

# STUDI KELAYAKAN APLIKASI TEKNOLOGI ENERGI SURYA DAN ENERGI BAYU PADA GEDUNG KOMERSIAL

I Dewa Made Cipta Santosa

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali , Bukit Jimbaran, Badung ,Bali – 80364 Telp. (0361) 701981  
Email: idmcsantosa@pnb.ac.id

**Abstrak:** Penggunaan energi surya (*photovoltaic*) pada negara tropis seperti Indonesia secara umum akan sangat menguntungkan untuk aplikais gedung komersial. Untuk mendapatkan uji kelayakan yang baik maka energi surya (PV) akan dibandingkan dengan sumber energi bayu. Kedua sistem energi terbarukan ini dikondisikan terintegrasi dengan sumber energi dari listrik PLN. Kelayakan ditekankan pada perhitungan energi output yang selanjutnya merupakan kriteria utama dalam analisa ini. Untuk membandingkan kedua energi ini juga dipertimbangkan beberapa kriteria tambahan seperti lokasi, efisiensi dan dampak terhadap lingkungan. Analisis dibantu dengan perangkat program online dari Danish wind energy calculation dan dengan metode perhitungan yang dikembangkan oleh RETScreen. Hasil analisis didapatkan bahwa energi surya mempunyai bobot nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan energi bayu. Turbin angin mempunyai berbagai kelemahan yaitu , *noise*, *losses dari shade factor*, sangat berfluktuasi Sedangkan photovoltaic mempunyai keunggulan yaitu energi output yang lebih stabil, biaya perawatan sangat rendah dan operasi sangat rendah, bebas polusi lingkungan.

**Kata kunci:** energi surya, energi bayu, gedung komersial, air conditioning

## *Feasibility Study of Solar and Wind Energy Technology for Commercial Building Application*

**Abstract:** Application of photovoltaic in tropical countries such as, Indonesia in general will contribute a real advantage for commercial building application. In order to get better feasibility study so the photovoltaic is comparing with the wind energy technology. Both renewable energy systems are installed integrated with energy from national grid electricity (PLN). The feasibility has given consideration to energy output as the main criteria. To compare the two renewable energy technology additional criteria including, site, environmental impact, and efficiency were considered. The analysis supported by several online calculation program such as, Danish wind energy calculation as well as RETScreen method. Solar energy was found to have a higher weighted value than wind energy technology. There are many disadvantages including, noise, high losses resulting from shade factor. On the other hand solar energy output remains the same and this condition contributes to the value to solar energy installation.

**Keywords:** solar energy, wind energy, commercial building, air conditioning.

## I. PENDAHULUAN

Sejak pemanasan global menjadi masalah (*issue*) utama lingkungan maka energi terbarukan (*renewable*) memainkan peran yang sangat penting sebagai sumber energi yang aman untuk lingkungan, seperti: teknologi-teknologi energi surya dan angin yang dapat mengurangi berton-ton emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) per tahunnya. Turbin angin dengan kapasitas 600 kW dan menghasilkan energi listrik 1,9 juta kWh per tahun dapat menurunkan 1.645 ton CO<sub>2</sub>, 19 ton sulfur oksida (SO<sub>2</sub>), dan 6 ton Nitrogen oksida (NOX). sedangkan untuk pemasangan tiap kWp Photovoltaic (PV) dapat menurunkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 1 ton per tahun [1].

Indonesia memiliki banyak potensi energi terbarukan, seperti tenaga air (termasuk minihidro), panas bumi, biomasa, angin dan surya (matahari) yang bersih dan ramah lingkungan, tetapi pemanfaatannya belum optimal. Belum optimalnya pemanfaatan energi terbarukan disebabkan biaya pembangkitan pembangkit listrik energi terbarukan, seperti tenaga surya, tidak dapat bersaing dengan biaya

pembangkitan pembangkit listrik berbahan bakar energi fosil (bahan bakar minyak, gas bumi, dan batubara).

Dari segi aspek ekonomi, energi surya dan bayu mempunyai berbagai keuntungan, terutama untuk biaya operasional dan biaya perawatan. Sebuah modul *photovoltaic* mempunyai umur kerja 25 tahun tanpa perawatan sama sekali. Perkembangan sekarang ini juga didukung oleh kebijakan pemerintah dalam bidang energi terbarukan energi terbarukan memberikan insentif di beberapa negara yang memberikan kompensasi pajak untuk penggunaan energi yang dapat diperbaharui. Walaupun di lain pihak biaya awalnya masih relatif lebih tinggi [2].

