

SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OMBAK LATERAL DAN TENAGA ANGIN PUTARAN RENDAH

Soebyakto, Ahmad Farid
Dosen Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal
soebyakto@yahoo.com, farield_s@yahoo.com

Abstrak

Sistem pembangkit listrik tenaga ombak lateral dan tenaga angin putaran rendah dibagi dalam dua tahap. Tahap pertama perancangan sistem PLTOBA (Pembangkit Listrik Tenaga Ombak dan Bayu/angin), pembuatan *prototype* dan uji-coba *prototype* tersebut di daerah pantai. Tahap kedua, Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Lateral dan Tenaga Angin Putaran Rendah, diupayakan menghasilkan listrik dengan studi kasus di Pantai Kota Tegal dan dicari segi ekonominya.

Metode dalam penelitian ini adalah pendekatan secara teoritis dan eksperimental. Secara teoritis untuk mendapatkan parameter-parameter utama dalam sistem pembangkit tenaga ombak dan tenaga angin. Pendekatan secara eksperimental dilakukan dengan pembuatan *prototype* dan pengujian sistem pembangkit tersebut.

Dalam penelitian ini didapat kecepatan ombak lateral rata-rata, $v = 0,3$ m/s dan daya ombak lateral rata-rata, $P = 17,08$ Watt. Kecepatan angin rata-rata dengan menggunakan turbin Savonius, $v = 1,48$ m/s.

Dengan pemanfaatan hasil penelitian ini, sistem pembangkit tenaga ombak lateral dan tenaga angin daerah pantai, dapat dikembangkan menjadi pembangkit listrik tenaga ombak dengan memperhatikan daya angin pantai.

Kata kunci : Ombak, Angin, Turbin, listrik.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembangan sistem pembangkit listrik tenaga ombak lateral dan tenaga angin putaran rendah, berorientasi pada produk Pembangkit Listrik Tenaga Ombak – Bayu (PLTOBA). Untuk mewjutkan penelitian ini dilakukan penelitian tenaga ombak arah gerak horizontal dan tenaga angin. Hal ini dilakukan karena pengaruh gerak horizontal dan gerak angin menyebabkan gerak vertikal ombak tidak stabil. Oleh karena tenaga ombak sebagian besar disebabkan oleh tenaga angin yang bertiup di atasnya, maka perlu dikembangkan sistem pembangkit listrik tenaga ombak lateral (horizontal) dan tenaga angin dengan turbin savonius.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalahnya adalah bagaimana data kecepatan, frekuensi ombak dapat diolah untuk mendapatkan daya ombak di daerah pantai Kota Tegal ?. Perumusan berikutnya alat pembangkit ombak yang bagaimana yang dapat digerakkan berdasarkan data ombak yang ada ? Oleh karena ombak sebagian besar dipengaruhi oleh angin, kita perlu data kecepatan angin pantai untuk memperkirakan berapa daya yang ditimbulkan oleh angin tersebut.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan sistem pembangkit listrik tenaga ombak lateral dengan penggunaan jenis turbin horizontal *axis* dan tenaga angin dengan jenis turbin vertikal *axis* putaran rendah yang mampu menghasilkan daya listrik.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bagi lembaga penelitian UPS Tegal bermanfaat untuk mengembangkan alat pembangkit listrik tenaga ombak dan tenaga angin di daerah pantai, yang dapat menghasilkan listrik. Manfaat berikutnya, penelitian ini dapat memberikan gambaran terapan ilmu

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daya Ombak

Daya yang terkandung dalam ombak juga dirumuskan oleh K. Hulls dalam bentuk sebagai berikut:

$$P = \frac{bgTH^2}{64\pi}$$

dimana P adalah daya, b adalah berat jenis air laut, g adalah percepatan gravitasi, T adalah periode gelombang, dan H adalah tinggi ombak rata-rata.

