

## INVESTIGASI EFISIENSI PEROLEHAN ENERGI PADA INSTALASI FOTOVOLTAIK DENGAN PEMASANGAN REFLEKTOR DATAR

Muhammad Nadjib\*

### ABSTRAK

*Teknologi fotovoltaik adalah teknologi yang mengkonversi energi surya menjadi energi listrik dengan alat modul surya. Salah satu kelemahan teknologi fotovoltaik adalah efisiensi perolehan energinya rendah. Cara untuk meningkatkan efisiensi adalah dengan memasang reflektor pada modul surya. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemasangan reflektor datar pada modul surya terhadap efisiensi perolehan energi.*

*Penelitian dilakukan terhadap modul surya tanpa reflektor dan modul surya menggunakan reflektor dengan variasi sudut pemasangan 35°, 45° dan 55°. Sudut pemasangan reflektor adalah terhadap bidang modul. Modul surya yang digunakan tipe MSX 60 dengan daya keluaran 60 watt-peak dan reflektor yang dipakai adalah dari bahan seng. Untuk variasi tersebut, diamati daya keluaran yang dihasilkan dan radiasi matahari yang diterima modul. Pemasangan ini dilakukan pada instalasi fotovoltaik untuk penerangan.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemasangan reflektor 35° menghasilkan efisiensi perolehan energi yang terbaik. Pada kondisi ini modul memperoleh energi radiasi yang besar. Semakin besar sudut pemasangan reflektor, efisiensi yang diperoleh semakin rendah.*

**Kata kunci :** daya, efisiensi, fotovoltaik, radiasi, reflektor

### PENDAHULUAN

Indonesia termasuk negara yang berpotensi mengembangkan teknologi fotovoltaik. Rata-rata radiasi matahari harian di Indonesia cukup tinggi yaitu mencapai 4,5 kW.jam/(m<sup>2</sup>.hari) (Rahardjo, 1996). Penyebaran penduduknya 60% tinggal di pedesaan (Sasongko, 1997). Untuk wilayah tersebut, pemakaian teknologi fotovoltaik lebih ekonomis karena belum terjangkau jaringan distribusi listrik PLN. Menurut Derrick (1989), teknologi fotovoltaik dapat diaplikasikan untuk pompa air, produksi es, pemurnian air dan sistem catu daya penerangan dan komunikasi. Kelebihan teknologi fotovoltaik adalah tidak memerlukan operator khusus, tidak ada komponen yang bergerak dalam memperoleh energi listrik sehingga komponen lebih tahan lama, biaya operasi sangat rendah, perawatan mudah, tidak menimbulkan kebisingan dan relatif bebas polusi (Anonim, 1996). Walaupun demikian teknologi ini mempunyai kelemahan yaitu biaya awal yang mahal terutama modul surya (Bambang, 1997). Harga teknologi fotovoltaik belum dapat bersaing dengan energi konvensional (Notodisuryo, 1997). Disamping itu, teknologi ini masih rendah efisiensinya yaitu lebih kurang 10% (Pramusito, 1995).

Ries (1997) menyarankan langkah memperoleh penyinaran seragam pada modul dan mengoptimalkan efisiensi penyerapan energi dengan memasang reflektor piringan paraboloidal aluminium dan kaca kaleidoskop pada modul. Langkah yang hampir sama diusulkan oleh Feuermann (1999) yaitu desain *high-flux concentrator*. Dipakai reflektor piringan parabolik kaca dan konsentrator kaca parabolik. Usaha meningkatkan efisiensi modul telah dilakukan oleh Whitfield (1999) memakai cermin parabolik

\* Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT UMY

terfokus. Hasilnya didapat efisiensi modul 14,3%. Desain modul surya telah memasuki babak baru sejak ditemukannya modul surya generasi baru (beroptik) ukuran kecil/mini yang diletakkan pada fokus cangkang paraboidal kaca yang berfungsi mengarahkan radiasi matahari. Diperoleh efisiensi optik modul sebesar 80% (Feuermann, 2001).

