

# RANCANG BANGUN HYBRID SISTEM SEL SURYA DAN TURBIN ANGIN SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK ALTERNATIF

Muhammad Ilyas Syarif<sup>1)</sup>, Muh. Yusuf Yunus<sup>2)</sup>

**Abstrak:** Kemajuan yang telah dicapai oleh Bangsa Indonesia khususnya dalam bidang kesejahteraan rakyat sampai saat ini telah dapat dirasakan oleh hampir seluruh masyarakat Indonesia. Tetapi lain halnya yang dirasakan oleh masyarakat Desa Rannaloe Kecamatan Bungaya Kabupaten Gowa yang hingga sekarang belum dapat menikmati fasilitas energi listrik dari pemerintah. Penelitian ini dilaksanakan dengan melakukan perancangan sel surya dan perancangan turbin angin selanjutnya tegangan luaran sel surya dan tegangan luaran turbin angin digabungkan (hybrid) ke sebuah baterai/aki. Tegangan bolak-balik AC diperoleh dengan memasang sebuah peralatan inverter DC ke AC, luaran inverter inilah yang dihubungkan ke beban. Hasil pelaksanaan penelitian ini berupa sebuah peralatan Hybrid System sel surya dan turbin angin yang dapat menghasilkan energi listrik dengan luaran berupa tegangan AC 220 Volt dan 50 Hz dengan daya sebesar 250 Watt.

**Kata kunci:** Hybrid system, sel surya, turbin angin, energi listrik.

## I. PENDAHULUAN

Hybrid system merupakan suatu teknik untuk menggabungkan dua buah sesuatu yang dalam penelitian ini peneliti akan melakukan penggabungan (hybrid) antara sel surya dan turbin angin. Penggabungan kedua sistem tersebut diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan menjamin tersedianya energi listrik secara penuh sepanjang waktu, pada siang hari sel surya dapat bekerja untuk mengisi baterai dan turbin angin baik siang maupun malam hari dapat pula bekerja seiring dengan mengalirnya aliran udara (angin).

Lokasi penelitian ini sangat mendukung terhadap peralatan sel surya dan turbin angin karena berada di lokasi pegunungan sehingga diharapkan potensi sumber daya alam yang dimiliki daerah ini dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan masyarakat berupa tersedianya sumber energi listrik. sehingga dapat dikatakan bahwa penelitian ini bertujuan untuk mengatasi ketiadaan listrik yang dialami oleh masyarakat Desa Rannaloe Kecamatan Bontomarannu Kabupaten Gowa.

---

<sup>1</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang

<sup>2</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

## II. TEORI DASAR

### 2.1 *Sel Surya*

Sel surya atau Solar cell merupakan alat yang dapat mengkonversikan energi matahari menjadi energi arus searah. Solar *cell* silikon sebenarnya adalah sebuah *cell photovoltaic* yang terbuat dari bahan jenis semikonduktor, bahan jenis ini adalah silikon dan *germanium* yang bersifat sebagai konduktor dan isolator yang baik, Untuk silikon, *Si* mempunyai nomor atom 14 dan dapat digambarkan dengan menganggap ke-14 elektron bergerak mengikuti intinya. Atom terdiri dari inti yang mengandung proton dan *neutron* yang dikelilingi oleh elektron.

Pada sel surya terdapat sambungan (*junction*) antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing-masing sebagai semikonduktor jenis "P" (positif) dan semikonduktor jenis "N" (negatif). Semikonduktor jenis-N dibuat dari kristal silikon dan terdapat juga sejumlah material lain (umumnya posfor) dalam batasan bahwa material tersebut dapat memberikan suatu kelebihan elektron bebas.

### 2.2 *Prinsip Kerja*

Sebuah solar cell identik dengan sebuah dioda, terdiri dari dua lapisan yang disebut PN junction. Pada bagian kiri terbentuk silikon yang tidak murni lagi dan dinamakan silikon jenis P, sedangkan yang sebelah kanan dinamakan silikon jenis N. Di dalam silikon murni terdapat dua macam pembawa muatan listrik yang seimbang. Pembawa muatan listrik yang positif disebut hole, sedangkan yang negatif disebut elektron. Silikon jenis P hole merupakan pembawa muatan mayoritas, sedangkan elektron merupakan pembawa muatan minoritas. Sebaliknya, di dalam silikon jenis N terbentuk elektron dalam jumlah yang sangat besar sehingga disebut pembawa muatan mayoritas, dan hole disebut pembawa muatan minoritas.