Berdasarkan teori gelombang linear, densitas energi rata-rata persatuan luas dan gravitasi ombak di permukaan air proporsional terhadap luasan tinggi ombak, dinyatakan :

$$E = \frac{1}{16} \rho g H_{m0}^2$$

Dimana E = densitas energi ombak rata-rata per luasan horisontal (J/m²), Jumlah densitas energi kinetik dan potensial per luasan horisontal. Disaat ombak bergerak menyebar, maka energi terangkut dengan kecepatan grup (*velocitygroup*) yang menghasilkan Fluks Energi Ombak melalui bidang lebar vertikal yang tegak lurus dengan arah menyebarnya ombak, dan dinyatakan :

$$P = E c_g$$

Dimana c_g = kecepatan grup (m/s)

2.2 Daya Angin

Angin adalah salah satu bentuk energi yang tersedia di alam, Pembangkit Listrik Tenaga Angin mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Cara kerjanya cukup sederhana, energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibagian belakang

pengetahuan konversi energi, bagaimana listrik tenaga ombak dan tenaga angin dapat diperoleh. Hasil penelitian tersebut dapat dimanfaatkan oleh masyarakat pada umumnya, khususnya daerah pesisir pantai, serta pengurangan ketergantungan terhadap import rancangan sistem.

turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi Listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan.

Perhitungan daya yang dapat dihasilkan oleh sebuah turbin angin dengan diameter kipas R adalah :

$$P = \frac{1}{2} \rho \pi R^2 v^3$$

Dimana ρ adalah kerapatan angin pada waktu tertentu dan v adalah kecepatan angin pada waktu tertentu. Umumnya daya efektif yang dapat dipanen oleh sebuah turbin angin hanya sebesar 20%-30%. Jadi rumus diatas dapat dikalikan dengan 0,2 atau 0,3 untuk mendapatkan hasil yang cukup eksak. Prinsip dasar kerja dari turbin angin adalah mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator, yang akhirnya akan menghasilkan listrik. Sebenarnya prosesnya tidak semudah itu, karena terdapat berbagai macam sub-sistem yang dapat meningkatkan safety dan efisiensi dari turbin angin

Sistem pembangkit listrik tenaga angin yang akan akan dikembangkan, antara lain :

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

Dimana,

P = Daya yang dihasilkan

C_p = Koefisien daya = 0,49

ρ = Massa jenis udara = 1,225 kg/m³

A = Luas Sapuan Rotor (m²)
 = $\frac{1}{4} \pi \cdot D^2$

D = Diameter rotasi (m)

V = Kecepatan angin nominal (m/s)

III. METODE PENELITIAN

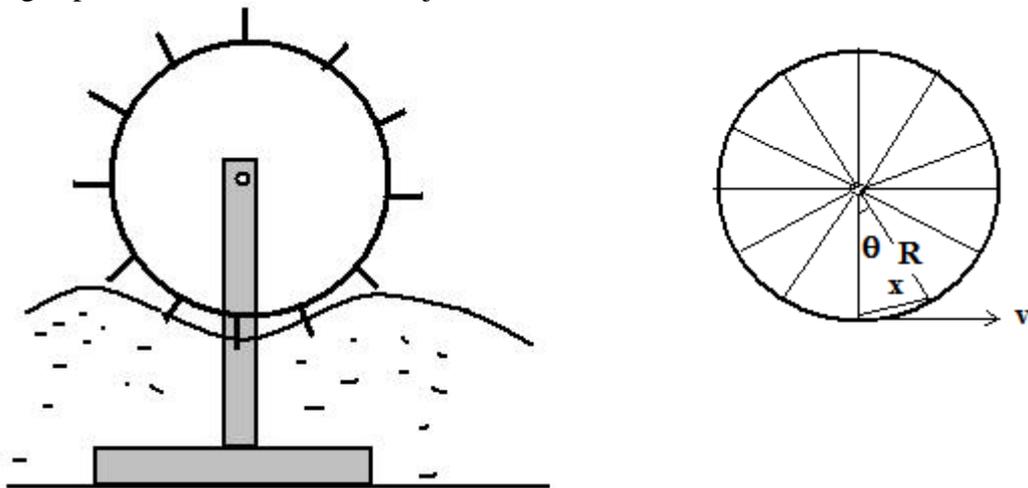
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian untuk mendapatkan alat pembangkit listrik tenaga ombak (PLTO) dan tenaga angin dilaksanakan di Slawi, Kabupaten Tegal. Waktu penelitian alat pembangkit listrik tenaga ombak (PLTO) dan angin pada sore hari antara jam

16.00 – 17.30 WIB pada hari Jum’at, 1 Maret 2013. Penelitian ini untuk mendapatkan data ombak arah horizontal dan data angin di pantai Kota Tegal.

