

---

# PEMANFAATAN ENERGI ANGIN SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF PEMBANGKIT LISTRIK DI NUSA PENIDA DAN DAMPAKNYA TERHADAP LINGKUNGAN

I N. Budiastra, IA. Dwi Giriantari, Wyn. Artawijaya, Cok. Indra Partha  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Udayana

## *Abstract*

*The environmental impacts due to technology applications have been an interesting issue for researchers and engineers worldwide. Innovations in development such as friendly environmentally technology have been implemented to minimise severe consequences of the impacts, including in electricity generation technology. It has been known that the use of fossil fuel will increase the emission of greenhouse gasses, such as SO<sub>2</sub>, NO and CO<sub>2</sub>. A strong regulation for emission of greenhouse gasses has imposed a great extent of efforts in reducing the emitted gases.*

*At present, the electricity need for Penida island is mainly generated using diesel generating system. The use of large amount of diesel oil for electricity generation certainly increases the emitted greenhouse gasses. This paper discusses an alternative technology in wind energy utilisation for electricity generation at Penida Island. The position of Penida island, which is in the ocean front region, yields a high potential use of wind energy for electricity generation.*

*The analysis results show that at the Penida Island, the electricity may be produced with a maximum power of 50kW from a single wind turbine. In order to fulfil the total electrical energy need for the island, it is required to develop hundreds of turbines. Development of this amount of wind turbines certainly produces other related environmental impacts, such as ecological impacts, visual aesthetics and generated noises.*

**Keywords :** *renewable energy, electrical energy, environmental impact*

## **1. Pendahuluan**

Kebutuhan energi listrik di Bali menurut data PLN tahun 2007 sekitar 6.452 MWh per hari. Pembangkitan energi listrik di Bali 65 % atau sekitar 350 MW ada di Bali dan 200 MW dipasok dari Pulau Jawa. Secara keseluruhan pembangkit listrik yang ada di Bali berbahan bakar dari fosil seperti batu bara dan solar. Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam jumlah beban kecil, terutama untuk daerah baru yang terpencil atau untuk listrik pedesaan seperti yang ada di Nusa Penida. PLTD yang ada di Nusa Penida ada di dua lokasi yaitu di Nusa Penida dan Nusa Lembongan.

Penggunaan sumber energi fosil ini menimbulkan masalah baru bagi lingkungan serta bagi sumber daya alam (SDA) yang ada. Disamping itu, mahalny harga minyak dan makin santernya gaung krisis energi yang dibarengi pula dengan seringnya pemadaman listrik bergilir, bukan hanya membuat makin berat beban hidup tetapi juga membuat miris dan cemas masyarakat. Untuk mengatasi hal ini, pemerintah Indonesia telah berketetapan untuk memanfaatkan energi alternatif pengganti energi fosil untuk mencukupi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat. Energi alternatif yang dimaksud yaitu energi terbarukan yang salah satunya merupakan energi angin.

Angin adalah suatu bentukan energi surya yang

terjadi ketika matahari memanaskan udara yang kemudian menyebabkan udaranya naik dan membentuk suatu *vacuum*, kemudian *vacuum* turun ke udara yang lebih dingin membentuk angin. Angin juga terjadi karena pemanasan bumi yang tidak sama oleh matahari. Para ahli mengestimasi bahwa 2% dari energi sinar matahari yang diterima oleh bumi dikonversi menjadi energi kinetik angin (Leahy,1997).

Pulau Nusa Penida secara geografis terdiri atas perbukitan kering berbatu dan sebagian kecil hutan yang berbukit dan sebelah selatan berhadapan langsung dengan samudra Hindia. Angin yang mengalir di pulau Nusa Penida dapat disebabkan oleh angin planet dan angin lokal. Angin planet merupakan tipe angin yang disebabkan oleh pemanasan permukaan bumi yang lebih besar di dekat katulistiwa dibandingkan dengan di dekat kutub selatan atau kutub utara. Angin lokal disebabkan oleh dua mekanisme. Mekanisme pertama yaitu adanya perbedaan pemanasan terhadap tanah dan air. Mekanisme kedua yaitu bukit-bukit dan pegunungan. Berdasarkan pada kondisi tersebut kemungkinan memiliki potensi angin yang cukup besar dan dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif pembangkit listrik.