Di dalam batang silikon terjadi pertemuan antara bagian P dan bagian N, karena itu disebut PN junction. apabila bagian P dihubungkan dengan kutub positif dari sebuah baterai, sedangkan kutub negatifnya dihubungkan dengan bagian N, maka terjadi hubungan yang disebut "*forward bias*". Dalam keadaan *forward bias* akan timbul arus listrik yang disebabkan oleh kedua macam pembawa muatan. Jadi arus listrik yang mengalir di dalam PN junction disebabkan oleh gerakan hole dan gerakan elektron. Arus listrik itu mengalir searah dengan gerakan hole, tapi berlawanan arah dengan gerakan elektron. Sekedar untuk lebih menjelaskan, elektron yang bergerak di dalam bahan konduktor dapat menimbulkan energi listrik. Dan energi listrik inilah yang disebut sebagai arus listrik yang mengalir berlawanan arah dengan gerakan elektron.

Apabila bagian P dihubungkan dengan kutub negatif dari baterai dan bagian N dihubungkan dengan kutub positifnya, maka sekarang terbentuk hubungan yang dinamakan "*reverse bias*". Dengan keadaan seperti ini, maka hole (pembawa muatan positif) dapat tersambung langsung ke kutub positif, sedangkan elektron juga langsung ke kutub positif. Jadi, jelas di dalam PN junction tidak ada gerakan

pembawa muatan mayoritas baik yang hole maupun yang elektron. Sedangkan pembawa muatan minoritas (elektron) di dalam bagian P bergerak berusaha untuk mencapai kutub positif baterai. Demikian pula pembawa muatan minoritas (*hole*) di dalam bagian N juga bergerak berusaha mencapai kutub negatif. Karena itu, dalam keadaan reverse bias, di dalam PN junction ada juga arus yang timbul meskipun dalam jumlah yang sangat kecil (*mikro ampere*). Arus ini sering disebut dengan *reverse saturation current* atau *leakage current* (arus bocor).

Ada yang menarik dalam keadaan reverse bias itu. Bila suhu PN junction tsb dinaikkan ternyata dapat memperbesar arus bocor yang timbul itu. Berarti bila diberi energi (panas), pembawa muatan minoritas di dalam PN junction bertambah banyak. Karena cahaya itu merupakan salah satu bentuk energi, maka bila ada cahaya yang menimpa suatu PN junction dapat juga menghasilkan energi yang cukup untuk menghasilkan pembawa muatan. Gejala seperti ini dinamakan fotokonduktif. Berdasarkan gejala fotokonduktif itu maka dibuat komponen elektronik fotodioda dari PN junction itu.

Dalam keadaan reverse bias, dengan memperbesar intensitas cahaya yang menimpa fotodioda maka dapat meningkatkan arus bocornya. Arus bocor dapat juga diperbesar dengan memperbesar tegangan batere (tegangan reverse), tapi penambahan arus bocornya itu tidak signifikan. Bila baterai dalam rangkaian reverse bias itu dilepas dan diganti dengan beban tahanan, maka pemberian cahaya itu dapat menimbulkan pembawa muatan baik hole maupun elektron. Jika iluminasi cahaya itu ditingkatkan, ternyata arus yang timbul semakin besar. Gejala seperti ini dinamakan photovoltaic. Cahaya dapat memberikan energi yang cukup besar untuk memperbesar jumlah hole pada bagian P dan jumlah elektron pada bagian N. Berdasarkan gejala photovoltaic ini maka dapat diciptakan komponen elektronik photovoltaic cell. Karena biasanya matahari sebagai sumber cahaya, maka photovoltaic cell sering juga disebut solar cell (sel surya) atau solar energy converter.

sel surya pada dasarnya adalah sebuah foto dioda yang besar dan dirancang dengan mengacu pada gejala photovoltaic sedemikian rupa sehingga dapat menghasilkan daya yang sebesar mungkin. Silikon jenis P merupakan lapisan permukaan yang dibuat sangat tipis supaya cahaya matahari dapat menembus langsung mencapai junction. Bagian P ini diberi lapisan nikel yang berbentuk cincin, sebagai terminal keluaran positif. Di bawah bagian P terdapat bagian jenis N yang dilapisi dengan nikel juga sebagai terminal keluaran negatif.

