

PENGUJIAN SISTEM HIBRID ENERGI SURYA-BAYU

TESTING OF SOLAR-WIND ENERGY HYBRID SYSTEM

Eodia Tasik Sedan Lobo^{1*}, Rombe², Matius Sau^{3*}

^{1,2,3}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 13 Daya Makassar- Sulawesi Selatan, Indonesia. 90245

*email : tasik@ukipaulus.ac.id; matiussau@ukipaulus.ac.id

Submit, 15 Juli 2019; Accepted, 29 September 2019; Published, 30 Oktober 2019

ABSTRACT

Fuel oil (BBM) is increasingly depleting today so that alternative energy sources that can replace them such as solar energy, wind energy, tidal energy, water energy and so on. However, it requires a large enough investment to apply it. This paper aims to determine the amount of charging current in the hybrid solar energy system and wind energy and the charging time on the hybrid system. The test was carried out in Makassar Akarena Beach with an average wind speed of 1-7 m / sec. Hybrid system test results show that the average current of 7.39 A for ± 9 hours in sunny conditions with wind speeds < 5 m / s, so that the supply of electrical energy from solar panels without the supply of wind energy. However, on different days there is a supply of wind energy at 15:00 to 17:00 so the average charging current increases to 8.02 A with wind speed > 5 m / s. Charging to the accumulator without wind energy takes longer and when charging to the accumulator together solar energy and wind energy become fast. Thus the charging time to a hybrid accumulator depends on the amount of charging current from the energy source.

Keywords: *Wind – Solar Energy, Hybrid System*

ABSTRAK

Bahan Bakar minyak (BBM) dewasa ini semakin menipis sehingga dibutuhkan sumber energi alternatif yang dapat mengantikannya seperti energi surya, energi bayu, energi pasang surut, energi air dan sebagainya. Namun demikian membutuhkan investasi yang cukup besar untuk mengaplikasikannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya arus pengisian pada sistem hybrid energi surya dan energi bayu dan waktu pengisian pada sistem hybrid. Pengujian dilakukan di Pantai Akarena Makassar dengan kecepatan angin rata-rata 1 – 7 m/dt. Hasil pengujian sistem hybrid diperoleh bahwa arus rata-rata sebesar 7,39 A selama ± 9 jam pada kondisi cerah dengan kecepatan angin < 5 m/dt sehingga suplai energi listrik dari panel surya tanpa suplai dari Energi Bayu. Namun demikian pada hari yang berbeda ada suplai dari energi bayu pada pukul 15.00 – 17.00 sehingga arus pengisian rata-rata meningkat menjadi 8.02 A dengan kecepatan angin > 5 m/dt. Pengisian ke accumulator tanpa energi bayu membutuhkan waktu lebih lama dan pada saat pengisian ke accumulator secara bersama-sama energi surya dan energi bayu menjadi cepat. Dengan demikian waktu pengisian ke accumulator secara hybrid tergantung pada besarnya arus pengisian dari sumber energi.

Kata Kunci: Energi Surya - bayu, Sistem Hibrid

1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai Negara kepulauan memiliki banyak pulau dan tersebar sehingga pelayanan energy listrik dari PLN belum terjangkau secara keseluruhan. Kondisi ini dibutuhkan sumber energi alternatif yang dapat melayani masyarakat yang bermukim di pedesaan, khususnya daerah yang terisolasi listrik namun memiliki energy yang dapat di manfaatkan sebagai sumber energy listrik, diantaranya enegi angin, enegi matahari, energy air dan lain sebagainya.

Letak geografis Indonesia yang berada pada daerah khatulistiwa yaitu pada lintang 60°LU - 110°LS dan 950°BT - 1410°BT , dan dengan memperhatikan peredaran matahari dalam setahun yang berada pada daerah $23,50^{\circ}\text{LU}$ dan $23,50^{\circ}\text{LS}$ maka wilayah Indonesia akan selalu disinari matahari selama 10 – 12 jam dalam sehari. Hal ini tentu saja merupakan sebuah anugerah karena sinar matahari ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternative.

Pemakaian energi angin di Indonesia memiliki prospek yang sangat baik, terutama untuk wilayah pesisir pantai yang rata rata memiliki angin yang cukup besar, sehingga dapat digunakan sebagai energi alternatif dengan menggunakan turbin angin.