**2. Dampak Lingkungan Pembangkit Listrik Berbahan Bakar Fosil**

Penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkit listrik akan dapat meningkatkan emisi dari partikel, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan CO<sub>2</sub>. Saat ini bahan bakar pembangkit listrik di Indonesia masih didominasi oleh penggunaan bahan bakar fosil. Di Indonesia dampak lingkungan dari teknologi pembangkit listrik mendapat perhatian yang serius. Hal ini tertuang dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. KEP-13/MENLH/3/1995 tentang standar emisi untuk pembangkit listrik seperti pada tabel 1.

**Tabel 1. Standar Emisi untuk Pembangkit Listrik**

Parameter	Batas Maksimum (mg/ml)	
	Berlaku 1995	Berlaku 2000
Total Partikel	300	150
Sulfur Dioxida	1500	750
Nitrogen Oksida	1700	850
Opasitas	40%	20%

Meskipun kandungan sulfur batubara Indonesia relatif kecil tetapi penggunaan dalam jumlah besar akan dapat meningkatkan emisi SO<sub>2</sub> sehingga dapat berdampak negatif terhadap manusia dan lingkungan hidup.

Pemakaian energi fosil seperti minyak solar sebagai bahan bakar pembangkit listrik akan memberikan dampak lingkungan dan ekonomi. Menurut Wardana yang dikutip oleh Limbong (2002) kegiatan industri dan teknologi dapat memberikan dampak lingkungan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Dampak langsung antara lain dapat berupa: a) pencemaran lingkungan akibat bahan buangan dan sisa industri yang dapat mengotori udara dan air tanah, b) kebisingan kontinyu maupun impulsif yang dapat menimbulkan penyakit, c) lingkungan menjadi tidak nyaman untuk pemukiman, d) pandangan kurang sedap di daerah industri. Dampak tak langsung antara lain berupa : a) urbanisasi, b) perubahan nilai sosial dan budaya.

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) zat-zat yang terkandung dalam bahan bakar yang mempengaruhi pengoperasian mesin diesel antara lain : a) arang, b) sedimen dan sludge, c) air, d) sulfur, e) debu (PLN,1996). Menurut Limbong (2002) dari hasil penelitian PLTD di Pulau Bitung menunjukkan kualitas udara untuk parameter SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub> dan CO masih dibawah batas ambang baku mutu kualitas udara ambien. Tingkat kebisingan sebagai dampak dari kegiatan PLTD Bitung pada jarak 100 m ke bawah telah melewati ambang batas baku mutu kebisingan yang diperbolehkan.

Dampak ekonomi pada biaya produksi pemakaian bahan bakar pembangkitan energi listrik untuk di Bali dapat diperlihatkan sebagai berikut : Biaya pembangkitan Rp 3.271/kWh, biaya distribusi Tenaga Listrik Rp. 304/kWh, biaya operasional pendukung Rp. 45/kWh biaya total produksi Rp. 3.620,96/kWh (PLN Distribusi, 2009). Kalau dijual ke masyarakat harga listrik tanpa subsidi pemerintah untuk PLTD diatas Rp.3.620,96/kWh. Sementara itu untuk di Indonesia masih beroperasinya beberapa pembangkit listrik yang biaya pembangkitan relatif kecil seperti PLTA, PLTG sehingga harga listrik masih berlaku standar nasional Rp. 600,-/kWh. Seandainya berlaku harga listrik regional berarti harga listrik berlaku sesuai dengan biaya pembangkitan maka harga listrik per kWh menjadi sangat tinggi. Dampak dari harga listrik yang tinggi menyebabkan harga

barang menjadi meningkat dan penghasilan masyarakat berkurang.

