumber energi berbahan bakar fosil. Energi angin dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik melalui turbin angin. Energi listrik ini dapat dikonversi menjadi energi termal untuk mengatasi keterbatasan air tawar saat melaut melalui proses distilasi. Dalam hal ini, sistem distilasi memanfaatkan konduktor yang dipanaskan melalui tenaga listrik. Proses distilasi menghilangkan kandungan garam pada air laut sehingga air menjadi tawar melalui proses penguapan. Oleh karena itu, perlu dimanfaatkan energi angin melalui turbin angin sebagai sumber energi listrik untuk proses distilasi. Sehingga keterbatasan persediaan air tawar nelayan saat melaut dapat teratasi

## 2. Kajian Pustaka

### 2.1. Energi Angin

Angin merupakan udara yang bergerak disebabkan adanya perbedaan tekanan udara. Udara akan mengalir dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan lebih rendah. Perbedaan tekanan udara disebabkan oleh perbedaan suhu udara akibat pemanasan atmosfer yang tidak merata oleh sinar matahari. Daerah yang banyak terkena paparan sinar matahari akan memiliki temperatur yang lebih tinggi daripada daerah yang sedikit terkena paparan sinar matahari.

Menurut hukum gas ideal, temperatur berbanding terbalik dengan tekanan, dimana temperatur yang tinggi akan memiliki tekanan yang rendah, sedangkan temperatur yang rendah akan memiliki tekanan yang tinggi. Energi angin merupakan energi terbarukan yang sangat fleksibel. Energi angin dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan misalnya pemompaan air untuk irigasi, pembangkitan listrik, pengeringan atau pencacah hasil panen, pendingin ikan pada perahu-perahu nelayan dan lain-lain.

Selain itu, pemanfaatan energi angin dapat dilakukan di mana-mana, baik di daerah landai maupun dataran tinggi, bahkan dapat diterapkan di laut. Pemanfaatan energi angin selain dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, diharapkan juga dapat meningkatkan produktifitas nelayan. Walaupun pemanfaatan energi angin dapat dilakukan dimana saja, daerah-daerah yang memiliki potensi energi angin ini lebih kompetitif dibandingkan dengan energi alternatif lainnya.

Menurut Willet yang juga dikutip oleh Putman, energi angin dapat memberikan daya sebesar  $2.10^{13}$  Watt. Tenaga total angin sama dengan laju energi kinetik aliran yang datang,  $KE_i$

$$P_{tot} = m K E_i = m \frac{V_i^2}{2g_c} \quad (1)$$

dimana:  $P_{tot}$  = daya total (Watt)  
 $m$  = laju aliran massa (kg/s)  
 $V_i$  = kecepatan aliran (m/s)  
 $g_c$  = faktor konversi ( $1,9 \text{ kg N.s}^2$ )

Laju aliran massa diberikan oleh persamaan kontinuitas berikut :

$$M = \rho A V_i \quad (2)$$

$P$  = massa jenis angin ( $\text{kg/m}^3$ )  
 $A$  = luas penampang aliran melintang ( $\text{m}^2$ )

$$\text{sehingga, } P_{tot} = \frac{1}{2} g_c \rho A V_i^3 \quad (3)$$

### 2.2. Teori Momentum Elementer Betz

Menurut Betz, seorang insinyur Jerman, besarnya energi yang maksimum dapat diserap dari angin adalah hanya 0.59259 dari energi yang tersedia. Sedangkan hal tersebut juga dapat dicapai dengan daun turbin yang dirancang dengan sangat baik serta dengan kecepatan keliling daun pada puncak

daun sebesar 6 kali kecepatan angin. Walaupun teori elementer Betz telah mengalami penyederhanaan, namun teori ini cukup baik untuk menjelaskan bagaimana energi angin dapat dikonversikan menjadi bentuk energi lainnya. Besarnya efisiensi teoritis atau maksimum dari turbin angin  $C_p$  adalah :

$$C_p = \frac{16}{27} = 0,593 \quad (4)$$

Dengan kata lain, turbin angin dapat mengkonversikan tidak lebih dari 60% tenaga total angin menjadi tenaga berguna. Betz adalah orang pertama yang menemukan nilai ini, untuk itu nilai ini disebut juga dengan Betz factor.

