

---

# PENGGUNAAN ENERGI ANGIN DAN ENERGI MATAHARI SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK DENGAN SISTEM HYBRID

Tri Tjahjono dan Erwan Widodo

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Kampus UMS Jl. Ahmad Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartosuro 57102

e-mail : ttjahjono@yahoo.com

## Abstrak

*Seiring dengan kenaikan harga bahan bakar minyak tanah dan langkanya peredarannya di pasaran serta menipisnya cadangan minyak di dunia, hal ini mempengaruhi harga pangan dan tarif-dasar listrik. Untuk mengantisipasi hal tersebut perlu dilakukan penelitian guna memperoleh sumber energi alternatif yang dapat menghasilkan energi listrik.*

*Energi listrik yang diupayakan yaitu dengan memanfaatkan energi angin yang memutar kubah-putar masjid dengan porosnya yang dihubungkan dengan transmisi sabuk ke dinamo, sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Selain itu, juga digunakan solar cell untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Energi listrik dari dinamo dan solar cell kemudian disimpan di dalam battery dengan bantuan alat regulator. Untuk menyalakan lampu dengan mempergunakan arus listrik battery diperlukan inventer yang berfungsi sebagai alat pengubah arus listrik.*

*Hasil penelitian menunjukkan setelah 9 jam pengisian battery, kemudian listrik searah (DC) dari battery di ubah menjadi listrik bolak-balik (AC) dengan menggunakan inventer hanya mampu menghidupkan bola lampu 45 Watt selama 2 jam dengan panjang kabel 15 meter dan diameter kawat kabel 1 mm. Energi listrik ini dapat digunakan untuk penerangan mulai sebelum waktu magrib hingga waktu isak di masjid, terutama masjid-masjid di pedesaan yang jauh dari jangkauan PLN.*

**Kata kunci:** Energi, Battery, Listrik.

## PENDAHULUAN.

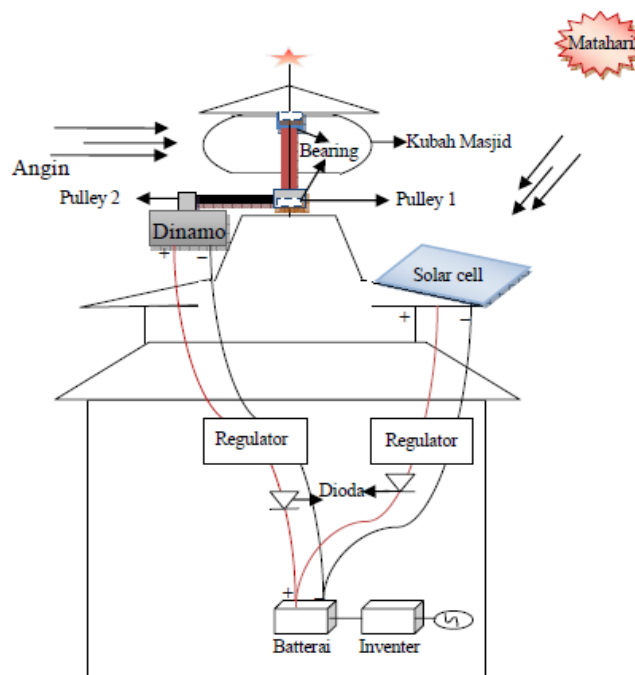
Kelangkaan bahan bakar minyak tanah di pasaran sebagai akibat dari menipisnya cadangan minyak di dunia dan permintaan bahan bakar minyak tanah di pasaran relatif besar, hal ini memicu kenaikan harga minyak tanah. Kenaikan bahan bakar minyak tersebut sangat berpengaruh pada semua sektor baik rumah tangga maupun industri, termasuk tarif dasar listrik. Untuk menanggulangi hal tersebut maka banyak dikembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak. Nashar (2004) mengatakan, energi angin di Indonesia belum dimanfaatkan pada hal Indonesia adalah negara yang memiliki sekitar 17.500 pulau dan lebih dari 81.290 km panjang garis pantai atau nomor dua di dunia. Dengan lokasi yang terletak di daerah katulistiwa, Indonesia memiliki potensi tenaga angin yang sangat besar yaitu sekitar 450.000 MW. Sampai saat ini Indonesia belum memiliki pembangkit listrik tenaga angin untuk *supply* listrik pada hal potensi dari energi angin ini sangatlah potensial.