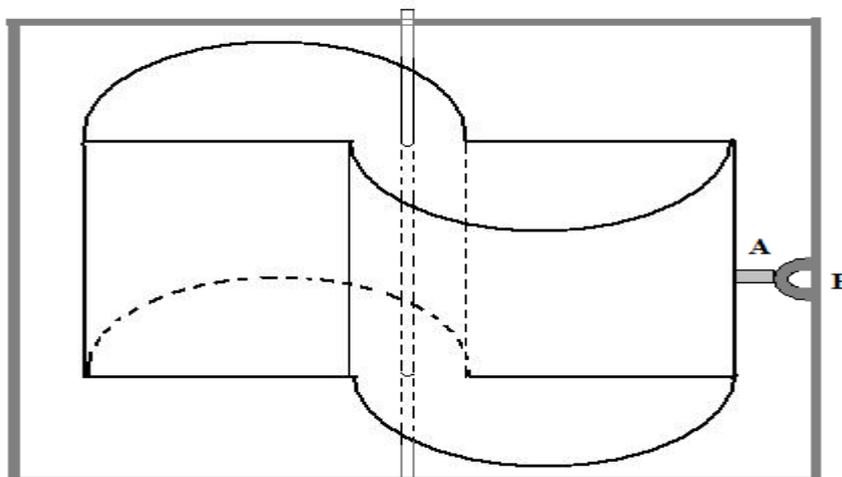
3.1 Pengambilan Data

(1) Cara Pengambilan Data Ombak Arah Horizontal



Gambar 3.1 Roda Lingkaran dibagi 12 sudu

- (1) Ombak datang menggerakkan sudu.
 - (2) Banyaknya gerak bolak-balik salah satu sudu, beserta lamanya gerak bolak-balik tersebut dicatat.
 - (3) Frekuensi ombak dihitung berdasarkan banyaknya ombak yang menggerakkan salah satu sudu roda tersebut sampai sudut tertentu per satuan waktu.
 - (4) Kecepatan ombak arah horizontal, dihitung berdasarkan kecepatan sudut kali jarak tempuh salah satu sudu bergerak.
- (2) **Cara Pengambilan Data Angin**
 Alat yang menjadi prototype pada penelitian ini adalah sistem pembangkit listrik tenaga angin (sumbu vertikal) tipe Savonius :



Gambar 3.2 Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Tipe Savonius sumbu vertikal

- (1) Angin memutar turbin Savonius.
- (2) Pada turbin Savonius dibuat ada persentuhan A yang berbergerak karena terpaan angin dan B tidak bergerak menempel pada tiang penumpu.
- (3) Angin memutar turbin savonius, banyaknya persentuhan A dengan B dan lamanya persentuhan tersebut dicatat.
- (4) Frekuensi angin bertiup, dapat diperoleh berdasarkan banyaknya perputaran turbin savonius, persentuhan A dan B per satuan waktu lamanya persentuhan tersebut.
- (5) Kecepatan angin pada turbin Savonius, dihitung berdasarkan kecepatan berputar (kecepatan sudut) kali jari-jari turbin Savonius.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian ombak diperoleh dengan cara pengukuran langsung di Pantai Alam Indah Kota Tegal, di sekitar pemecah gelombang. Data didapat secara bertahap, meliputi banyaknya ombak yang datang dan lamanya waktu ombak datang menggerakkan sudu turbin. Data kecepatan angin diperoleh hasil perhitungan dengan menentukan frekuensi dan jari-jari putaran turbin angin Savonius.

3.3 Pengolahan Data

(1) Pengolahan Data Ombak

Pengambilan sample data dari banyak data atau beberapa data parameter yang diperoleh dari perairan laut, diolah menggunakan metode regresi linier untuk mendapatkan satu data contoh (*sample*) ombak. Dengan menggunakan persamaan

$$f = \frac{n}{t}$$

n = banyaknya ombak
 t = lamanya ombak mengenai tiang pancang (s)

f = frekuensi ombak (Hz)

Merubah satuan *Hertz (Hz)* menjadi *Rotation Per Menitues (RPM)* :

$$1 \text{ detik} = \frac{1}{60} \text{ menit}$$

$$f = \frac{n}{t} \times 60 \text{ rpm}$$

Menentukan kecepatan ombak horizontal:

$$v = 2\pi f x$$

$$x = R \cdot \sin \theta$$

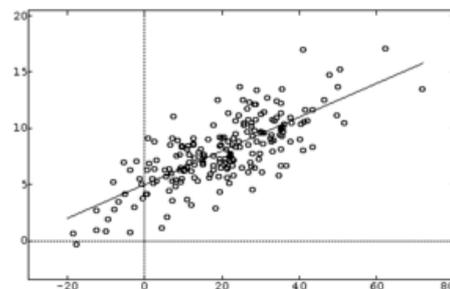
f = frekuensi ombak (Hz)

x = Jarak tempuh sudu (m)

