

MODEL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN DAN SURYA SKALA KECIL UNTUK DAERAH PERBUKITAN

Isdiyarto, Henry Ananta, Sugeng Purbawanto

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
Email: isdiyarto@yahoo.co.id

Abstrak. Energi terbarukan yang terdapat di Propinsi Jawa Tengah khususnya di daerah perbukitan kota Semarang dengan potensi cukup besar dan sesuai karakteristik sebagai sumber energi yang dapat dimanfaatkan, murah dan ramah lingkungan salah satunya adalah energi angin yang dikonversi menjadi tenaga listrik menggunakan generator listrik yang digerakkan kincir angin. Potensi energi cahaya matahari di daerah tropis juga sangat besar dan dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan piranti sel surya yang bekerja berdasarkan efek *photovoltaic*. Dengan menyatukan dua kekuatan sumber energi terbarukan tersebut melalui pembangkit listrik sistem hibrid dapat dihasilkan energi listrik untuk kebutuhan rumah tangga yang murah dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: Tenaga angin, sel surya, hibrid.

PENDAHULUAN

Energi terbarukan yang terdapat di Propinsi Jawa Tengah khususnya di daerah perbukitan kota Semarang dengan potensi cukup besar dan sesuai karakteristik sebagai sumber energi yang dapat dimanfaatkan, murah dan ramah lingkungan salah satunya adalah energi angin. Berdasarkan penelitian dan kajian terdahulu kecepatan angin minimum rata-rata yang secara ekonomis dapat dikembangkan sebagai sumber pembangkitan energi listrik adalah 4 m/s untuk pembangkit skala kecil. Sementara matahari sebenarnya adalah sumber energi yang sangat potensial, menghasilkan energi yang setara dengan daya $7,3 \times 10^{10}$ MW, ramah lingkungan, tidak membutuhkan biaya pengadaan dan perawatan serta berumur sangat panjang. Potensi energi cahaya matahari di daerah tropis khususnya di Jawa Tengah juga sangat besar dan dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan piranti sel surya yang bekerja berdasarkan efek *photovoltaic*. Agar penyatuan sumber energi listrik tersebut dapat berjalan dengan baik diperlukan sistem Hibrid berbasis mikroprosesor, sehingga pada penelitian ini akan dirancang dan dibangun (rancang bangun) sistem hibrid yang cocok digunakan untuk menyatukan PLT Angin dengan PLT Surya skala kecil

untuk kebutuhan rumah tangga di daerah perbukitan sekitar kampus konservasi Unnes.

Berdasarkan uraian di atas maka perumusan masalahnya sebagai berikut: bagaimana rancang bangun sistem hibrid PLT Angin dengan PLT Surya skala kecil untuk kebutuhan rumah tangga di daerah perbukitan sekitar kampus konservasi Unnes agar dapat beroperasi dengan baik?

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat model sistem hibrid PLT Angin dengan PLT Surya skala kecil untuk kebutuhan rumah tangga di daerah perbukitan sekitar kampus konservasi Unnes.

Energi terbarukan yang terdapat di Propinsi Jawa Tengah khususnya di daerah perbukitan kota Semarang dengan potensi cukup besar dan sesuai karakteristik sebagai sumber energi yang dapat dimanfaatkan, murah dan ramah lingkungan salah satunya adalah energi angin. Berdasarkan penelitian dan kajian terdahulu kecepatan angin minimum rata-rata yang secara ekonomis dapat dikembangkan sebagai sumber pembangkitan energi listrik adalah 4 m/s untuk pembangkit skala kecil.

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 Selatan Jawa. Adapun kecepatan angin 4 m/detik hingga 5 m/detik tergolong berskala menengah dengan potensi kapasitas 10-100 kW.

Pengubahan energi angin menjadi energi mekanik atau listrik yang bermanfaat bagi manusia dilakukan dengan menggunakan Sistem Konversi Energi Angin (SKEA), sedangkan pengubahan ke listrik disebut SKEA listrik atau turbin angin. Untuk pemanfaatannya, pemilihan sebuah SKEA dilakukan berdasarkan *supply* (potensi angin yang tersedia di suatu lokasi) dan *demand* (penggunaan atau pemanfaatan) sesuai dengan kebutuhan aktual di lokasi tersebut. Besarnya *supply* bergantung pada potensi energi angin yang tersedia di lokasi yang dapat dinyatakan dalam rapat daya (W/m^2) atau rapat energi (kWh/m^2), sedangkan *demand* dinyatakan dalam kWh total penggunaan energi.