**3. Kajian Potensi Energi Angin sebagai Pembangkit Energi Listrik di Nusa Penida**

Hasil pengukuran kecepatan angin di tiga titik lokasi di Nusa Penida, ditampilkan tabel 1.

**Table 1 Data Kecepatan Angin Harian**

Lokasi	Kec. angin (m/s)	Arah angin	Cuaca harian
Batumadeg	5.93	Selatan	Cerah
Batumadeg	4.647	Selatan	Cerah
Batumadeg	3.26	Selatan	Cerah
Batumadeg	4.606	Selatan	Cerah
Batumadeg	4.525	Selatan	Cerah
Batumadeg	5.659	Selatan	Cerah
Batumadeg	5.233	Selatan	Mendung
Tanglad	5.75	Tenggara	Mendung
Tanglad	5.27	Tenggara	Berawan
Tanglad	5.65	Tenggara	Berawan
Tanglad	6.26	Tenggara	Cerah
Tanglad	7.76	Tenggara	Cerah
Tanglad	6.259	Tenggara	Mendung
Tanglad	5.119	Timur	Cerah
Mundi	7.917	Tenggara	Berawan
Mundi	8.023	Tenggara	Berawan

Berdasarkan pada tabel 1 hasil pengukuran angin, dapat dihitung besaran daya listrik dan panjang jari-jari kincir angin yang dihasilkan. Contoh salah satu hasil perhitungan adalah sebagai berikut :  
Data :

Rerata kecepatan angin = 4,837 m/s

Pmax = 1000 kWh/m<sup>2</sup>/Tahun

- Generator DC 4.5 kW, 48 V DC, 300 rpm  
Preg = 4500 x 24 x 365 = 39420 kWh/Tahun

$$A = \frac{39420}{1000} = 39,42 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\left(\frac{4}{\pi} 39,42\right)} = 7,08 \text{ m}$$

$$R = 3,54 \text{ m}$$

Jadi untuk menghasilkan daya 4,5 kW, dengan rerata kecepatan angin V = 4,837 m/s digunakan kincir dengan jari-jari minimal 3,54 m.

- Generator DC 10 kW, 48 V DC, 300 rpm  
Preg = 10000 x 24 x 365 = 87600 kWh/Tahun

$$A = \frac{87600}{1000} = 87,6 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\left(\frac{4}{\pi} 87,6\right)} = 10,56 \text{ m}, R = 5,28 \text{ m}$$

Jadi untuk menghasilkan daya 10 kW, dengan kecepatan angin rata-rata V = 4,837 m/s digunakan kincir dengan jari-jari minimal 5,28 m.

Pada tabel 2 ditampilkan hubungan antara pembangkitan energi listrik dengan jari-jari kincir angin (meter) di tiga titik lokasi di Nusa Penida.

**Tabel 2. Hasil perhitungan hubungan daya listrik dengan jari-jari kincir angin**

Lokasi	Jari-jari Kincir jika digunakan Generator (m)					
	4,5 kW	10 kW	20 kW	30 kW	40 kW	50 kW
Batu Madeg	3,5	5,3	7,5	9,2	10,6	11,8
Tanglad	2,0	3,1	4,3	5,3	6,1	6,8
Mundi	1,6	2,4	3,4	4,2	4,9	5,4

**4. Dampak Lingkungan Pembangkit Listrik Tenaga Angin / Bayu (PLTB)**

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) karena sifatnya yang terbarukan (*renewable*) sudah jelas akan memberikan keuntungan karena angin tidak akan habis digunakan tidak seperti pada penggunaan bahan bakar fosil. Tenaga angin juga merupakan sumber energi yang ramah lingkungan, dimana penggunaannya tidak mengakibatkan emisi gas buang atau polusi yang berarti ke lingkungan.