Meskipun telah dilakukan penelitian untuk menaikkan efisiensi namun perlu penelitian serupa dengan cara sederhana baik dari sisi teknis maupun biaya, khususnya agar mudah diaplikasikan pada instalasi yang telah terpasang dan inilah tujuan dari penelitian yang dilakukan kali ini.

## LANDASAN TEORI

Sebelum mencapai permukaan bumi, radiasi matahari berkurang intensitasnya karena penyerapan dan pemantulan di permukaan luar atmosfer. Selain pengurangan radiasi bumi yang langsung (*beam radiation*) karena penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipancarkan oleh molekul-molekul gas, debu dan uap air dalam atmosfer sebelum sampai di permukaan bumi sebagai radiasi sebaran (*diffuse radiation*) (Arismunandar, 1995).

Apabila energi radiasi menimpa permukaan suatu bahan, maka sebagian dari radiasi itu dipantulkan (refleksi), sebagian diserap (absorpsi) dan sebagian lagi diteruskan (transmisi). Sudut radiasi datang terhadap garis normal sama dengan sudut pantulnya (Holman, 1984).

Pengubahan energi dari energi surya menjadi energi listrik memanfaatkan efek fotovoltaik. Sinar matahari terdiri dari foton-foton yaitu partikel yang mengandung energi. Apabila sinar matahari menimpa sebuah permukaan (disebut modul surya), foton mengaktifkan modul surya yang akan menghasilkan elektron bebas dalam wilayah yang kaya muatan positif dan dipaksa melintasi sambungan oleh medan listrik statik. Bila beban dihubungkan melalui sisi kontak-kontak, arus akan mengalir melewati beban sehingga modul surya menghasilkan energi listrik (Anonim, 1989).

Efisiensi sebuah sistem fotovoltaik didefinisikan sebagai perbandingan energi keluaran berguna dengan radiasi total yang masuk modul surya (Arismunandar, 1995). Bila arus yang mengalir  $I$  (amper), tegangan yang timbul  $V$  (volt), radiasi matahari yang masuk  $H$  ( $W/m^2$ ) dan luas modul  $A$  ( $m^2$ ), maka :

$$\eta = \frac{IV}{H.A}$$

Besaran  $IV$  adalah daya modul. Besar radiasi matahari yang masuk modul surya tergantung letak lintang. Untuk kondisi di Yogyakarta ( $\pm 7^\circ$  LS), posisi kemiringan modul terhadap horisontal yang menghasilkan perolehan energi tahunan terbaik adalah  $15^\circ$  menghadap ke utara (Duffie, 1980).

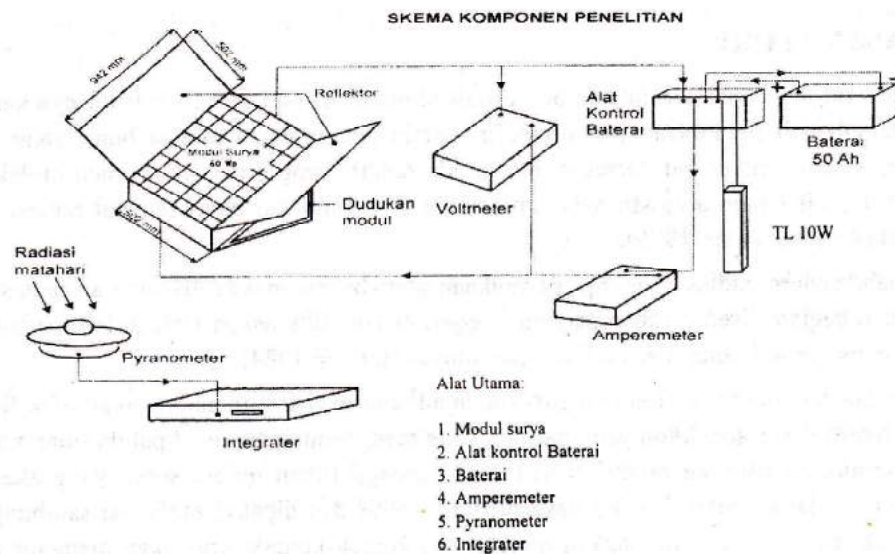
## HIPOTESIS

Penyerapan energi matahari oleh modul surya dapat ditingkatkan dengan pemasangan reflektor datar. Peningkatan ini disebabkan reflektor mampu memantulkan sinar yang tidak menimpa modul dan diterima bidang modul. Dengan meningkatnya radiasi yang diterima modul maka efisiensi modul meningkat.