Untuk alat penerangan, masyarakat di pedesaan biasa mempergunakan lampu berbahan bakar minyak tanah. Dalam kesulitan untuk mendapatkan bahan bakar minyak tanah, maka dicoba untuk pemanfaatan energi angin pada penelitian ini dengan menggunakan kubah-putar masjid sebagai pengganti turbin angin. Sedangkan pemanfaatan energi matahari menggunakan *solar cell*, dari dua sumber energi tersebut kemudian disimpan dalam suatu baterai.

Diharapkan dengan memanfaatkan kubah-putar masjid yang digabungkan dengan sel surya dapat mengurangi pemakaian listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN), minimal dapat digunakan sebagai cadangan energi listrik yang dapat digunakan bila terjadi gangguan listrik dari PLN atau bahkan dapat digunakan untuk penerangan di masjid-masjid pedesaan yang tidak terjangkau listrik dari PLN. Hal ini dipandang sangat menguntungkan bila ditinjau dari aspek geografis pedesaan yang sangat sulit dari peredaran minyak tanah dan kemampuan perekonomian rayat pedesaan.

## METODOLOGI

Sistem gabungan (*hybrid*) yang digunakan adalah dengan memanfaatkan kubah-putar masjid sebagai pengganti turbin angin yang digabung dengan *solar cell* untuk menghasilkan energi listrik.



**Gambar 1. Sketsa instalasi sistem hybrid**

Kubah-putar masjid yang digunakan memiliki diameter 1,25 meter dan kemiringan sudunya  $30^\circ$ . Sedangkan sel surya yang digunakan berukuran  $60 \times 90 \times 1$  cm. Untuk memperoleh data penelitian dengan mengamati keluaran tegangan dan arus dari *dynamo* dan sel surya. Instalasi system hybrid ini terdiri dari rangkaian *solar cell*, *dynamo*, *regulator*, dan *inverter* yang ditempatkan di Masjid Darussalam Dukuh Grogol, Desa Samburejo, Kecamatan Ngawen, Kabupaten Gunung Kidul.

Untuk mengubah energi angin menjadi energi listrik diperlukan alat pengubah yaitu turbin angin atau dalam hal ini digunakan kubah-putar masjid, dimana energi kinetik angin diubah menjadi energi mekanik. Angin yang mendorong sudu kubah menghasilkan gaya yang menimbulkan momen puntir sehingga dapat memutar kubah tersebut.

Penggunaan sel surya (*photovoltaic*) sebagai pengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Beberapa hal yang mempengaruhi daya sel surya diantaranya: pengaruh penyinaran, pengaruh temperatur, pengaruh luas sel surya, pengaruh kepekaan spektrum, dan pengaruh umur sel surya. Hal tersebut pada akhirnya mempengaruhi efisiensi konversi energi sel surya. Widodo (2002) menyatakan, secara sederhana *solar cell* terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p dan n (*p-n junction semiconductor*) yang jika diterpa sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron, aliran elektron inilah yang diindikasikan sebagai tanda adanya aliran arus listrik.

Prinsip kerja dari dinamo (*generator*) adalah mengubah energi mekanis menjadi energi listrik untuk mengisi baterai. Kelistrikan pada dinamo dibangkitkan oleh *rotor* yang berputar dan memotong garis-garis medan magnet sehingga menimbulkan gaya gerak listrik. *Generator* atau dinamo DC terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang diam (*stator*) dan bagian yang bergerak (*rotor*), sesuai *hukum Faraday* lilitan penghantar yang diam dipotong oleh garis-garis gaya medan magnet yang berputar, maka dapat menghasilkan energi listrik.