Kalau dicermati dari pembangkitan energi listrik dari data potensi kecepatan angin, energi maksimum yang bisa dibangkitkan 50 kW. Karena itu, untuk memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat Nusa Penida perlu dibangun lebih dari satu unit pembangkit. Pada gambar 1 diperlihatkan gambar pembangkit listrik tenaga angin sebagai ilustrasi yang menunjukkan pembangunan pembangkit lebih dari satu unit. Dengan demikian, pembangkit listrik tenaga angin ini tidak sepenuhnya ramah lingkungan,

terdapat beberapa masalah yang terjadi akibat penggunaan sumber energi angin sebagai pembangkit listrik, di antaranya yaitu dampak visual, derau suara, beberapa masalah ekologi, dan keindahan.



**Gambar 1 : Ilustrasi pembangkit listrik tenaga angin (Sumber : Firman Sasongko, 2009)**

Dampak visual biasanya merupakan hal yang paling serius dikritik. Penggunaan ladang angin sebagai pembangkit listrik membutuhkan luas lahan yang tidak sedikit dan tidak mungkin untuk disembunyikan. Penempatan ladang angin pada lahan yang masih dapat digunakan untuk keperluan yang lain dapat menjadi persoalan tersendiri bagi penduduk setempat. Selain mengganggu pandangan akibat pemasangan barisan pembangkit angin, penggunaan lahan untuk pembangkit angin dapat mengurangi lahan pertanian serta pemukiman. Hal ini yang membuat pembangkitan tenaga angin di daratan menjadi terbatas. Beberapa aturan mengenai tinggi bangunan juga telah membuat pembangunan pembangkit listrik tenaga angin dapat terhambat. Penggunaan tiang yang tinggi untuk turbin angin juga dapat menyebabkan terganggunya cahaya matahari yang masuk ke rumah-rumah penduduk. Perputaran sudu-sudu menyebabkan cahaya matahari yang berkelap-kelip dan dapat mengganggu pandangan penduduk setempat.

Efek lain akibat penggunaan turbin angin yaitu terjadinya derau frekuensi rendah. Putaran dari sudu-sudu turbin angin dengan frekuensi konstan lebih mengganggu daripada suara angin pada ranting pohon. Selain derau dari sudu-sudu turbin, penggunaan *gearbox* serta *generator* dapat

menyebabkan derau suara mekanis dan juga derau suara listrik. Derau mekanis yang terjadi disebabkan oleh operasi mekanis elemen-elemen yang berada dalam *nacelle* atau rumah pembangkit listrik tenaga angin. Dalam keadaan tertentu turbin angin dapat juga menyebabkan interferensi elektromagnetik, mengganggu penerimaan sinyal televisi atau transmisi gelombang mikro untuk perkomunikasian.

Penentuan ketinggian dari turbin angin dilakukan dengan menganalisis data turbulensi angin dan kekuatan angin. Derau aerodinamis merupakan fungsi dari banyak faktor seperti desain sudu, kecepatan perputaran, kecepatan angin, turbulensi aliran masuk. Derau aerodinamis merupakan masalah lingkungan, oleh karena itu kecepatan perputaran rotor perlu dibatasi di bawah 70m/s. Beberapa ilmuwan berpendapat bahwa penggunaan skala besar dari pembangkit listrik tenaga angin dapat merubah iklim lokal maupun global karena menggunakan energi kinetik angin dan mengubah turbulensi udara pada daerah atmosfer (Firman Sasongko,2009).

