

# Pengukuran Arus dan Tegangan pada Sistem Pembangkit Listrik Hybrid (Tenaga Angin dan Tenaga Matahari) Menggunakan Atmega 8535

HANDJOKO P. DAN SATWIKO S.

Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Jakarta, Jakarta Timur, Indonesia;  
e-mail: h.permana@yahoo.com, sidopekso61@yahoo.com.au

**INTISARI:** Energi yang dimanfaatkan dalam penelitian ini merupakan gabungan antara energi angin dan energi matahari. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya yang dihasilkan sistem pembangkit listrik gabungan energi angin dan energi matahari (sistem hybrid). Pengukuran arus dan tegangan sistem hybrid dilakukan selama 24 jam setiap satu detik kemudian dirata-ratakan setiap satu menit. Tegangan maksimum diperoleh sebesar 78 Volt, pada malam hari (tidak ada tegangan yang dihasilkan modul surya). Tegangan maksimum yang dihasilkan sistem hybrid, pada saat turbin angin dan modul surya bekerja adalah sebesar 71.8 Volt. Arus maksimum diperoleh sistem hybrid, pada saat turbin angin dan modul surya bekerja adalah sebesar 5.9 Ampere. Tegangan dan Arus yang dihasilkan pada sistem hybrid (gabungan energi angin dan energi matahari) lebih besar daripada tegangan yang dihasilkan oleh turbin angin atau modul surya saja. Ketelitian data tegangan sebesar 0.024 V/bit, ketelitian data arus ialah sebesar 0.048 A/bit.

**KATA KUNCI:** sistem hybrid, turbin angin, modul surya

Received: 6 April 2012; Accepted: 25 April 2012

## 1 PENDAHULUAN

Pada saat ini, tidak ada aktivitas tanpa adanya energi, oleh karena itu energi sangat dibutuhkan. Sebagian besar energi digunakan pada saat ini berasal dari fosil, tidak bisa diperbaharui (*non-renewable energy*), yang tentunya akan habis jika digunakan secara terus menerus. Semakin menipisnya persediaan energi fosil, menyebabkan banyak penelitian yang difokuskan pada energi alternatif atau energi yang dapat diperbaharui (*renewable energy*). Pada saat ini energi listrik sangat dibutuhkan, sedangkan menurut data International Energy Agency (IEA), tahun 2005, sektor kelistrikan adalah penyumbang terbesar emisi karbon dunia (41%), disusul transportasi (23%), industri (19%), rumah tangga (7%), dan lain-lain (10%). Dimana emisi karbon tersebut yang menyebabkan pemanasan global, dengandemikian, maka pemanfaatan sumber energi terbarukan harus ramah lingkungan seperti pemanfaatan sumber energi matahari dengan menggunakan sel surya, pemanfaatan sumber energi angin dengan menggunakan turbin angin, dll.

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terletak di garis khatulistiwa. Hal tersebut menyebabkan Indonesia memiliki potensi angin yang besar serta mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun, dengan demikian sangat menguntungkan bagi Indonesia untuk pemanfaatan energi matahari dan energi angin sebagai sumber energi alternatif.

Salah satu ukuran performansi dari sel surya dan turbin angin adalah efisiensi. Yaitu prosentasi perubahan energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Tetapi pada kenyataannya, efisiensi dari sel surya yang ada saat ini masih rendah. Untuk sel surya jenis monocrystalline silicon efisiensinya 12-15%, jenis multycrystalline silicon 10-13%, amorphous silicon 6-9%. Untuk efisiensi turbin angin 30-40%.

Peningkatan efisiensi turbin angin dan sel surya dapat diketahui dengan melakukan pengukuran berbagai indikator seperti tegangan, arus dan daya keluaran dari kedua alat tersebut. Dalam penelitian ini, pengukuran indikator-indikator tersebut akan dilakukan dengan menggunakan Atmega 8535. Penggunaan Atmega 8535 dikarenakan Atmega 8535 tidak hanya dapat mengukur arus dan tegangan, tetapi juga dapat mengakuisisi data dengan dihubungkan langsung ke PC.

## 2 KAJIAN TEORI

### 2.1 Proses Konversi Energi Matahari Menjadi Energi Listrik

Proses konversi cahaya matahari menjadi listrik dapat terjadi karena bahan penyusun sel surya berupa semikonduktor, yaitu semikonduktor jenis n dan p. Semikonduktor jenis n merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebih-

han muatan negatif. Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga kelebihan muatan positif.