A. Energy Matahari

Radiasi intensitas matahari hampir konstan di luar atmosfer bumi. Konstanta matahari G_{sc} , adalah energi dari matahari per unit waktu yang diterima pada satu unit luasan permukaan yang tegak lurus arah radiasi matahari pada jarak rata-rata matahari-bumi di luar atmosfer. *World Radiation Center (WRC)* mengambil nilai konstanta matahari (G_{sc}) sebesar 1367 W/m^2 dengan nilai kesalahan sebesar 1 %.

Pengaruh intensitas matahari terhadap daya yang dikeluarkan oleh sel surya menunjukkan bahwa tegangan tidak terlalu

terpengaruh oleh radiasi matahari. Hanya intensitas radiasi yang terlalu rendah saja yang akan mempengaruhi tegangan.

B. Prinsip kerja sel surya fotovoltaik

Sel surya atau dalam dunia internasional lebih dikenal sebagai solar cell atau *photovoltaic cell*, merupakan sebuah divais semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe p dan n yang mampu merubah energisinar matahari menjadi energi listrik. (Yuliarto, 2006).

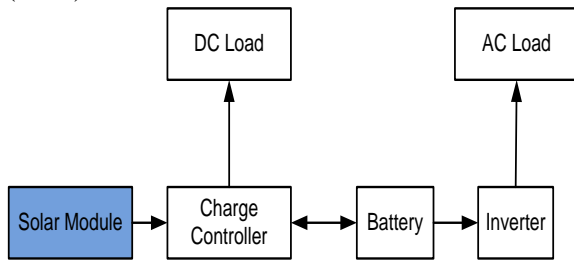
Sel surya disusun dengan menggabungkan silikon jenis p dan jenis n. silikon jenis p adalah silikon yang bersifat positif akibat dari kekurangan electron sedangkan silikon jenis n adalah silikon yang bersifat negatif akibat dari kelebihan electron ketika menerima (dikenai) radiasi surya (berupa foton) pada keduanya (silicon jenis p dan n) terbentuk positif (*hole*) dan negatif (*electron*). Hal ini menyebabkan terciptanya pengkutuban (polarisasi) dimana *hole* bergerak menuju silikon jenis n. Dengan menyambungkan kedua jenis silikon (jenis p dan jenis n) melalui suatu penghantar luar maka terjadi beda potensial antara keduanya dan mengalir arus searah. (Abu bakar dkk, 2006).

Pengertian *photovoltaic* sendiri merupakan proses merubah cahaya menjadi energi listrik. Oleh karena itu bidang penelitian yang berkenaan dengan energi surya inisering juga dikenal dengan penelitian *photovoltaic*. Kata *photovoltaic* berasal dari bahasa Yunani *photos* yang berarti cahaya dan *voltay* yang merupakan nama ahli fisika dari Italia yang menemukan tegangan listrik. Sehingga secara bahasa dapat diartikan sebagai cahaya dan listrik *photovoltaic*. (Yuliarto, 2006)

C. Sistem tenaga surya fotovoltaik

Sistem tenaga surya fotovoltaik yang umum dipakai untuk penerangan adalah sistem individu atau yang lebih sering

dikenal dengan nama *solar home system* (SHS).



Gambar 1. Diagram blok sistem PLTS sederhana

Dari gambar 1 dijelaskan bahwa energi dari sinar matahari yang dikonversi menjadi energi listrik oleh modul akan disalurkan ke *charger controller* untuk mengatur pengisian energi listrik pada *battery*. Dari *charger controller* ini bisa juga langsung digunakan untuk beban arus searah (*DC Load*) atau langsung masuk ke *inverter* untuk diubah menjadi tegangan arus AC. Selanjutnya energi listrik yang dihasilkan *battery* akan dikonversi oleh *inverter* dari tegangan arus searah (DC) menjadi tegangan arus bolak-balik (AC) sehingga dapat dimanfaatkan pada beban arus bolak balik (*AC Load*).

Kondisi meteorologi yang paling dominan dalam mendesain sistem SHS adalah besarnya radiasi harian (Wh/m^2 hari), serta temperatur sekeliling, sedangkan kelembaban dan kecepatan bayu/angin tidak terlalu banyak berpengaruh. (*Abu bakar dkk, 2006*).