### 2.3 Turbin Angin

Turbin angin merupakan suatu peralatan mekanis yang terdiri dari kincir angin dan sebuah generator DC, kecepatan angin yang dibutuhkan untuk memutar baling-baling dari kincir adalah minimal 2,5 m/s sedangkan kecepatan idealnya adalah 7 m/s. Setelah dikopel atau dihubungkan dengan generator maka akan dihasilkan energi listrik. Sudu pengarah diletakkan pada bagian ekor/belakang dari kincir untuk

mengarahkan baling-baling sesuai dengan arah kecepatan angin. Tegangan output yang dihasilkan adalah sebesar 24 Volt DC.

Instalasi listrik.

Perhitungan daya yang dapat dihasilkan oleh sebuah turbin angin dengan diameter kipas  $r$  adalah:  $P = \frac{1}{2} \rho \pi R^2 v^3$  dengan  $\rho$  adalah kerapatan angin pada waktu

tertentu dan  $v$  adalah kecepatan angin pada waktu tertentu. Umumnya daya efektif yang diperoleh oleh sebuah turbin angin hanya sebesar 20%-30%. Jadi rumus diatas dapat dikalikan dengan 0,2 atau 0,3 untuk mendapatkan hasil yang cukup eksak. Terdapat berbagai macam sub-sistem yang dapat meningkatkan safety dan efisiensi dari turbin angin, yaitu:

1. **Gearbox**, alat ini berfungsi untuk mengubah putaran rendah pada kincir menjadi putaran tinggi. Biasanya Gearbox yang digunakan sekitar 1:60
2. **Brake system**, digunakan untuk menjaga putaran pada poros setelah gearbox agar bekerja pada titik aman saat terdapat angin yang besar. Alat ini perlu dipasang karena generator memiliki titik kerja aman dalam pengoperasiannya. Generator ini akan menghasilkan energi listrik maksimal pada saat bekerja pada titik kerja yang telah ditentukan. Kehadiran angin diluar diguaan akan menyebabkan putaran yang cukup cepat pada poros generator, sehingga jika tidak diatasi maka putaran ini dapat merusak generator. Dampak dari kerusakan akibat putaran berlebih diantaranya : overheat, rotor breakdown, kawat pada generator putus, karena tidak dapat menahan arus yang cukup besar
3. **Generator**, ini adalah salah satu komponen terpenting dalam pembuatan sistem turbin angin. Generator ini dapat mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Prinsip kerjanya dapat dipelajari dengan menggunakan teori medan elektromagnetik. Singkatnya, (mengacu pada salah satu cara kerja generator) poros pada generator dipasang dengan material ferromagnetik permanen. Setelah itu disekeliling poros terdapat stator yang bentuk fisisnya adalah kumparan-kumparan kawat yang membentuk loop. Ketika poros generator mulai berputar maka akan terjadi perubahan fluks pada stator yang akhirnya karena terjadi perubahan fluks ini akan dihasilkan tegangan dan arus listrik tertentu. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan ini disalurkan melalui kabel jaringan listrik untuk akhirnya digunakan oleh masyarakat. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator ini berupa AC(alternating current) yang memiliki bentuk gelombang kurang lebih sinusoidal
4. **Penyimpanan energi**, karena keterbatasan ketersediaan akan energi angin (tidak sepanjang hari angin akan selalu tersedia) maka ketersediaan listrik pun tidak menentu. Oleh karena itu digunakan alat penyimpan energi yang berfungsi sebagai back-up energi listrik. Ketika beban penggunaan daya listrik masyarakat meningkat atau ketika kecepatan angin suatu daerah sedang menurun, maka kebutuhan permintaan akan daya listrik tidak dapat terpenuhi. Oleh karena itu kita perlu menyimpan sebagian energi yang dihasilkan ketika terjadi kelebihan daya pada saat turbin angin berputar kencang atau saat penggunaan daya pada masyarakat menurun.