Keuntungan utama dari penggunaan pembangkit listrik tenaga angin secara prinsip adalah disebabkan karena sifatnya yang terbarukan. Hal ini berarti eksploitasi sumber energi ini tidak akan membuat sumber daya angin yang berkurang seperti halnya penggunaan bahan bakar fosil. Oleh karenanya tenaga angin dapat berkontribusi dalam ketahanan energi dunia di masa depan. Tenaga angin juga merupakan sumber energi yang ramah lingkungan, dimana penggunaannya tidak mengakibatkan emisi gas buang atau polusi yang berarti ke lingkungan. Pembangkit ini lebih efisien dari pada pembangkit listrik tenaga surya didalam menghasilkan listriknya, karena dapat beroperasi siang malam, yang penting ada angin (PLTS hanya siang hari).

Sel surya adalah suatu elemen aktif yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi

listrik Cara kerja sel surya adalah berdasarkan efek *photovoltaic* dengan memanfaatkan sifat cahaya sebagai partikel. Berdasarkan temuan Einstein tahun 1905 dapat dijelaskan bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan *photon*. Sifat dari efek *photovoltaic* adalah jika cahaya dengan frekuensi tertentu mengenai permukaan logam maka elektron-elektron pada permukaan logam tersebut akan terlepas dan memiliki energi kinetik dan disebut *photoelectron*. Jika permukaan logam adalah katoda dan pada bagian yang lain terdapat anoda maka akan ada aliran elektron yang berarti akan timbul arus listrik. Dari prinsip inilah maka cahaya dapat berfungsi menimbulkan arus listrik. Untuk itu harus ada energi minimum yang diperlukan oleh elektron untuk melepaskan diri dari permukaan logam, jika tidak demikian, tentu elektron akan terlepas walaupun tidak ada cahaya yang datang. Rumusan empiris untuk energi efek *photovoltaic* adalah.

$$K_{\max} = h f_0 \quad (\text{Beiser: 1990})$$

Keterangan :

$h f_0$ = energi dari masing-masing kuantum cahaya datang

K_{\max} = energi *photoelectron* maksimum

$h f_0$ = energi minimum yang diperlukan untuk melepaskan sebuah elektron dari permukaan logam yang disinari dengan h adalah konstanta *Plancks* (6.62×10^{-34} J.s)

Bila sel surya terkena cahaya/sinar matahari, maka timbul yang dinamakan *electron* dan *hole* (Wilson, 2003). Elektron-elektron dan *hole-hole* yang timbul disekitar *pn-junction* bergerak berturut-turut kearah lapisan n dan kearah lapisan p. Sehingga pada saat elektron-elektron dan *hole-hole* itu melintasi *pn-junction*, timbul beda potensial pada kedua ujung sel surya.

Efek *photovoltaic* pada sel surya akan secara langsung mengubah cahaya matahari menjadi tenaga listrik arus searah (*direct current-DC*). Tegangan listrik akan tercipta melalui kontak-kontak metal dari permukaan sel surya dan listrik arus searah (DC) akan mengalir apabila modul sel surya tersebut dihubungkan pada beban.

Tegangan yang dihasilkan oleh sel *photovoltaic* dapat dikatakan sangat kecil hanya sekitar 0,5 – 1 volt tergantung kuat cahaya matahari dan luasan sel surya, dengan kata lain modul sel surya akan menghasilkan daya yang proporsional dengan luas permukaan modul yang terkena sinar matahari. Dalam penggunaan skala agak besar, akumulator (batere) yang dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dipakai sebagai media penyimpan energi listrik DC, kadang-kadang dihubungkan dengan inverter, untuk mengkonversi listrik searah (DC) menjadi listrik bolak-balik (AC). Hal ini dilakukan karena saat sekarang sebagian besar peralatan listrik dioperasikan pada listrik AC. (Deni Alamanda., 2005)