Listrik yang dihasilkan dari dinamo maupun sel surya (*solar cell*) sebelum masuk ke baterai akan diatur oleh *regulator*. Fungsi *regulator* adalah untuk mengatur tegangan yang dihasilkan dinamo dan *solar cell* sebelum masuk ke baterai menjadi tegangan 12 volt. Kemudian dibantu oleh dioda dalam mengalirkan arus listrik dengan satu arah yaitu ke baterai.

Baterai merupakan penyimpan energi listrik dari dinamo dan sel surya. Secara garis besar, cara kerja dari akumulator ini dibagi menjadi dua yaitu: proses pengosongan dan pengisian. Proses pengosongan baterai terjadi ketika baterai memberikan arus, misalnya untuk menghidupkan lampu atau beban yang lain, maka terjadilah reaksi di dalam baterai. Reaksi ini mengakibatkan larutan asam sulfat semakin encer dan kutub-kutubnya akan menjadi semakin lemah, sehingga kutub-

---

kutubnya akan menjadi sama yaitu menjadi  $PbSO_4$ , dalam hal ini baterai disebut semakin kosong muatan.

Sedangkan proses pengisian baterai yaitu pada waktu baterai telah dianggap kosong muatan, baterai dapat diisi lagi dengan mengalirkan arus searah (DC) yang dihasilkan dari *dynamo* DC dan dari sel surya. Pada waktu baterai diisi, telah terjadi penimbunan muatan listrik di dalam baterai tersebut. Jumlah maksimum muatan listrik yang dapat ditampung oleh baterai, dinamakan kapasitas baterai yang dinyatakan dalam satuan *Ampere hour* (Ah).

Inventer merupakan alat yang digunakan untuk mengubah energi listrik DC dari baterai menjadi listrik AC, ketika sumber energi listrik baterai dipergunakan untuk menyalakan lampu sebagai penerangan di masjid atau untuk beban yang lain.

## TEORI DASAR

Konversi energi angin menjadi energi listrik dilakukan dengan memanfaatkan angin untuk menggerakkan sudu kubah-putar sehingga berputar dan kubah tersebut dihubungkan dengan dinamo sebagai pembangkit listrik. Kubah-putar mempunyai energi kinetik pada massa *rotor*,  $m$  dengan kecepatan  $V$ , adalah:

$$E_k = \frac{1}{2} m V^2 \quad (1)$$

Torsi yang digunakan untuk memutar dinamo dapat dirumuskan:

$$T = F \times r \quad (2)$$

dimana:

$T$  = Torsi, Nm

$F$  = Gaya yang terjadi, N

$r$  = Jari-jari *pulley*, m.

Kalor pancaran sinar matahari yang ditangkap sel surya didekati dengan persamaan:

$$q = F_e F_G \sigma A T^4 \quad (3)$$

dimana:

$q$  = Kalor pancaran, Watt

$\sigma$  = Konstanta *Stefan-Bolzman*

$$= 5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^2$$

$A$  = Luas bidang sel surya,  $\text{m}^2$

$T$  = Temperatur,  $^{\circ}\text{K}$

$F_e$  = Fungsi emisivitas zat perantara

$F_G$  = Faktor geometri

Daya listrik yang ada disini diperoleh dari hasil kali antara arus dengan tegangan yang dihasilkan.

$$P = V \times I \quad (5)$$

dimana:

$P$  = Daya listrik, Watt

$V$  = Tegangan listrik yang dihasilkan, volt

$I$  = Arus listrik yang dihasilkan, ampere

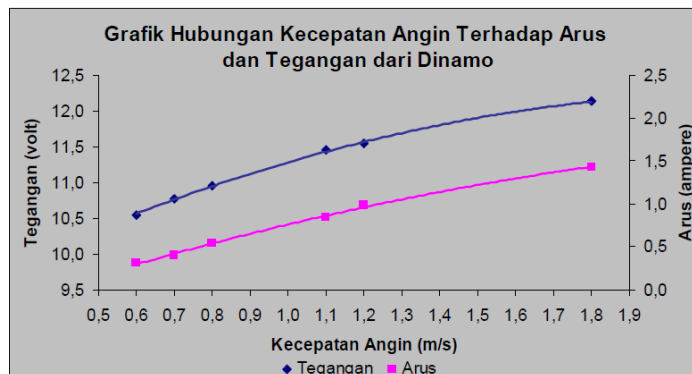
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sumber energi yang diperoleh dalam penelitian ini adalah dari kubah-putar masjid dan sel surya serta hasil yang dapat ditunjukkan sebagai berikut.