Biaya investasinya memang cukup mahal. Harga satu unit kincir angin yang diberi nama EGRA(Energi Gratis) ini sekitar 60 juta rupiah. Biaya yang dibutuhkan tampak cukup besar, tetapi jika dihitung secara ekonomis, ternyata cukup menguntungkan. Karena memakai kincir angin, maka tidak ada pengeluaran untuk bahan bakar lagi. Biaya pemeliharaan relatif murah. Bandingkan jika memakai mesin diesel. Untuk biaya solar saja menghabiskan Rp.132.000 per hari, yang artinya  $Rp.132.000 \times 365 = Rp. 48.180.000$  per tahun. Belum termasuk biaya pemeliharaan mesin. Diprakirakan dalam waktu 2 tahun, manfaat dari kincir angin ini sudah terasa dan cukup menguntungkan .

## **5. Simpulan dan Saran**

### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan sebagai berikut.

- 1) Penggunaan bahan bakar fosil dalam jumlah besar untuk pembangkit listrik, akan dapat meningkatkan emisi gas buang dan menjadi salah satu penyebab pemanasan global;
- 2) Penggunaan teknologi alternatif pembangkit listrik tenaga bayu dapat meminimalisir dampak lingkungan dan secara ekonomis cukup menguntungkan.

## 5.2 Saran

Mencermati permasalahan yang terkait dengan dampak pembangunan pembangkit listrik tenaga angin di Nusa Penida, maka dapat disarankan

yaitu dalam pembangunan tower pembangkit diupayakan untuk ditata sehingga dapat memberikan manfaat untuk meningkatkan daya tarik wisata.

## Daftar Pustaka

- Agus Sugiyono.2000. "Prospek Penggunaan Teknologi Bersih untuk Pembangkit Listrik dengan Bahan Bakar Batubara di Indonesia". *Jurnal Teknologi Lingkungan*. BPPT.
- B.Limbong Tampang. 2002. "Pencemaran Udara dan Kebisingan Sumber Energi Diesel". *Buletin Kimia*. PSL Pascasarjana IPB.
- Dian.M.2006. *Studi Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Nusa Penida Jimbaran*. Jurusan Teknik Elektro. Unud.
- Djiteng Marsudi. 2002. *Pembangkit Energi Listrik Erlangga*.
- Djoko Achyanto.1984. *Mesin-Mesin Listrik*. Erlangga
- Firman Sasongko. 2009. *Dampak Lingkungan Pembangkit Listrik Tenaga Angin*. Konversi ITB. Bandung.
- Glover J D, Sarma M.S. 2002. *Power System Analysis and Design*. Brooks/Cole. USA
- Joel Weisman, Roy Eckart. 1988. *Modern Power Plant Engineering*. Prentice Hall of India.
- Leahy, David. 1997."Wind Energy". *www. Webserv.uhl.ul*. diakses 20 Pebruari 2009
- L.L. Freris.1990. *Wind Energy Conversion Systems*. Prentice Hall.
- National Wind Energy Centre .2005. "Wind Resources Information: How Does A Wind Turbine Work". *www. Urel.gov*. diakses 20 Pebruari 2009
- Perusahaan Listrik Negara.1996. "Pola Pengendalian Lingkungan PLTD". *Saduran materi Kursus Kimia PLTD*. PT.PLN Sektor Minahasa. Manado
- PLN Distribusi Bali. 2009. *Pemanfaatan Listrik Aman dan Bijak*. Forum Dialog Konsumen Listrik. YLKI-PLNAJ Bali Selatan.
- Rozen Wagner, Loanis Antoniou.2008. *Influence of The Wind Speed Profile on Wind Turbine Performance Measurements*, Jhon Willey and Sons Ltd.
- Sugata Pikatan.1999. *Resume Konversi Energi Angin*. Departemen MIPA Universitas Surabaya,
- Surya Hardhiyana Putra.2009. "Pembangkit Listrik Tenaga Bayu". *http://renewable energy Indonesia.wordpress.com*.diakses 2 Juni2009
- Ultas Minoglu. 2008. *Incorporation Of A New Wind Turbin Generating System Model Into Distribution Systems* load flow analysis. Jhon Willey and Sons Ltd.
- Wind Energy.1981. "Renewable Source of Energy". Volume III, *ECDC-TCDC*, United Nation.