R = Jari-jari roda (m)

$$f = \frac{n}{t} \rightarrow n = f \cdot t$$

$$y = m \cdot x \rightarrow y = n ; m = f ; x = t$$



Gambar 3.3

Sebaran data pada regresi linear

Koefisien korelasi diperoleh dari persamaan

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}$$

(2) Pengolahan Data Angin

Data kecepatan angin diperoleh dari persamaan :

$$v = \omega \cdot R$$

$$v = 2\pi \cdot f \cdot R$$

Dimana :

v = kecepatan angin (m/s)

f = frekuensi angin (Hz)

R = jari-jari sapuan baling-baling (m)

$$f = \frac{n}{t}$$

n = banyaknya putaran

t = lamanya berputar (s)

IV. HASIL PENELITIAN

4.1 Daya Ombak Lateral (Horizontal)

Daya ombak lateral (horizontal) yang diukur sebenarnya adalah setengah kali massa air laut per meter kubik kali kuadrat kecepatan linier atau kecepatan tangensial pada sudu roda turbin ombak per satuan waktu. Akan tetapi karena turbin ombak lateral yang digunakan berbentuk lingkaran yang dibagi dengan 12 sudu yang dapat berputar, maka kecepatan linier atau kecepatan garis singgungnya adalah kecepatan sudut/angular kali simpangan gerak bolak-balik dari salah satu sudu.

$$\rho = \frac{M}{V}$$

$$M = \rho \cdot V$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\Delta E}{t} = \frac{1/2 \cdot M \cdot v^2}{t}$$

$$\rho = \text{massa jenis air laut} = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$M = \text{massa air laut per m}^3$$

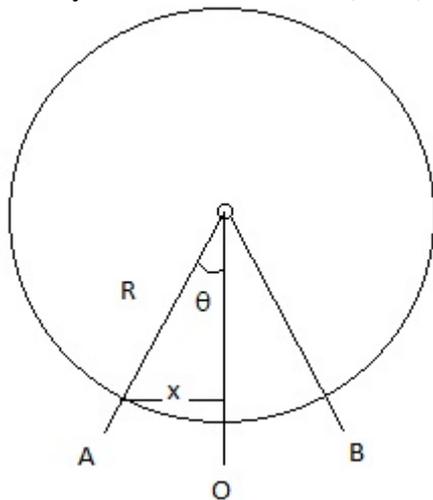
$$V = \text{volume air laut (m}^3\text{)}$$

$$v = \text{kecepatan linier/tangensial (m/s)}$$

$$t = \text{waktu penjarangan gelombang yang dapat menggerakkan salah satu sudu (s)}$$

$$\Delta E = \text{perubahan energy kinetik (J)}$$

$$P = \text{daya ombak horizontal (Watt)}$$



Gambar 4.1

Gerak bolak-balik salah satu sudu

1 getaran = A – O – B – O – A

x = simpangan getaran

Dalam penelitian ini ada 12 sudu, sehingga sudut simpangan

$$\theta = \frac{360}{12} = 30^\circ$$

$$f = \frac{n}{t}$$

f = frekuensi getaran sudu (Hz)

n = banyaknya getaran

t = lamanya getaran sudu (s)

Kecepatan linier / kecepatan tangensial / kecepatan garis singgung adalah

$$v = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot x$$

$$E = \frac{1}{16} \rho g H^2$$

$$P = E \cdot v$$

E = densitas energi ombak rata-rata per luasan horisontal (J/m),

H = tinggi ombak rata-rata (m)

ρ = massa jenis air laut = 1025 kg/m³

g = percepatan gravitasi bumi = 9,81 m/s².

P = daya ombak (Watt)

Tabel 4.1 Data Ombak Lateral

NO.	n	t (detik)	f (Hz)	x (m)	v (m/s)	P (Watt)
1	6	32,63	0,18	0,15243	0,18	9,96
2	10	22,22	0,45	0,15243	0,43	24,37
3	10	32,28	0,31	0,15243	0,30	16,77
4	10	27,94	0,36	0,15243	0,34	19,38
5	8	21,44	0,37	0,15243	0,36	20,20
6	13	42,35	0,31	0,15243	0,29	16,62
7	14	42,9	0,33	0,15243	0,31	17,67
8	10	31,78	0,31	0,15243	0,30	17,04
9	11	38,53	0,29	0,15243	0,27	15,46
10	10	40,65	0,25	0,15243	0,24	13,32



Gambar 4.2 Alat pengambil data ombak gerak horizontal

Berdasarkan penggunaan alat gambar 4.2, diperoleh data seperti pada table 4.1. Dari table ini diperoleh data kecepatan ombak lateral/horizontal rata-rata, $v = 0,3 \text{ m/s}$ dan daya ombak lateral rata-rata, $P = 17,08 \text{ Watt}$.