D. Energi Angin

Angin adalah udara yang bergerak di alam sekitar kita, karena terdapat gerakan udara yang tidak *horizontal* (*vertical* atau miring) terhadap permukaan tanah maka rumusan yang lebih tepat adalah disebabkan adanya pergerakan udara (relatif) terhadap permukaan bumi. Penyebab utama terjadinya angin adalah perbedaan suhu, perbedaan ini menyebabkan timbulnya perbedaan tekanan dari tekanan udara tinggi ke tekanan udara lebih rendah gerakan udara inilah yang disebut angin yang bersifat

meratakan tekanan udara, sehingga semakin tinggi tekanan udara makin kuat pula aliran angin.

Pada gilirannya perbedaan tekanan udara tersebut merupakan akibat penyinaran matahari dalam hubungannya dengan sifat permukaan bumi antara suatu tempat dengan tempat yang lain, misalnya perbedaan derajat refleksi. Selain itu perputaran bumi pada porosnya juga memegang peranan dalam proses terjadinya angin.

Pada skala yang besar ataupun sirkulasi umum (sirkulasi angin rata-rata di bumi), sirkulasi udara dibangkitkan oleh pemanasan yang lebih banyak/kuat pada permukaan bumi di daerah khatulistiwa dari pada kutub, udara panas dari daerah tropis menjadi lebih ringan dan bergerak naik hingga ke lapisan bawah. Kecepatan angin yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga angin adalah angin kelas 3-8 dengan kecepatan 3,4 – 20,7 m/s.



Gambar 2. Bentuk PLTB

Pembangkit Listrik Tenaga Angin atau sering juga disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah salah satu pembangkit listrik energi terbarukan yang ramah lingkungan dan memiliki efisiensi kerja yang baik jikadibandingkan dengan pembangkit listrik energi terbarukan lainnya.

Prinsip kerja PLTB adalah dengan memanfaatkan energi kinetik angin yang masuk ke dalam area efektif turbin untuk memutar baling-baling/kincir angin, kemudian energi putar ini diteruskan ke generator untuk membangkitkan energi listrik.

Konversi energi listrik pada PLTB ini memerlukan sebuah hembusan angin yang kontinu guna memutar sebuah turbin angin. Turbin angin yang berputar ini akan di hubungkan dengan sebuah transmisi mekanik (opsional) untuk menghasilkan putaran yang lebih tinggi atau lebih rendah untuk kemudian memutar generator. Daya pada sistem PLTB ini terdiri dari beberapa macam yang dapat digolongkan menjadi (*Burton T, dkk. 2001*):

1. Daya Angin (P_w)
2. Daya Turbin Angin (P_A)
3. Daya Generator (P_{Gen})

E. Daya Angin

Daya angin adalah besaran energi yang dapat di hasilkan oleh angin pada kecepatan tertentu yang menabrak sebuah kincir angin dengan luas bidang tertentu. Rumus daya angin ini dapat di tuliskan dengan:

$$P_w = \frac{1}{2} \times \rho_a \times A \times V^3 \quad (1)$$

Dengan:

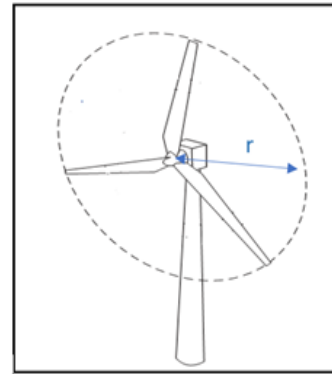
- ρ_a : kerapatan angin pada waktu tertentu ($1,2 \text{ kg/m}^2$)
- v : kecepatan angin pada waktu tertentu. (m/s)
- A : luas daerah sapuan angin (m^2)

Luas daerah sapuan angin dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$A = \pi \cdot r^2 \quad (2)$$

Dengan:

- A : luas daerah sapuan angin (m^2)
- r : Jari-jari lingkaran turbin/ pajang turbin (m)