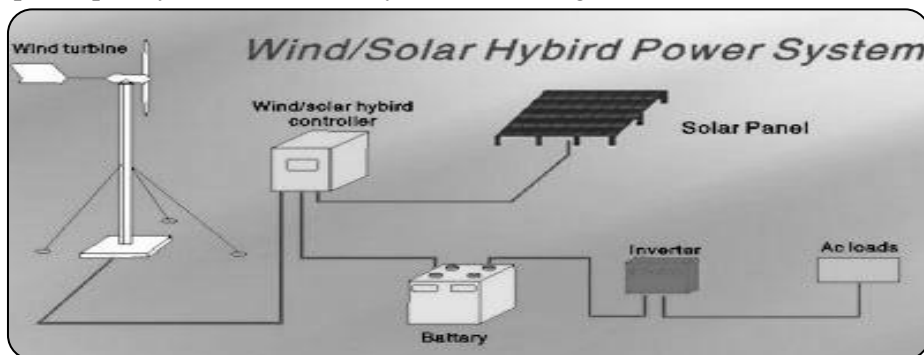
Penyimpanan energi ini diakomodasi dengan menggunakan alat penyimpanan energi. Contoh sederhana yang dapat dijadikan referensi sebagai alat penyimpanan energi listrik adalah aki mobil. Aki mobil memiliki kapasitas penyimpanan energi yang cukup besar. Aki 12 volt, 65 Ah dapat dipakai untuk mencatu rumah tangga (kurang lebih) selama 0.5 jam pada daya 780 watt.

5. **Rectifier-inverter**, Rectifier berarti penyearah. Rectifier dapat menyearahkan gelombang sinusoidal(AC) yang dihasilkan oleh generator menjadi gelombang DC. Inverter berarti pembalik. Ketika dibutuhkan daya dari penyimpan energi(aki/lainnya) maka catu yang dihasilkan oleh aki akan berbentuk gelombang DC. Karena kebanyakan kebutuhan rumah tangga menggunakan catu daya AC, maka diperlukan inverter untuk mengubah gelombang DC yang dikeluarkan oleh aki menjadi gelombang AC, agar dapat digunakan oleh rumah tangga.

### III. METODE PENELITIAN

Adapun metode pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang peralatan solar sel  
Solar sel yang digunakan terdiri dari 2 (dua) buah modul dengan level tegangan sebesar 12 Volt. Kedua modul tersebut dirangkai secara seri sehingga tegangan luaran yang didapatkan adalah 24 Volt DC.
2. Merancang peralatan turbin angin  
Turbin angin yang digunakan adalah jenis Wind Power 200WP dengan 3 buah baling-baling (*Blade*) dengan diameter 2,2 meter dan tinggi 5,5 meter dan tegangan luaran sebesar 24 Volt DC.
3. Hybrid antara solar sel dan turbin angin  
Setelah peralatan solar sel dan turbin angin selesai dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan penggabungan sistem (*Hybrid*) sehingga masing-masing luarnya terhubung ke sumber baterai (menggunakan 2 buah aki kering 12 Volt, 70Ah yang terhubung seri). Gambar dibawah ini memberikan gambaran dari penerapan hybrid sistem sel surya dan turbin angin.



Gambar 1. Hybrid sistem sel surya dan turbin angin

4. Melakukan instalasi penerangan listrik  
Proses instalasi listrik dibuat sedemikian rupa sehingga terpasang 3 buah titik lampu, duah buah stop kontak dan sebagai pengaman digunakan sebuah MCB 2 Ampere.
5. Melakukan pengujian hybrid sistem solar sel dan turbin angin serta pengaplikasiannya

Setelah semua peralatan terhubung dengan baik, maka langkah selanjutnya adalah memasang sebuah inverter DC to AC 500 Watt, 220 Volt, 50 Hz (luaran inverter sama dengan tegangan PLN).

#### IV. PEMBAHASAN DAN ANALIS DATA

Pengumpulan dan analisis data dilakukan pada lokasi penelitian yaitu dilakukan secara langsung dengan cara mengukur tegangan keluaran pada masing-masing peralatan, dan diketahui bahwa pada peralatan sel surya menghasilkan tegangan luaran sebesar 24 Volt demikian pula pada turbin angin menghasilkan tegangan luaran sebesar 24 Volt. Perlu diketahui bahwa untuk melakukan sistem hybrid pada dua buah peralatan dibutuhkan tegangan luaran yang sama oleh karena itu pada modul sel surya dibuatkan hubungan seri sehingga tegangan luarannya menjadi 24 Volt. Inverter menghasilkan tegangan luaran sebesar 220 Volt seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.2 dibawah ini:



Gambar 2. Pembacaan tegangan luaran inverter

#### 4.1 Hasil

Setelah melaksanakan penelitian ini dengan mengacu pada metode pemecahan masalah yang telah diuraikan sebelumnya maka didapatkan suatu peralatan system hybrid solar sel dan turbin angin yang dapat menghasilkan energi listrik dengan tegangan bolak-balik 220 Volt dan frekuensi 50 Hz. Adapun daya efektif yang

dihasilkan adalah 250 Watt. Sistem hibrid ini diharapkan dapat memberikan kontinuitas energi listrik baik siang maupun malam, pada siang hari kedua sistem solar sel dan turbin angin dapat berfungsi secara bersamaan tetapi pada malam hari solar sel sudah tidak bekerja lagi, yang berfungsi adalah turbin anginnya.