Prinsip kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel. Energi yang dipancarkan oleh sebuah cahaya dengan panjang gelombang  $V$  dirumuskan dengan persamaan  $E = hc/\lambda$ . Dengan  $h$  adalah konstanta Plancks ( $6,62 \times 10^{-34}$  Js) dan  $c$  adalah kecepatan cahaya dalam vakum ( $3,00 \times 10^8$  m/s). Persamaan di atas juga menunjukkan bahwa photon dapat dilihat sebagai sebuah partikel energi atau sebagai gelombang dengan panjang gelombang dan frekuensi tertentu. Dengan menggunakan sebuah divais semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe p dan n, cahaya yang datang akan mampu dirubah menjadi energi listrik.

## 2.2 Energi Angin

Energi angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan dan energi ramah lingkungan karena relatif tidak menimbulkan emisi udara. Keluaran daya dari wind generator dapat dinyatakan dengan fungsi non linear dari koefisien daya (*power coefficient*).

Daya angin yang tersedia adalah potensi energi angin di suatu lokasi dan dikoreksi dengan menggunakan faktor pola energi,  $k_E$  yang didefinisikan sebagai:

$$k_E = \frac{\text{daya angin tersedia}}{\text{daya kecepatan rata-rata}} \quad (1)$$

Pada turbin angin dikenal istilah Batasan Betz (Betz limit) yang menyatakan bahwa daya maksimum yang diserap oleh turbin angin tidak melebihi 59,3% dari daya angin yang tersedia

## 2.3 Perangkat Akuisisi Data

**Mikrokontroler** Mikrokontroler adalah *single chip computer* yang memiliki kemampuan untuk di program dan digunakan untuk tugas yang berorientasi control. Pada alat ini digunakan mikrokontroler jenis AVR yaitu ATmega 8535 produksi ATMEL yang bersifat *low cost* dan *high performance*, dengan fitur yang cukup lengkap, mudah di dapat, dan harga yang relatif terjangkau.

**Codevision AVR** Codevision AVR merupakan salah satu perangkat lunak *compiler C* yang khusus digunakan untuk mikrokontroler keluaran AVR ATMEL. *Compiler C* melaksanakan semua elemen dari bahasa C ANSI, sesuai dengan yang diperbolehkan oleh arsitektur AVR dengan beberapa fitur yang ditambahkan guna memaksimalkan dari arsitektur AVR dan kebutuhan. Untuk *debugging embedded system* yang menggunakan komunikasi serial, IDE (*Integrated*

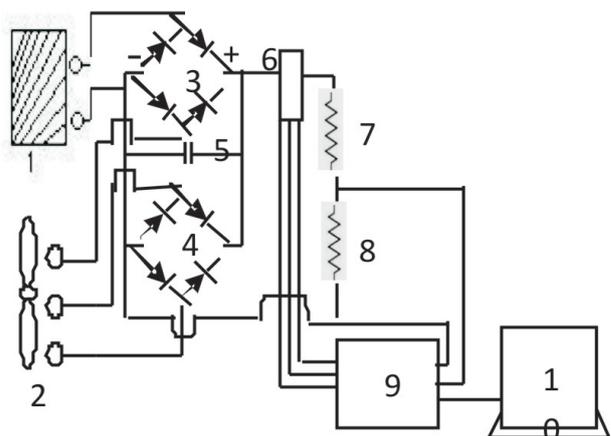
*Development Environment*) sudah memiliki *built-in internal*.

## 3 EKSPERIMEN

Pada penelitian ini digunakan 1 buah turbin angin tipe horizontal 3 sudu 300 Watt, buah modul surya *polycrystalline* dan 3 buah modul *monocrystalline*, serta *mikrocontroller* Atmega 8535 sebagai alat untuk mengakuisisi data. Modul surya disusun seperti Gambar 1, di mana ketiga modul surya *monocrystalline* disusun secara paralel agar menghasilkan arus keluaran lebih besar. Kemudian modul surya *monocrystalline* tersebut disusun secara seri dengan modul surya *polycrystalline* untuk menghasilkan tegangan keluaran lebih besar, kemudian dihubungkan dengan turbin angin, dan dirangkai seperti Gambar 2.