4.2 Daya Angin

Daya angin pantai Kota Tegal, diperoleh dengan turbin Savonius dengan jari-jari putaran, $R = 12 \text{ cm}$ pada ketinggian, $h = 2,5 \text{ m}$.

Tabel 4.2 Data Angin Pantai Kota Tegal

NO.	n	t (detik)	f (Hz)	R (cm)	v (m/s)	P (Watt)
1	10	4,46	2,24	12	1,69	0,13
2	20	8,91	2,24	12	1,69	0,13
3	30	13,75	2,18	12	1,64	0,12
4	30	15,28	1,96	12	1,48	0,09
5	15	9,47	1,58	12	1,19	0,05
6	10	6,38	1,57	12	1,18	0,05



Gambar 4.3 Turbin angin Savonius

Kecepatan angin rata-rata dihitung berdasarkan turbin Savonius, gambar 4.3 adalah 1,48 m/s.

V. KESIMPULAN

- (1) Kecepatan ombak horizontal rata-rata, $v = 0,3$ m/s dan daya ombak lateral rata-rata, $P = 17,08$ Watt.
- (2) Kecepatan angin rata-rata dihitung berdasarkan turbin Savonius adalah 1,48 m/s.
- (3) Kecepatan ombak lateral lebih kecil dibandingkan kecepatan

- angin. Untuk itu perencanaan pembangkit listrik tenaga ombak harus memperhatikan kecepatan angin di atas permukaan air laut di daerah pantai.
- (4) Daya dynamo yang digunakan dalam pembangkit listrik tenaga ombak, diambil dayadibawah hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Awang Riayadi**, 2002. “*Gelombang Laut Berpotensi sebagai Energi Listrik*”.
<<http://www.alpensteel.com/article/52-106-energi-laut-ombakgelombangarus/2181--gelombang-laut-berpotensi-sebagai-energi-listrik.html>>[18/04/2010 23:55].
- Azmi, G., G., dkk.**, 2010. *Pemanfaatan Energi Terbarukan Dalam Peningkatan Nilai Jual Produk Olahan Hasil Laut*, Community Development Competition ITB FAIR 2010.
- Eko Sarjono**, 2012. “*Pembangkit Listrik Tenaga Ombak*”.
<<http://www.alpensteel.com/article/51-113-energi-lain-lain/161--pembangkit-listrik-tenaga-ombak-dikembangkan.html>>[29/02/2012 21:24].
- Evan Clearesta, dkk.**, 2010. “*Konversi Energi – Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Laut*”.
<<http://majalahenergi.com/forum/energi-baru-dan-terbarukan/energi-laut/tf-2106-konversi-energi-sistem-pembangkit-listrik-tenaga-laut>> [29/02/2012 22:09].
- Gunawan, T.**, 2008. *Pemanfaatan Energi Laut 1 : Ombak*, Majari Magazine,
<<http://majarimagazine.com/>>
[27/02/2010 15:55].
- Harris, A., Y.**, 2005. *Ombak Nusantara Sebagai Sumber Energi Alternatif*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) – Jakarta.
[29/04/2010 17:11].
- Nogrohoadi**, 2008. “*Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Indonesia*”,
<<http://nugrohoadi.wordpress.com/2008/05/03/pembangkit-listrik-tenaga-angin-di-indonesia/>>[29/02/2012 21:55].
- Rahmanta**, 2010. *Metode Konversi Gelombang Laut. Ocean Wave Energy*.
<<http://www.begokmild.com>>
[21/11/2010 17:05].
- Rwahyuningrum**, 2009. *Energi Gelombang Laut*,
<<http://rwahyuningrum.blog.uns.ac.id/2009/08/25/energi-gelombang-laut/>> [04/02/2011 18:17].
- Yusufsatya**, 2012. “*Penggunaan Listrik Tenaga Angin*”.
<<http://www.alpensteel.com/article/47-103-energi-angin--wind-turbine--wind-mill/2979--penggunaan-listrik-tenaga-angin.html>>
[24/05/2012 23:21]