### 2.3. Turbin Angin

Turbin angin merupakan alat yang berfungsi untuk mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik maupun energi listrik. Secara umum, turbin angin dibedakan berdasarkan sumbu putarnya. Adapun 2 jenis turbin angin dapat dikelompokkan sebagai berikut :

#### 1. *Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT)

Turbin angin sumbu horizontal ialah jenis turbin angin yang paling banyak digunakan. Turbin ini terdiri dari sebuah menara yang di puncaknya terdapat rangka dan sudu yang berfungsi sebagai rotor yang menghadap atau membelakangi arah angin. Mukund R. Patel menambahkan, keluaran daya dari turbin angin bervariasi linear dengan daerah yang melewati rotor *blade*. Untuk turbin sumbu horisontal, daerah yang melewati rotor *blade*, yaitu :

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 \quad (5)$$

#### 2. *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT)

Turbin angin sumbu vertikal merupakan turbin angin yang sumbu rotasinya tegak lurus terhadap permukaan tanah. Turbin angin sumbu vertikal dapat bergerak dengan kecepatan angin yang rendah. Jika dilihat dari prinsip aerodinamik rotor yang digunakan, turbin angin sumbu vertikal memiliki tipe Darrieus dan Savonius.

Setiap jenis turbin angin memiliki ukuran dan efisiensi yang berbeda. Untuk memilih jenis turbin angin yang tepat untuk suatu kegunaan diperlukan tidak hanya sekedar pengetahuan tetapi juga pengalaman.

### 2.4. Teknologi desalinasi

Dua tipe teknologi distilasi dapat diklasifikasi melalui perubahan termal dan membran. Dari kedua tipe ini terdapat sub kategori yang menggunakan teknik berbeda.

#### 1. Distilasi Termal

Proses distilasi ini meniru siklus air alami. Misalnya larutan garam dipanaskan dan menghasilkan uap air, kemudian air dikondensasikan menjadi air tawar. Proses yang termasuk tipe ini adalah MSF (*Multi-stage Flash*), MED (*Multi-effect Distillation*) dan VC (*Vapor Compression*). Saat ini 25% sistem distilasi dunia berbasis MSF. Seluruh proses ini membutuhkan energi termal atau mekanis untuk menguapkan air. Keunggulan dari teknologi ini adalah biaya yang relatif lebih murah.

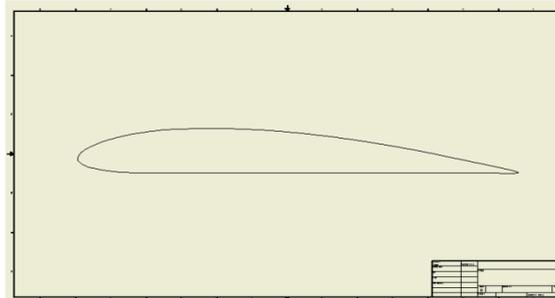
#### 2. Distilasi Membran

Teknologi distilasi membran atau penyaring dapat bekerja secara selektif melewatkan atau merejeksi ion tertentu. Teknologi ini seperti proses alamiah ketika membran memainkan peranan penting dalam memisahkan garam dalam proses dialisis dan osmosis. Prinsip alami ini telah diadaptasi menjadi tipe *electrodialysis* (ED) dan *reverse osmosis* (RO).

## 3. Metode

Tahap awal perancangan adalah menentukan kecepatan angin saat melaut dan suhu udara sekitar. Setelah mendapat nilai kecepatan angin dan suhu udara, kemudian menentukan jenis kincir dan tipe *blade* yang sesuai. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi perancangan turbin angin

poros horizontal atau *Horizontal Axis Wind Turbine* dengan 3 sudu bertipe Clark-Y dengan permukaan bawah *air foil* berbentuk datar (*flat bottom*).