Untuk keperluan catu daya dengan tegangan yang lebih besar sel-sel surya harus dirangkai secara seri. Modul sel surya (*photovoltaic*) yang tersedia di pasaran, tersusun secara seri atau

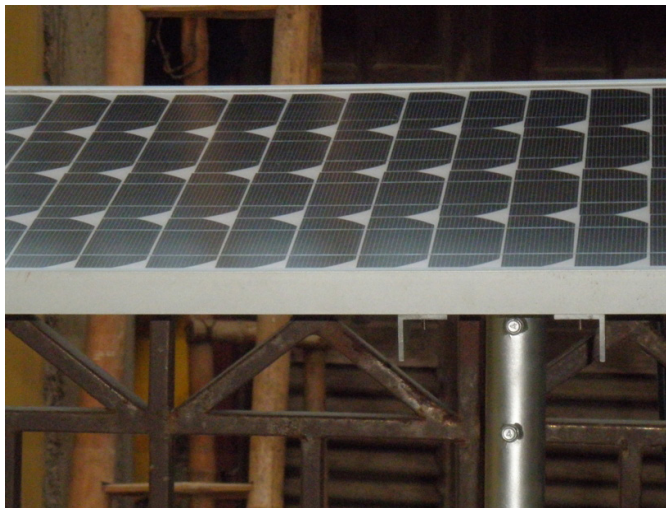
paralel dalam suatu bentuk konstruksi sebagai modul *photovoltaic*.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development*, yaitu penelitian yang menghasilkan model sebagai fungsi kreasi dan inovasi dalam upaya pemecahan masalah krisis energi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Unit model/prototipe pembangkit listrik tenaga angin (PLTA) maupun tenaga surya (PLTS) telah dibuat dan dilakukan pengujian, hasilnya dapat dilihat pada tabel di bawah.



Gambar 1. Solar sel



Gambar 2. Prototype PLTA

Tabel 1. Hasil Pengukuran Model/Prototipe PLTS

HARI KE	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00
1	16 Volt	16 Volt	16 Volt	15 Volt	16 Volt	16 Volt	15 Volt
	1,7 Amp	2,0 Amp	1,9 Amp	0,8 Amp	2,3 Amp	1,9 Amp	1,6 Amp
2	16 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt	15 Volt
	1,7 Amp	1,9 Amp	1,9 Amp	2,2 Amp	2,3 Amp	1,9 Amp	1,6 Amp
3	14 Volt	15 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt	15 Volt
	1,0 Amp	1,2 Amp	1,9 Amp	2,4 Amp	2,3 Amp	2,0 Amp	1,6 Amp
4	16 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt	15 Volt
	1,7 Amp	1,6 Amp	2,0 Amp	2,4 Amp	2,4 Amp	2,0 Amp	1,8 Amp
5	16 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt	15 Volt
	1,7 Amp	2,0 Amp	2,0 Amp	2,3 Amp	2,3 Amp	1,9 Amp	1,5 Amp
6	16 Volt	16 Volt	16 Volt	15 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt
	1,7 Amp	2,1Amp	2,2 Amp	1,8 Amp	2,0 Amp	2,0 Amp	1,5 Amp
7	16 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt	15 Volt	15 Volt
	1,6 Amp	2,0Amp	2,3 Amp	2,4 Amp	2,3 Amp	1,8 Amp	1,5 Amp
8	16 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt	15 Volt
	1,8 Amp	2,0Amp	2,3 Amp	2,3 Amp	2,0 Amp	1,9 Amp	1,7 Amp
9	16 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt	16 Volt	15 Volt
	1,7 Amp	2,0Amp	2,2 Amp	12,3Amp	2,3 Amp	2,0 Amp	1,6 Amp
10	16 Volt	16 Volt	16 Volt	15 Volt	15 Volt	14 Volt	13 Volt
	1,6 Amp	2,1Amp	1,9 Amp	1,4 Amp	1,8 Amp	1,4Amp	1,4 Amp

Tabel 2. Hasil Pengujian generator untuk PLTAngin

Tanpa beban

No	Putaran (rpm)	Tegangan (Volt)
1	400	14
2	450	15
3	500	16,5
4	550	18
5	600	20
6	500	22
7	650	23,5
8	700	25