Dalam investigasi kelayakan ini sistem yang dianalisis adalah sistem terintegrasi *photovoltaic* (PV)-jaringan listrik PLN dan turbin angin terintegrasi dengan jaringan listrik PLN, yang bertujuan sebagai penelitian permulaan untuk mengetahui kelayakan masing-masing sumber energi terbarukan. Lebih lanjut akan dikonsentrasikan pada energi yang mempunyai kelayakan yang tinggi untuk diterapkan pada gedung

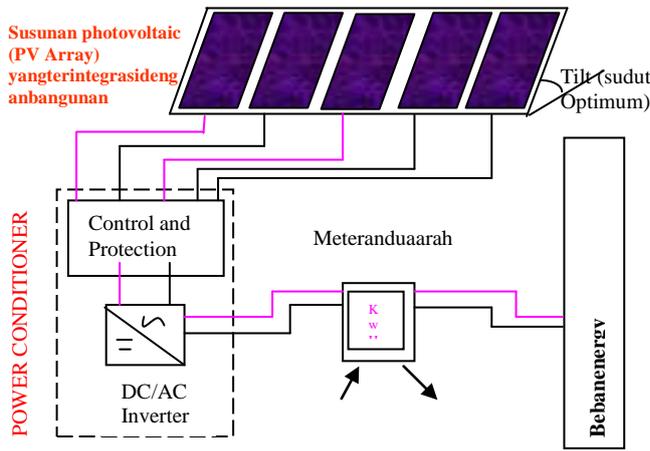
komersial. Dengan prediksi penggunaan energi pada gedung komersial adalah untuk menjalankan sistem pendingin ruangan (*air conditioning*) dan penerangan dan sebagian besar operasinya pada siang hari.

Hal ini menjadi sangat penting untuk ketahanan energi nasional ke depan, mengingat negara kita sudah mengalami krisis energi fosil. Salah satu pengguna energi listrik yang juga besar adalah gedung-gedung komersial, terutama di daerah perkotaan serta daerah pariwisata. Dengan membandingkan antara teknologi energi surya dan energi bayu maka didapatkan sumber energi yang lebih relevan pada aplikasi gedung komersial yang dalam hal ini sumber energi utamanya masih dari sambungan listrik PLN.

**II. METODOLOGI PENELITIAN**

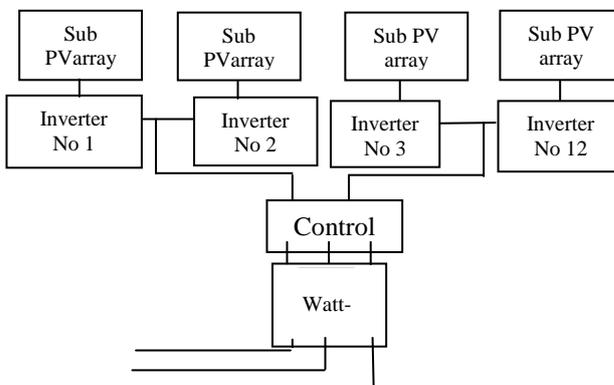
• **Design Model Teknologi Energi Surya**

Metode investigasi diawali dengan rancangan desain model teknologi energi surya, dengan sistem *grid-connected*, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut ini .



Gambar 1. Komponen sistem PV-grid connected

Sistem dirancang harus mampu menghasilkan energi sebesar 600 kWp maka diperlukan lebih dari satu sistem komponen yang dirancang seperti pada gambar blok diagram berikut ini.



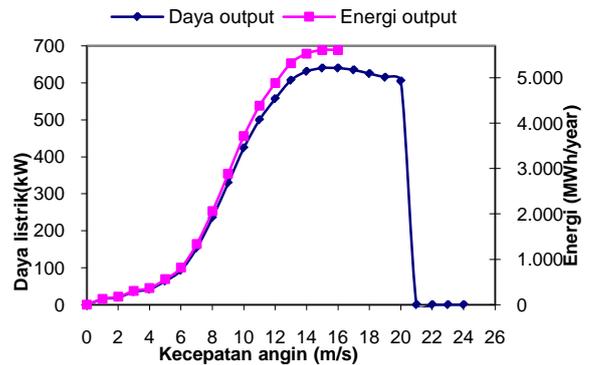
Gambar 2. Block diagram dari sistem *grid-connected* PV (luas total area 4.440 m<sup>2</sup>)

**Design Model Teknologi Energi Bayu**

Untuk mendapatkan perbandingan yang ekuivalen maka model turbin angin juga diambil turbin dengan kapasitas 600 kwp [4], dengan karakteristik dari turbin angin dan kurva energi dan daya *output* seperti pada Tabel 1 dan Gambar 3 berikut ini.