GAMBAR 1: Skema rancang bangun pemanfaatan modul surya monocrystalline di FMIPA UNJ



GAMBAR 2: Skema rancang bangun pemanfaatan modul surya monocrystalline di FMIPA UNJ

Keterangan:

- 1 = Modul surya

- 2 = Turbin angin
- 3,4 = Dioda bridge
- 5 = Kapasitor 16000  $\mu$ F
- 6 = Sensor arus DCS-01
- 7 = Resistor 47 $\Omega$ , 5 Watt
- 8 = Resistor 2 $\Omega$ , 5 Watt
- 9 = Mikrokontroler, Atmega 8535
- 10 = Komputer

## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Keteletian Data Tegangan

Pembacaan tegangan dalam penelitian ini menggunakan rangkaian thevenin, dengan R1 merupakan resistor 350 K $\Omega$ , dan R2 merupakan resistor 10 K $\Omega$ . V<sub>reff</sub> mikrokontroler adalah 5 volt dan ADC mikrokontroler 10 bit, maka ketelitian data tegangan adalah 0.024 V/bit.

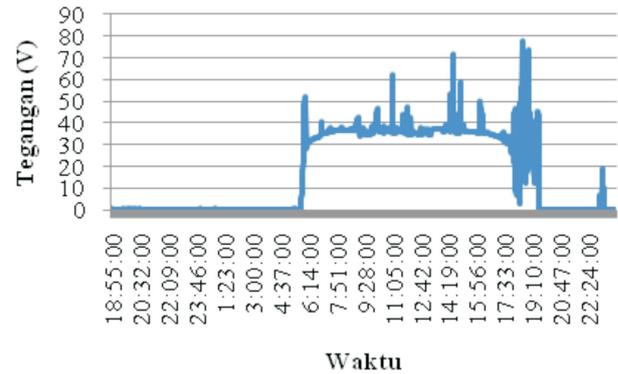
### 4.2 Ketelitian Data Arus

Pembacaan arus dalam penelitian ini menggunakan sensor arus DCS-01. Berdasarkan spesifikasi sensor tersebut terdapat hubungan linear antara arus dan tegangan yang terbaca, dimana 0 A berada pada titik 2.5 V, dan setiap kenaikan 0.5 V menunjukkan kenaikan 5 V. V<sub>reff</sub> mikrokontroler adalah 5 volt dan bit mikrokontroler adalah 10 bit, maka ketelitian dari sensor arus ini ialah 0.048A/bit.

### 4.3 Tegangan, Arus, dan Daya keluaran dari Sistem Hybrid Secara Manual

**Tegangan keluaran sistem hybrid** Pada Gambar 3, tegangan tertinggi yang diperoleh sebesar 78 volt, terjadi pada pukul 18:36:00 WIB. Berdasarkan penelitian sebelumnya telah didapatkan bahwa kecepatan angin pada saat itu sekitar 12 m/s. Pada saat itu tegangan yang dihasilkan hanya dari turbin angin, sedangkan tegangan maksimum yang dihasilkan pada saat keduanya (turbin angin dan modul surya bekerja) sebesar 71.8 volt, pada pukul 14:37:00 WIB. Sedangkan tegangan terendah adalah 0 volt, terjadi pada malam hari, saat *blade* turbin tidak berputar dan tidak ada sinar matahari yang mengenai modul surya.

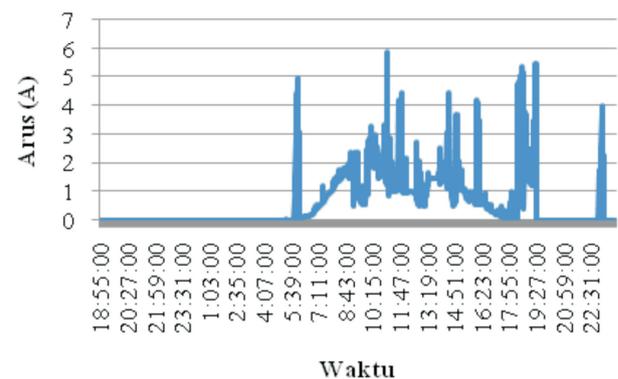
**Arus sistem hybrid** Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa arus pada siang hari lebih besar dibandingkan dengan arus pada pagi hari, sore hari ataupun malam hari. Hal ini dikarenakan posisi matahari pada siang hari semakin tegak lurus dengan permukaan bumi, dengan demikian intensitas matahari yang mengenai modul surya akan lebih besar, sehingga



GAMBAR 3: Grafik tegangan sistem hybrid terhadap waktu

menghasilkan arus yang lebih besar pula. Ketidakstabilan arus di beberapa titik pada Gambar 4 menunjukkan adanya arus listrik yang dihasilkan oleh turbin angin.