Berbeban (putaran tetap)

No	Putaran (rpm)	Arus (Amper)	Tegangan (Volt)
1	400	1,43	12,5
2	400	2,86	12
3	400	3,82	11,5
4	400	4,45	11
5	400	4,7	10

Pada Tabel 1 hasil pengujian prototipe PLTS dapat diketahui bahwa tegangan relatif sama / tetap pada kondisi cuaca yang cerah, dan menurun pada kondisi cuaca yang berawan, hal ini menunjukkan bahwa kondisi sinar matahari sangat berpengaruh pada besar kecilnya tegangan dan arus listrik yang dibangkitkan.

Pada tabel arus pengisian solar sel menunjukkan bahwa cuaca dan kecerahan sinar matahari berpengaruh pada laju pengisian listrik ke baterai. Semakin cerah akan semakin besar pula arus pengisiannya, sebaliknya jika cuaca mendung maka laju pengisian juga akan berkurang. Hal ini juga sesuai dengan teori adanya efek *photovoltaic* pada sel surya akan secara langsung mengubah cahaya matahari menjadi tenaga listrik arus searah. Tegangan listrik akan tercipta melalui kontak-kontak metal dari permukaan sel surya dan listrik arus searah (DC) akan mengalir apabila modul sel surya tersebut dihubungkan pada beban.

Posisi matahari akan bergeser sesuai dengan kondisi waktu yang dimulai dari pagi sampai sore, serta bergeser-geser sesuai setiap bulannya dengan Matahari tidak sepanjang tahun beredar di atas katulistiwa, melainkan mengalami pergeseran ke utara dan ke selatan. Agar lebih maksimal dalam pencahayaannya maka pada penelitian tahun kedua sistem akan dilengkapi dengan tracker agar posisi solar sel dapat berubah secara otomatis.

Hasil pengujian generator di laboratorium dengan menggunakan simulasi putaran dapat ditunjukkan tabel 2. Di pusat pembangkit listrik, generator digerakkan mesin diesel dan turbin, sedangkan untuk percobaan laboratorium biasanya menggunakan motor induksi karena sumber listriknya adalah listrik AC

Tegangan generator akan berubah-ubah sesuai dengan putarannya. Hal ini sesuai dengan teori terbentuknya ggl induksi pada generator. Proses terbentuknya energi listrik dari suatu generator berdasarkan percobaan Faraday, yakni dengan menggerak-gerakkan sepotong kawat penghantar dalam medan magnet. Generator terdiri dari sisi tetap atau stator dan sisi yang berputar atau rotor.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Telah selesai dibuat dan dirangkai model/prototipe pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan pembangkit listrik tenaga angin (PLTA) yang siap dilakukan implementasi pada tahun ke dua; Model/prototipe PLTS dan PLTA telah dilakukan pengujian dengan hasil baik dan siap untuk disatukan menjadi sistem hibrid pada tahun kedua.

Saran

Model/prototipe PLTS dan PLTA perlu diuji coba cukup lama agar dapat diketahui umur teknisnya sehingga dapat dihitung lebih detail usia pakainya; Perlu ditindaklanjuti dengan

kegiatan pengabdian masyarakat berupa sosialisasi dan implementasi model/prototipe yang telah dibuah kepada masyarakat luas khususnya yang ada di sekitar kampus Unnes.

DAFTAR PUSTAKA

- Ando Takao, Tetsuo Yamasaki. 1983. *Alam Semesta dan Cuaca*. Jakarta: Tira Pustaka.
- Beiser, Arthur. 1990. *Konsep Fisika Modern*. Edisi keempat. Terjemahan The Houw Liong. Jakarta : Erlangga.
- Green, MA. 1989. *Solar Cell*. Chicago: Prentice Hall.
- Karmon Sigalingging. 1994. *Pengantar Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Bandung: Tarsito.
- Septana Bagus Pribadi. 2001. “Optimasi Konfigurasi Bangunan dalam Perencanaan Rumah Susun untuk Menunjang Kinerja Modul Photovoltaics”. *Tesis S2. Bandung : ITB*
- <http://www.windpower.org>. Wind Manual & Wind Turbine Guidance. Danish Wind Energy Association.