Tabel 1. Karakteristik model turbin angin

Data distribusi angin	Unit	Estimasi
Wilayah		Indonesia
Weibull shape parameter		1.58
Rata-rata kecepatan	m/s	2,5
Weibull scale parameter		7.25
Tinggi	m	50
Roughness length	m	0.055
Kelas		1.5
Karakteristik turbin angin	Unit	Estimasi
Power Turbin Angin	kW	600
Tinggi hub	m	46
Diameter Rotor	m	48
Swept Area	m <sup>2</sup>	
Cut-in wind speed	m/s	1,5
Cut-out wind speed	m/s	21
Kurve energi		Standar
Faktor kapasitas	%	29%



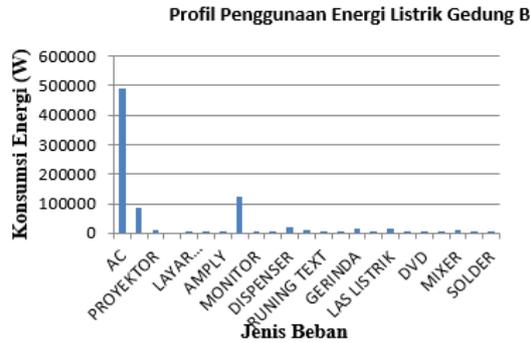
Gambar 3 . Karakteristik model turbin angin

• **Analisis Model Daya Output**

Data-data cuaca diambil berdasarkan kondisi dan situasi yang terjadi di Indonesia dari BMKG, suhu siang hari rata-rata dan rata-rata radiasi matahari per bulan (Wh/m<sup>2</sup>/day) dihitung dengan program PV-GIS dengan kriteria dari PV model terpasang adalah : *fix tilt* dengan sudut kemiringan optimum, deposit radiasi per tahun 0%. Data durasi sinar matahari perhari (jam) diambil dari BMKG berdasarkan data rata-rata dari tahun 2000-2007. Perhitungan daya *output* dari PV dianalisis berdasarkan program dari RETScreen[11] yang diuji /dicocokkan juga dengan program dari PVWATTS[12] . Untuk analisis daya *output* pada turbin angin digunakan program perhitungan dari Danish Wind Industry Association.

Untuk data kebutuhan energi dari gedung komersial yang meliputi penggunaan energi untuk sistem *air conditioning*, lampu penerangan, dll

didapatkan dari salah satu hasil audit energi salah satu gedung kampus[3] di mana kebutuhan daya listriknya sebesar 800 kW, seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 4. Kebutuhan energi salah satu gudang komersial  
Sumber : Catur et. al., 2015

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

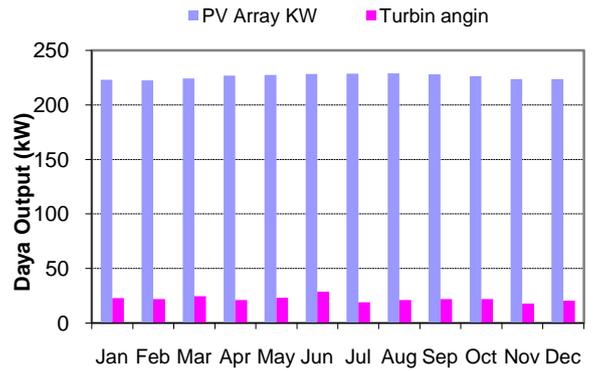
Pada bagian ini dianalisis lebih dalam mengenai perbandingan antara *photovoltaic* dan turbin angin. Kriteria dasar yang digunakan adalah karakteristik daya *output*-nya. Dengan kriteria tambahan meliputi, pertimbangan lokasi, dampak lingkungan dan proyeksi harga juga dipertimbangkan untuk mendapat analisis yang lebih *feasible*.

• **Perbandingan Daya Output**

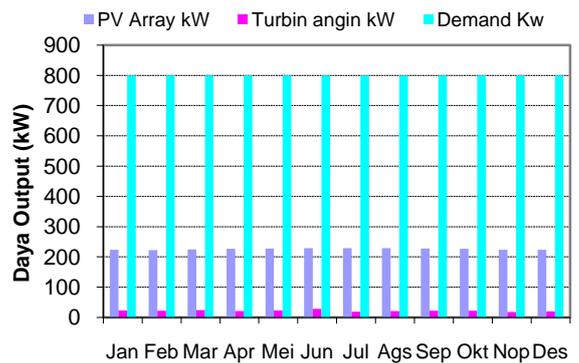
Berdasarkan data umum di Indonesia, daya *output* (kW) dari sistem energi matahari hampir sepuluh kali lipat (lihat Gambar 5a), hal ini disebabkan oleh karena intensitas matahari yang sangat tinggi sepanjang tahun, hanya *clearness index* yang berbeda karena dipengaruhi musun hujan dan kemarau. Teknologi tenaga bayu hanya dapat dioperasikan di daerah tertentu, dengan kecepatan angin yang sangat terbatas dengan rata-rata untuk wilayah Bali dan sekitarnya hanya berkisar 1,8–2,9 m/s (data BMKG[16]), sehingga daya *output*-nya jauh dari kapasitas terpasangnya.