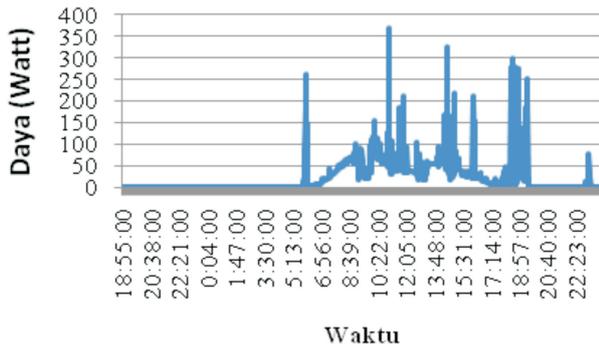
Arus maksimum terjadi pada pukul 11:06:00 WIB sebesar 5.9 ampere, sedangkan arus minimum yang diperoleh sebesar 0 ampere, ketika matahari tidak bersinar dan *blade* turbin angin tidak berputar.



GAMBAR 4: Arus yang dihasilkan sistem hybrid

**Daya yang dihasilkan sistem hybrid** Gambar 5 menunjukkan besarnya daya yang dihasilkan dari sistem hybrid. Daya maksimum yang diperoleh sebesar 368.16 watt pada pukul 11:06:00 WIB, ketika tegangan yang dihasilkan sebesar 62.4 volt dan arus yang dihasilkan sebesar 5.9 ampere. Sedangkan daya minimum sebesar 0 watt, terjadi pada saat tidak ada sinar matahari dan tidak ada angin yang menggerakkan *blade* turbin angin.

Besarnya arus dan tegangan keluaran dari sistem hybrid bergantung pada intensitas matahari mengenai permukaan modul surya, temperatur pada modul surya, kecepatan angin. Daya dihasilkan siang hari selalu lebih besar dari daya dihasilkan pada malam hari, ataupun pagi hari.

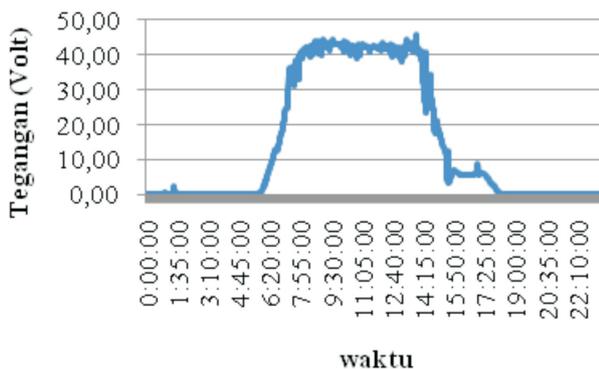


GAMBAR 5: Daya yang dihasilkan sistem hybrid

#### 4.4 Tegangan, Arus dan Daya keluaran dari Sistem Hybrid dengan Atmega 8535

##### Tegangan sistem hybrid dengan Atmega 8535

Gambar 6 merupakan grafik tegangan keluaran dari sistem hybrid dengan menggunakan atmega 8535. Grafik tegangan yang diukur secara manual lebih fluktuatif dibandingkan dengan grafik yang diukur dengan menggunakan atmega 8535, hal ini karena Atmega 8535 lebih stabil dibandingkan dengan multimeter. Pada grafik tersebut, terlihat tegangan yang dihasilkan pada malam hari sangat kecil, yaitu sebesar 2.49 volt pada pukul 1:23:00 WIB, pada saat itu tegangan yang dihasilkan hanya dari turbin angin. sedangkan tegangan maksimum yang dihasilkan pada sistem hybrid, pada saat turbin angin dan modul surya bekerja adalah sebesar 45.73 volt pada pukul 13:54:00 WIB. Tegangan minimum yang dihasilkan adalah 0 volt, pada saat turbin angin dan modul surya tidak bekerja.

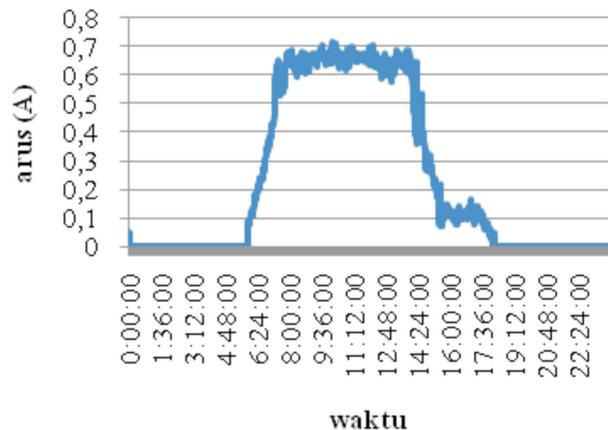


GAMBAR 6: Grafik Tegangan Keluaran Sistem Hybrid

##### Arus sistem hybrid dengan Atmega 8535

Grafik arus pada Gambar 7 memiliki pola yang sama dengan grafik tegangan pada Gambar 6. Pola grafik arus pada Gambar 7 berbeda dengan pola arus pada Gambar 4, hal ini karena sensor arus DCS-01 memi-