**Gambar 1.** Bentuk Airfoil Clark Y *flat bottom*.

Selanjutnya perancangan distilator elektrik daya rendah bertegangan 12 Volt DC sehingga tidak membutuhkan banyak konsumsi daya listrik. Adapun data primer yang pertama yaitu kecepatan angin diperoleh dengan metode pengukuran dengan teknik mengukur langsung (*direct measure*) dengan meletakkan anemometer terhadap arah datangnya angin. Data primer yang kedua adalah suhu. Alat yang digunakan untuk mengukur suhu adalah termometer. Teknik pengukuran yang dilakukan dengan melihat langsung skala termometer saat berada di lokasi.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Perancangan kincir angin pada tahap awal dimulai dengan penentuan jenis blade yang digunakan, perhitungan roda gigi dan pemilihan kapasitas generator yang digunakan. Parameter yang diperlukan untuk merancang turbin angin adalah sebagai berikut :

- Kecepatan angin : 5 m/s
- Suhu udara sekitar : 30°C
- Daya rencana : 48 Watt
- Jenis Sudu : *Airfoil Clark Y flat bottom*
- Tebal Sudu : 2,6 mm

##### 4.1. Perhitungan diameter rotor

Rotor merupakan elemen utama pada turbin angin, karena berfungsi sebagai penggerak utama dalam menangkap angin. Adapun daya total dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{tot} = \frac{1}{2} \rho A V_i^3 \tag{6}$$

**Tabel 1.** Interpolasi antara suhu dan massa jenis udara.

| Suhu (K) | $\rho$ (kgm <sup>-3</sup> ) |
|----------|-----------------------------|
| 300      | 1,1774                      |
| 303      | 1,1514                      |
| 350      | 0,9980                      |

Dalam perhitungan ini suhu udara saat observasi sebesar 30°C, sehingga :

$$48 = \frac{1}{2} \times 1,1514 \times A \times 5^3$$

$$A = 0,67 \text{ m}^2 \qquad d = 0,46 \text{ m}$$

Diameter rotor turbin sebesar 0,46 meter.

4.2. Perhitungan tenaga maksimum

$$P_{maks} = \frac{8}{27} \rho A V_i^3$$

$$P_{maks} = \frac{8}{27} \times 1,1514 \times 0,675^3$$

$$P_{maks} = 28,57 \text{ Watt}$$

4.3. Perhitungan efisiensi teoritis rotor

$$\mu_{turbin} = \frac{P_{maks}}{P_{tot}}$$

$$\mu_{turbin} = \frac{28,75}{48,00} = 0,59$$

Dapat diartikan bahwa turbin angin hanya dapat mengkonversi tenaga angin tidak lebih dari 59% dari tenaga total angin menjadi tenaga berguna.

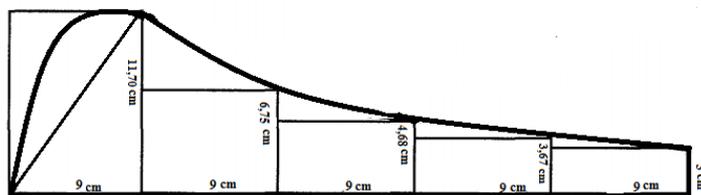
4.4. Perancangan Blade

Pemilihan nilai *tip speed ratio* bertujuan untuk menentukan jumlah *blade* dan panjang tiap chord. Berikut tabel data :

**Tabel 2.** Panjang *chord* berdasarkan persentase diameter.

| Tip Speed Ratio | 4    | 6    | 8    | 10  |
|-----------------|------|------|------|-----|
| Jumlah Sudu     | 3    | 3    | 2    | 2   |
| Station         |      |      |      |     |
| 1               | 21,4 | 12,3 | 11,6 | 7,8 |
| 2               | 15,4 | 7,5  | 6,5  | 6,2 |
| 3               | 11,2 | 5,2  | 4,4  | 2,9 |
| 4               | 8,7  | 4,0  | 3,4  | 2,2 |
| 5               | 7,1  | 3,2  | 2,7  | 1,7 |

Berdasarkan nilai *tip speed ratio* yang dipilih yaitu 6, maka diperoleh panjang *blade* untuk tiap *chord* sebagai berikut :