1. Kubah-putar masjid berdiameter 1,25 m, lebar sudu 11 cm, tinggi 0,5 m, jumlah sudu 32 buah dan kemiringan sudu  $30^{\circ}$ .



**Gambar 2. Kubah-putar masjid**



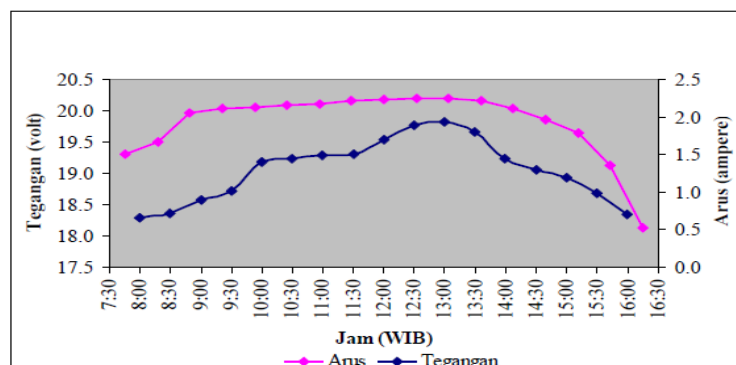
**Gambar 3. Kecepatan angin vs Tegangan dan Arus**

Kecepatan angin yang meningkat menyebabkan kecepatan keliling kubah-putar semakin tinggi. Melalui transmisi sabuk, poros dinamo ikut berputar yang sebanding dengan putaran *pulley* pada poros kubah-putar. Semakin tinggi perputaran poros dinamo menyebabkan garis-garis medan magnet memotong kumparan dynamo meningkat, sehingga arus listrik yang dihasilkan semakin besar pula, berikut tegangan juga meningkat sesuai peningkatan arus.

2. *Solar Cell* yang dipergunakan berfungsi untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik dan memiliki ukuran  $90 \times 60 \times 1$  cm, type RS M 45, daya 45 Watt, buatan Netherland.



**Gambar 4. Solar Cell.**



**Gambar 5. Tegangan dan arus Solar Cell pada jam sehari.**

Pada pukul 08.00 sampai 13.00 WIB intensitas cahaya matahari yang menerpa sel surya mengalami kenaikan. Intensitas cahaya ini menyebabkan electron-elektron yang melewati sambungan p-n pada sel surya semakin besar, sehingga arus dan tegangan dari *solar cell* semakin besar. Pada waktu menunjukkan pukul 13.30 sampai 16.00 WIB arus dan tegangan dari *solar cell* mengalami penurunan. Hal ini disebabkan intensitas cahaya matahari pada jam-jam tersebut menurun, yang menyebabkan lalulintas elektron yang melewati sambungan p-n berkurang sehingga arus dan tegangan dari *solar cell* menurun.

Pemanfaatan energi listrik dari hasil pengukuran, rata-rata arus dari dinamo = 0,73 Ampere dan dari *solar cell* = 1,93 Ampere. Sehingga jumlah arus yang mensuplai baterai adalah: arus rata-rata dari dinamo + arus rata-rata dari *solar cell*.

$$I_{total} = I_{dinamo} + I_{cell} = 0,73 + 1,93 = 2,66 A$$

Sedangkan tegangan yang masuk baterai setelah melalui *regulator* adalah 12 volt. Jadi daya yang masuk baterai adalah:

$$P = I_{total} \times V = 2,66 A \times 12 V = 31,92 \text{ Watt}$$

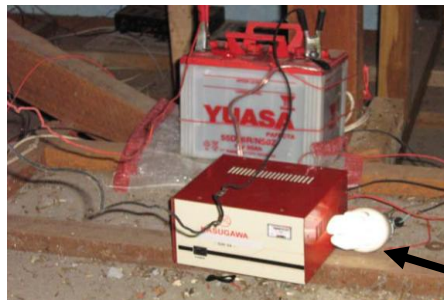
Setelah 9 jam pengisian baterai, maka arus yang masuk baterai:

$$I_{baterai} = I_{total} \times 9 \text{ jam} = 2,66 A \times 9 \text{ jam} = 23,94 \text{ Amper jam (Ah)}$$