liki ketelitian yang cukup besar, yaitu 0.048 A/bit, sehingga arus yang terbaca pada Atmega 8535 lebih stabil dibandingkan dengan arus yang terbaca pada multimeter. Pada malam hari, arus hanya muncul pada pukul 00:00:00 WIB, sebesar 0.05 ampere. Arus minimum terjadi pada saat matahari tidak bersinar dan *blade* tidak berputar.

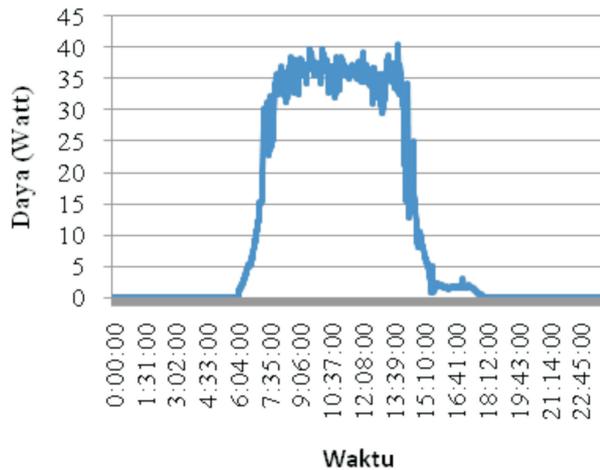


GAMBAR 7: Grafik Keluaran Arus Pada Sistem Hybrid Menggunakan Atmega 8535

**Daya sistem hybrid dengan Atmega 85** Gambar 8 Merupakan grafik daya keluaran pada sistem pembangkit listrik hybrid. Pola grafik gambar 8 hampir sama dengan pola grafik pada gambar 6 dan 7. Daya yang dihasilkan pada sistem hybrid dengan Atmega 8535 lebih kecil dibandingkan daya yang dihasilkan secara manual, hal ini dikarenakan arus yang terbaca Atmega 8535 lebih kecil, daripada arus yang terbaca oleh multimeter. Lebih kecilnya arus tersebut disebabkan oleh sensor arus DCS-01 yang sensitif terhadap temperatur. Daya maksimum yang dihasilkan sistem hybrid dengan Atmega 8535 adalah 40.61 watt, pada pukul 13:54:00 WIB.

## 5 KESIMPULAN

1. Arus dan tegangan dihasilkan sistem pembangkit listrik pada siang hari lebih didominasi oleh arus dan tegangan dari modul surya dibandingkan yang dihasilkan turbin angin
2. Tegangan maksimum diperoleh sebesar 78 volt, pada malam hari (tidak ada tegangan yang dihasilkan modul surya)
3. Tegangan maksimum dari perolehan data dihasilkan pada sistem hybrid, saat turbin angin dan modul surya bekerja adalah sebesar 71.8 volt



GAMBAR 8: Grafik daya keluaran pada sistem hybrid dengan Atmega 8535

4. Arus maksimum diperoleh pada data sistem hybrid, pada saat turbin angin dan modul surya bekerja adalah sebesar 5.9 ampere.

5. Arus dan tegangan diperoleh data dari sistem pembangkit listrik lebih besar dari arus dan tegangan diperoleh dari energi matahari saja atau energi angin saja.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariantii, E., 2000, Studi Eksperimen Karakteristik Arus-Tegangan Sel Surya Silikon, *Skripsi*, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta
- [2] Arief, B., 2009, *Modul Praktikum Mikrokontroler*, Jurusan Fisika, Universitas Negeri Jakarta
- [3] Burton, T. dkk., 2001, *Wind Energy Handbook*, John Wiley & Sons, Chichester
- [4] Halim, A., 2001, *Photovoltaic Power System: Harapan dan Kenyataan Dimensi Waktu Sains Dan Teknologi*, ISECS
- [5] Markvart, T., 1996, Sizing of hybrid PV-wind energy systems, *Solar Energy*, 59 (4), 277-281, England
- [6] Yang, H., 2007, Optimal sizing method for stand-alone hybrid solar-wind system with LPSP technology by using genetic algorithm, Department of Building Services Engineering, China