**Gambar 2.** Panjang *blade* untuk tiap *chord*.



**Gambar 3.** Desain turbin angin 3 sudu.

#### 4.5. Perhitungan putaran yang dihasilkan turbin

Besarnya RPM rotor dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu: kecepatan angin dan diameter. Dengan demikian kenaikan kecepatan angin akan menaikkan RPM.

$$RPM = 60 \frac{\lambda V}{\pi d}$$

$$RPM = 60 \frac{6 \times 5}{3,14 \times 0,90}$$

$$RPM = 637 \text{ rpm}$$

#### 4.6. Perancangan Ekor Turbin

Pada proses perancangan ekor turbin ini, berdasarkan pada ukuran luas rotor turbin. Fungsi dari ekor yaitu sebagai pengarah aliran angin agar *blade* dapat bergerak secara efektif menyesuaikan arah angin. Adapun luas dari ekor turbin, yaitu :

$$L_{ekor} = 2 \times L_{rotor}$$

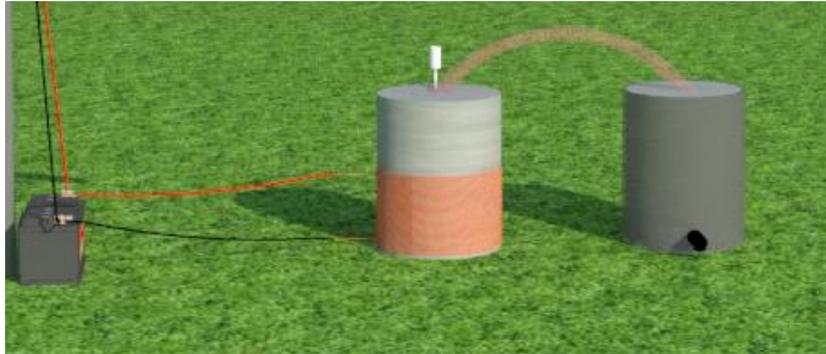
$$= 2 \times 0,67$$

$$= 1,34 \text{ m}^2$$

Jadi, luas ekor turbin sebesar 1,34 m<sup>2</sup>

#### 4.7. Perancangan Sistem Distilasi

Proses konversi energi listrik menjadi termal dilakukan dengan cara melilitkan kawat tembaga *hellenic* 0,4 mm di tabung yang terbuat dari bahan *stainless* dengan tebal 0,9 mm dan dilapisi *Electro-Isolier system* pada lilitannya. Dimensi tabung yang digunakan berdiameter 7,31 cm dengan tinggi 7,88 cm dengan jumlah lilitan disesuaikan dengan luas selimut tabung. Untuk sumber listrik digunakan Aki 12 Volt 6 Ah yang proses pengisiannya disuplai dari generator. Hasil uap air murni ditangkap dan dikondensasi secara alami menggunakan selang karet tahan panas yang kemudian mengembun dan ditampung di wadah penampungan menjadi air tawar.



**Gambar 4.** Desain distilator elektrik 12 Volt DC.

## 5. Kesimpulan

Dalam perancangan ini dihasilkan distilator elektrik 12 Volt DC yang sumber listriknya disuplai dari generator melalui aki. Adapun turbin angin yang dirancang berjenis HAWT berdiameter rotor 90 cm dengan putaran poros sebesar 536 RPM. Untuk bentuk *blade* bertipe Clark-Y *airfoil flat bottom* dengan *tip speed ratio* ( $\lambda$ ) yang dipilih adalah 6 untuk 3 sudu dengan efisiensi rotor turbin ( $\mu_{\text{turbin}}$ ) yang diharapkan sebesar 55%.

## Referensi

- [1] Anonim 2003 *Building Your Own Wind Turbine* Hugh Piggott Centre for Alternative Technology (British)
- [2] Hau E 2000 *Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics* (Berlin, Germany: Springer)
- [3] Jansen W A M 1986 *Rotor Design for Horizontal Axis Windmills* (Amersfoort: Consultasy Services Wind Developing Countries)
- [4] Mahida U B 1986 *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri* (CV Rajawali: Jakarta)