Gambar 3. Model Turbin dengan jari-jari r

F. Daya Turbin Angin

Daya turbin angin (P_A) adalah besaran energi mekanik yang dapat dibangkitkan oleh rotor turbin angin akibat mendapatkan daya dari hembusan angin. Daya turbin angin tidak sama dengan daya angin dikarenakan daya turbin angin terpengaruh oleh koefisien daya. Rumus daya angin ini dapat di tuliskan dengan:

$$P_A = \frac{1}{2} \times C_p \times \rho_a \times A \times V^3 \quad (3)$$

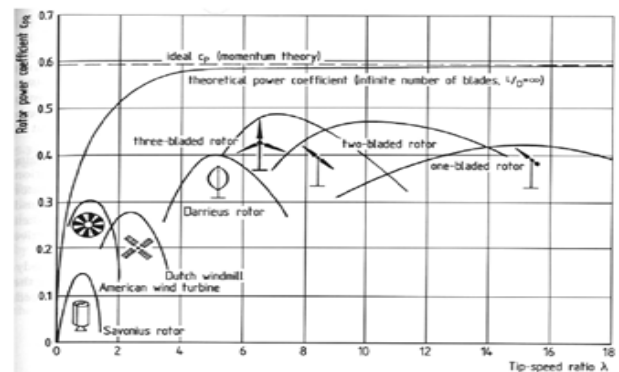
(3)

$$P_A = C_p \times P_w \quad (4)$$

Dengan:

- C_p : Koefisien daya

Perancangan pembangkit listrik tenaga angin biasanya memiliki koefisien daya (C_p) yang memiliki nilai dibawah kostanta *betz law*, dikarenakan adanya rugi-rugi seperti rugi tembaga, rugi besi, rugi *bearing*, dan lain-lain. Besarnya nilai C_p ini memiliki nilai antara 0 – 0,6 dan juga tergantung pada jenis turbin yang akan digunakan.



Gambar 4. Hubungan koefisien daya rotor turbin dengan *speed ratio*

G. Daya Generator

Besar daya generator ini tergantung dari efisiensi generator dan efisiensi yang ada pada transmisi mekanik sehingga daya yang dapat dibangkitkan oleh generator dihitung dengan:

$$P_{gen} = \frac{1}{2} \times C_p \times \rho_a \times A \times V^3 \times \eta_{gearbox} \times \eta_{gen}$$

(5)

Dengan:

$\eta_{gearbox}$: Efisiensi gearbox / transmisi mekanik

η_{gen} : Efisiensi generator

Dari persamaan 4, 5 dan 6 diatas disimpulkan bahwa daya listrik yang dapat dibangkitkan oleh generator, kemudian dimanfaatkan untuk peralatan elektrik tidak sebanding dengan daya angin yang diperoleh. Selisih antara daya yang dihasilkan oleh angin dan daya yang dihasilkan oleh generator sangat besar. Hal ini dikarenakan adanya koefisien daya, efisiensi gearbox, dan efisiensi generator.

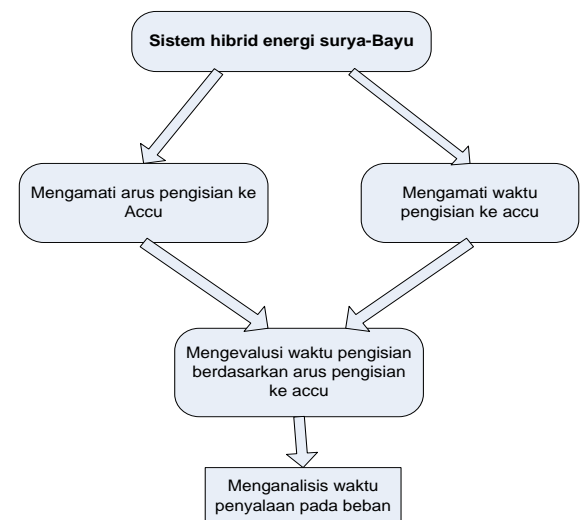
H. Sistem Hibrid

Istilah Hibrid diartikan dengan penggunaan dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda, umumnya digunakan untuk captive Pembangkit Listrik Tenaga Bayu, sehingga diperoleh sinergi yang memberikan keuntungan. ekonomis maupun teknis yang berarti keandalan *system supply*.

Tujuan utama dari sistem hibrid pada dasarnya adalah berusaha menggabungkan dua atau lebih sumber energi (sistem pembangkit) sehingga dapatsaling menutupi kelemahan masing-masing dan dapat dicapai keandalan suplai danefisiensi ekonomis pada *type load (load profile)* tertentu.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan kajian pustaka. Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan dua buah pembangkit listrik yang berbeda kemudian dikombinasikan menjadi satu sumber energy listrik dalam pengisian ke accumulator. Perakitan komponen dilakukan di Laboratorium Teknik Tenaga Listrik Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar dan pengujian dilaksanakan di Pantai Akarena, Makassar Proses pengujian dilaksanakan seperti ambar 5.