Karakteristik daya (lihat Gambar 5), pada setiap bulannya untuk teknologi tenaga surya relatif stabil walaupun ada sedikit fluktuasi akibat musunm hujan dan kemarau sehingga pada bulan Mei sampai Agustus sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan bulan lainnya. Hal ini juga seiring dengan kebutuhan daya listrik untuk sistem AC. Sama dengan energi bayu juga ada sedikit fluktuasi sesuai dengan konsidi cuaca tiap tahunnya, sedangkan dianalisis secara komposisi dari kontribusi energi *renewable* terhadap *demand* dapat dilihat pada Gambar 6.

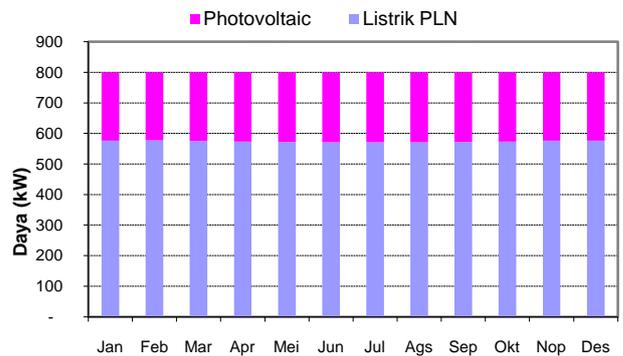
Dari Gambar 7 dan 8, sangat jelas terlihat bahwa rata-rata sekitar 28% dari total daya listrik yang diperlukan gedung bersangkutan dapat dipenuhi dari model teknologi energi surya yang terpasang, sedangkan dari teknologi energi bayu hanya berkisar pada 2,7 % saja. Sedangkan energi balance sederhana antara kebutuhan energi dan energi yang disupplay diasumsikan tidak ada *losses* energi.



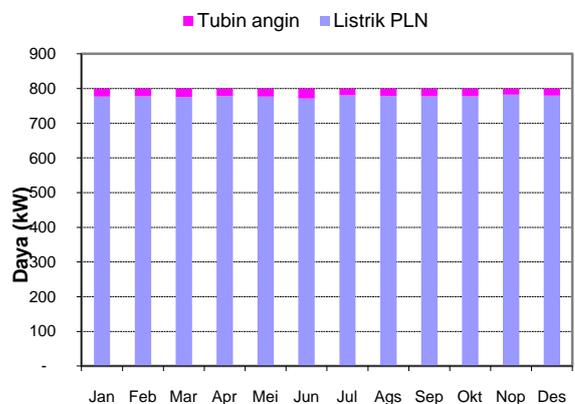
Gambar 5. Daya output solar dan angin



Gambar 6. Daya output terhadap demand



Gambar 7. Rasio daya PV dan PLN



Gambar 8. Rasio daya turbin angin dan PLN

• **Analisa Kriteria Tambahan**

Rasional dasar disertakan kriteria-kriteria ini karena metode akuisisi data yang diadopsi dilakukan

secara *'desk analysis'* sedangkan kondisi real dari implementasi kedua jenis teknologi ini adalah kemungkinan berbeda karena energi output dan kemungkinan biaya bervariasi yang tergantung dari faktor-faktor tambahan ini. Analisis kriteria tambahan dari kedua model teknologi energi terbarukan ini terdiri dari:

- a. Analisis faktor tempat (*site factor*)
- b. Pertimbangan lingkungan (*environmental consideration*)
- c. Analisis trend biaya (*trend cost analysis*)

Secara umum dapat dijelaskan bahwa kedua jenis teknologi ini akan berkembang secara gemilang di masa yang akan datang, namun secara gamlang *photovoltaic* harganya akan menurun di masa yang akan datang seiring dengan perkembangan teknologi, dan perkembangan metode produksinya.