Sedangkan daya yang masuk baterai:

$$P_{baterai} = P \times 9 \text{ jam} = 31,92 \text{ Watt} \times 9 \text{ jam} = 287 \text{ Watt jam}$$

Dengan daya yang masuk baterai selama 9 jam yaitu 287,28 Watt, maka setelah diubah menjadi listrik AC dengan menggunakan *inverter*, daya listrik tersebut dapat menghidupkan lampu Phillips 45 Watt dengan menggunakan panjang kabel 15 meter dan diameter kawat dari kabel 1 mm selama 2 jam. Setelah lebih dari 2 jam maka tegangan pada *inverter* yang tadinya 220 volt mengalami penurunan sehingga lampu tidak menyala. Hal ini disebabkan suplai arus dan daya yang masuk baterai sangat kecil.



**Gambar 6.** Penggunaan Energi Listrik.

## KESIMPULAN.

1. Semakin besar kecepatan angin akan meningkatkan putaran kubah masjid yang menyebabkan garis gaya magnet yang memotong lilitan dinamo semakin banyak sehingga Gaya Gerak Listrik (GGL) yang dihasilkan semakin besar.
2. Semakin besar intensitas cahaya matahari yang mengenai *solar cell* menyebabkan loncatan elektron yang melewati sambungan p-n sel surya semakin besar, sehingga energi listrik yang dihasilkan juga semakin membesar.
3. Dimensi luas *solar cell* yang kecil menyebabkan jumlah elektron yang dihasilkan sel surya menjadi sedikit, sehingga energi listrik yang diperoleh menjadi kecil.
4. Dari hasil percobaan selama 9 jam, menghasilkan energi listrik yang dapat menghidupkan lampu Phillips 45 Watt selama 2 jam. Untuk memperpanjang penyalaan lampu perlu ukuran kubah-putar dan sel surya diperbesar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Berahim, Hamzah, 1991, *Pengantar Teknik Tenaga Listrik*, Andi Offset, Yogyakarta.  
 Deutschman, Aaon D, 1975, *Machine Design Theory and Practice*, Prentice Hall New York.  
 Dietzel, Fritz alih bahasa Sriyono, Dakso, 1993, *Turbin Pompa dan Kompresor*, Erlangga, Jakarta.

- Freris, L.L., 1990, *Wind Energy Conversion System*, Prentice Hall International (UK) LTD, Singapura.
- Holman, J. P., 1991, *Perpindahan Kalor*, Erlangga, Jakarta.
- H. S. Rauschenbach, 1980, *Solar Cell Array Design Handbook*, Van Nostrand Reinhold Company.
- [http://www. Berita Iptek.com](http://www.BeritaIptek.com). Kadir, Abdul, 1995, *Energi: Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi*, Edisi kedua, Universitas Indonesia Press. Mostavan, Aman, 2000, *TF- 452 Energi Surya*, ITB, Bandung.
- Messenger, R., and Ventre, J., 2000, *Photovoltaic Systems Engineering*, CRC Press New York.
- Pudjanarsa, Astu dan Nursuhud, Djati., 2005, *Mesin Konversi Energi*, ITS, Surabaya.
- Patel, R., Mukund, 1999, *Wind and Solar Power System*, Prentice Hall New York.
- Rijono, Yon, 1997, *Dasar Teknik Tenaga Listrik*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Soedjo, Peter, 1998, *Azas-azas Ilmu Fisika*, Jilid 2, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sularso, Suga, K., 1999, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Pradya Paramita Jakarta.
- Waretna, R., Harun, dan Sacri, Sobandi, *Generator Angin*, Bina Cipta Bandung.
- Young, D. H., and Freedman, A. R., alih bahasa Juliastuti, Endang, 2002, *Fisika Universitas*, Edisi Kesepuluh, Jilid I, Erlangga, Jakarta.