Gambar 5 Langkah-langkah pengujian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 Hasil pengujian pengisian accumulator pada kondisi cerah dengan kecepatan angin < 5 m/dt

No	Waktu (jam)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
1	8.00	13,2	6,3
2	9.00	13,4	7,1
3	10.00	13,6	8,5
4	11.00	13,9	8,2
5	12.00	14,1	8,8
6	13.00	14,0	8,4
7	14.00	13,8	8,2
8	15.00	13,2	7,8
9	16.00	12,2	5,6
10	17.00	12,05	5,2

Pada tabel 1 ditunjukkan bahwa dari pukul 8.00 – 17.00 Wita, pada kondisi cerah dengan kecepatan angin dibawah 5 m/dt, arus pengisian maksimum pada pukul 12.00 sebesar 8,8 A. hal ini terjadi pada saat matahari tegak lurus terhadap surya. Sedangkan suplai dari energy bayu sama dengan nol karena tegangan dari pembangkit listrik tenaga bayu lebih kecil dari tegangan nominal accumulator.

Tabel 2 Hasil pengujian pengisian accumulator pada kondisi cerah dengan kecepatan angin > 5 m/dt

No	Waktu (jam)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
1	8.00	13,2	6,3
2	9.00	13,4	7,1
3	10.00	13,6	8,5
4	11.00	13,9	8,2
5	12.00	14,1	8,8
6	13.00	14,0	8,4
7	14.00	13,8	8,2
8	15.00	14,3	10,0
9	16.00	14,6	10,2
10	17.00	14,8	10,3

Pada tabel 2 ditunjukkan bahwa dari pukul 15.00 – 17.00 Wita, arus pengisian maksimum pada pukul 17.00 sebesar 10,3 A. hal ini terjadi pada saat pembangkit listrik tenaga bayu telah mengisi accumulator dan bekerja bersama-sama dengan suplai dari panel surya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Arus pengisian system hybrid pembangkit listrik energy surya-bayu teregantung pada kondisi matahari dan kecepatan angin
2. Waktu pengisian ke accumulator tergantung pada besarnya arus pengisian dari pembangkit listrik tenaga hybrid Surya-Bayu

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Direktorat Jenderal Pembelajaran dan Kemahasiswaan Dan Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat yang mendanai Penelitian ini

REFERENSI

- Burton T, Sharpe D, Jenkin N, Bossanyi E. 2001. Wind Energy Handbook .New York: Wiley.
- El-wakil, M. M. 1984. Powerplant Technology. Mc Graw-Hill Book Company, Singapore
- Gray Davis, Juni 2001, a guide to photovoltaic (PV) system design and installation, California, Regional Economic Research, Inc
- Lubis, Abubakar, dan Sudrajat, Adjat. 2006. Listrik Tenaga Surya fotovoltaik. BPPT PRESS, Jakarta. diakses tanggal 15 September 2010
- Liem Ek Bien, Ishak Kasim & Wahyu Wibowo, Agustus 2008. Perancangan system hybrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Jala-jala Listrik PLN untuk rumah Perkotaan, JETri, Universitas Trisakti, Jakarta, diakses tanggal 23 Juli 2010
- Matus Sau, 2013. Desain pembangkit listrik energy bayu dan energy surya sebagai upaya hemat energy listrik, Adwidia, 2013
- Rahadian Muda S, 2009. Pemanfaatan Sel Surya Sebagai Catu Daya Sistem Pendingin Mekanis Pada Kapal Ikan, Teknik Perkapalan, ITS Surabaya, diakses tanggal 2 Agustus 2010
- Yulianto B, 2006. Energi Surya: Alternatif Sumber Energi Masa Depan di Indonesia, Berita Iptek. 2006. Diakses tanggal 12 Juni 2012

Agus Adria dan Tarmizi, 2015. Model Hibrid PV-Genset Aplikasi pada Sistem Off-Grid. Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro 2015

Medugu, D. W. & Michael, E., 2014, Integrated Solar – Wind Hybrid Power Generating System for Residential Application, Global Journals Inc. (USA) Online ISSN: 2249-4596 & Print ISSN: 0975-5861

Matius Sau, Hestikah Eirene Patoding, 2017. Model design of solar-diesel hybrid power system with homer pro. volume: 06 issue: 09 | sep-2017, p.126-132. available @ <http://www.ijret.org>