#### • **Tabulasi Perbandingan Energi Angin dan Matahari**

Perbandingan antara teknologi energi matahari dan angin menggunakan kriteria faktor bobot. dengan skala perengkingan 100, sehingga faktor bobot 0 untuk *least favourable* dan 100 untuk *most favourable*. Dengan kriteria yang dibobot adalah: Energi dan daya output, harga rata-rata, faktor lokasi, faktor pencemaran lingkungan, dan pertimbangan futuristik. Hasil yang didapat dari hasil analisis ini adalah bobot sebesar 355 untuk energi angin dan 665 untuk energi surya.

Kriteria di atas sangat cocok diterapkan untuk permasalahan ini, sehingga semua kriteria di atas memunyai faktor yang sangat penting, walaupun masih sedikit agak kasar tetapi sudah cukup baik untuk diaplikasikan pada model ini.

Energi matahari mempunyai bobot yang jauh lebih tinggi, sehingga dapat dikatakan bahwa *photovoltaic* merupakan teknologi pilihan yang lebih baik digunakan pada gedung komersial di Indonesia.

#### IV. SIMPULAN

Daya *output* dari sistem matahari dengan angin mempunyai karakteristik yang berbeda, dari analisis didapat teknologi energi surya jauh lebih besar daya outputnya (sekitar sepuluh kali lipat) dibandingkan dengan teknologi energi bayu.

Untuk kriteria yang lain seperti *trend* penurunan biaya, pertimbangan lokasi, pertimbangan pengaruh terhadap lingkungan, didapat bahwa solar lebih baik untuk semua aspek tersebut.

Untuk penerapan pada gedung komersial, PV lebih efektif diterapkan karena daya output dari PV mempunyai karakteristik yang sama dengan energi demand dari gedung, sehingga energi ini lebih efektif untuk menanggulangi *peak electricity demand tariff*. Akhirnya solar mempunyai bobot nilai yang lebih tinggi dari angin sehingga energi solar lebih menguntungkan untuk diterapkan pada gudang distribusi makaan.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Celik.A.N. “ *Present status of photovoltaic energy in Turkey and life cycle techno-economic analysis of a grid-connected photovoltaic-house*. Renewable and Sustainable Energy reviews, 370-387. 2004
- [2] Sinden.G. “ *Characteristic of the UK wind resource: Long-term pattern and relationship to electricity demand*”. Energy Policy; article in press
- [3] Trimunandar. C, Sawitri D R, Supriyono H, “Audit Energi Untuk Efisiensi Listrik Di Gedung B Universitas Dian Nuswantoro Semarang”. eprints.dinus .ac.id. jurnal (2015)”
- [4] BP Solar. *Solar Products, United Kingdom*. Available from: [www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=3050422&contentId=3060195](http://www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=3050422&contentId=3060195) [Accessed 5 June 2014]
- [4] Danish Wind Industry Association, 2013, Wind Power, Danish. Available from: <http://www.windpower.org/en/tour/wtrb/syncgen.htm> [Accessed 7 June 2014]
- [5] Itoh M, Takahashi H, Fujii T, Takakura H, Hamakawa Y, Matsumoto Y. “ *Evaluation of Electric Energy Performance by Democratic Module PV System Field Test*. Solar energy Mater Solar Cells. 67: 435-40. 2001
- [6] Jean-Baptiste L, “*Solar photovoltaic systems: the economics of a renewable energy resource. Environmental modelling & software*” .16. 147-156. 2001.
- [7] Oliver. M, Jackson.T. “*The evolution of economic and environmental cost crystalline Silicon photovoltaics*”. Energy policy.8. 1011-1021. 2000.
- [8] Kladelis .J.K., Kondili.E, Filios.” A. *Sizing a hybrid wind –diesel stand-alone system on the basis of minimum long-term electricity production cost*”. Applied Energy.2006
- [9] Mondol.J.D, Yohanis.Y, Smyth.M, Norton.B. “*Long term Performance Analysis of a Grid Connected Photovoltaic System in Northern Ireland*”. Energy Conversion and Management.2006;xxx-xxx
- [10] Ozerdem.B, Ozer.S, Tosun M . “*Feasibility Study of Wind Farms: A Case Study for Izmir, Turkey*”. Wind Engineering and Industrial Aerodynamics.2005; xx.(xx)xx-xx
- [12] RetScreen International. “*Clean Energy Project Analysis Tools and decision centre*”. Canada. Available from: [www.etscreen.net](http://www.etscreen.net) [Accessed 10 June 2014]
- [14] Windustry. Windustry projects calculator. Minneapolis, USA. Available from: [www.windustry.com/calculator/default.htm](http://www.windustry.com/calculator/default.htm) [Accessed 12 June 2014]
- [16] BMKG, [www.bmkg.go.id](http://www.bmkg.go.id)