#### 4.2 Pembahasan

Dalam pembahasan penelitian ini akan diuraikan beberapa hal sebagai berikut:

- Daya Efektif

Besarnya daya efektif yang dihasilkan adalah:

$$P_{\text{efektif}} = \frac{P_{\text{inverter}}}{2} = \frac{500W}{2} = 250W$$

Luaran daya efektif yang dihasilkan adalah 250 Watt sehingga dengan daya tersebut dapat menyalakan maksimal 25 buah lampu dengan daya masing-masing lampu sebesar 10 Watt, atau bisa menyalakan satu buah televisi 14 Inchi, charger handphone, maupun menyalakan radio.

- Pemilihan MCB

Besarnya arus pembatas MCB yang akan digunakan dihitung berdasarkan persamaan:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{250}{220} = 1,14 A$$

Dari persamaan diatas diperoleh arus sebesar 1,14 Ampere, karena MCB yang dijual dipasaran tidak ada yang memenuhi nilai tersebut maka dapat dipilih MCB 1 Ampere atau MCB 2 Ampere. Selain itu pada rangkaian inverter juga sudah dilengkapi dengan proteksi pemakaian daya output, jika pemakaian melebihi daya efektifnya maka secara otomatis inverter akan off/mati.

- Menyamakan tegangan luaran sistem

Luaran tegangan turbin angin yang digunakan adalah sebesar 24 Volt DC, maka secara keseluruhan hybrid sistem yang akan dirancang harus memiliki luaran tegangan yang sama pula yaitu sebesar 24 Volt.

Solar cell

Sebuah modul solar cell menghasilkan tegangan luaran sebesar 12 Volt, sehingga untuk memperoleh tegangan 24 Volt maka digunakan dua buah modul solar cell dengan luaran tegangan 12 Volt yang dirangkai secara seri sehingga akan diperoleh tegangan luaran sebesar 24 Volt.

- Baterai/Aki

Baterai/aki yang digunakan adalah jenis aki kering (maintenance free) 12 Volt dan 70Ah. Sehingga dengan merangkai kedua aki tersebut secara seri juga akan didapatkan tegangan sebesar 24 Volt.

#### V. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa Hybrid system turbin angin dan solar cell sebagai energi alternatif dapat menghasilkan listrik secara lebih maksimal yaitu setara dengan 250 Watt AC.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- Adel S. Sedra dan Kenneth C. Smith, 1990, *Rangkaian Mikroelektronik*. Jakarta: Erlangga
- Fritz Dietsel dan Dakso Sriyono, 1980, *Turbin Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Erlangga
- Hiroharu Hirabayashi, Osamu Makino, Hendik Eko Hadi S, Yoedy Moegiharto dan M. Rocmad, 1993, *Rangkaian Elektronika*. Surabaya: JICA Politeknik Elektronika Surabaya
- P. Van. Harten dan E. Setiawan, 2001, *Instalasai Listrik Arus Kuat I*. Jakarta: Trimitra Mandiri
- Zuhal dan Zhanggischan, 2004, *Prinsip Dasar Elektroteknik*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama
- Boyle, 1996. Godfrey, *Rewenable Energy, Power for a Sustainable Future*, Oxford University Pres with Open University, New York.
- Deni Almanda, 2005. *Prospek PLTS di Indonesia, Energi Indonesia (Artikel-artikel Populer)*, Fisika LIPI, Jakarta.
- J.A. Duffie and W.A. Beckman, 1980. *Solar Engineering of Thermal Processes*, Second Edition, Wiley Interscience Publication, New York.
- Prof. Wiranto Arismunandar, 1995. *Teknologi Rekayasa Surya*, Cetakan Pertama, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sp. Sukhatme, 1990. *Solar Energy (Principle of Thermal Collection and Storage )*, Tata Mc. Graw Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- <http://buletinlitbang.dephan.go.id/index.asp?vnomor=18&mnorutisi=8>, Tanggal akses 21 Desember 2011.
- [http://id.wikipedia.org/wiki/Turbin\\_angin](http://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin), Tanggal akses 21 Desember 2011.