## METODE PENELITIAN

### Alat Penelitian

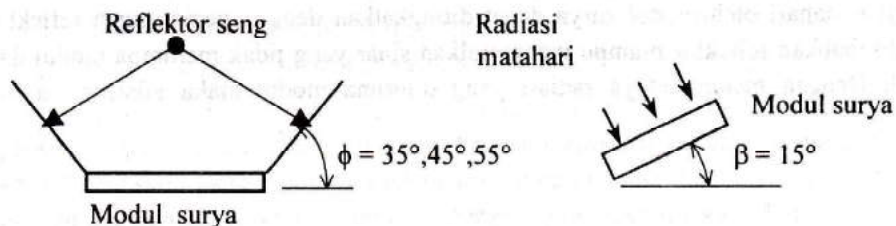
Alat penelitian yang dipakai adalah modul surya daya nominal 60 Wp (*Watt-peak*), alat pengontrol baterai tegangan 12 V, baterai kapasitas 50 Ah, amperemeter, voltmeter, pengukur waktu, piranometer dan integrater, reflektor seng dan lampu TL 10 W. Skema alat penelitian adalah sebagai berikut:



**Gambar 1.** Skema alat penelitian.

### Pelaksanaan Penelitian

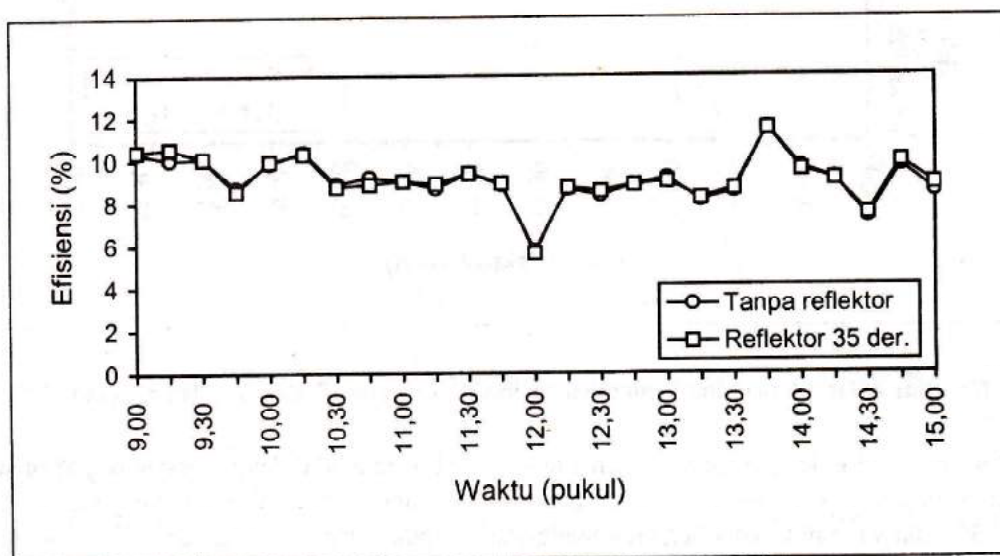
Modul surya diletakkan pada kerangka dengan sudut  $15^\circ$  terhadap horisontal menghadap utara. Reflektor dipasang pada kedua sisi modul dengan sudut kemiringan tertentu terhadap bidang modul seperti pada gambar 2. Alat kontrol baterai dan baterai dipasang sedekat mungkin dengan modul. Piranometer diletakkan dengan ketinggian tengah-tengah modul. Variasi pemasangan adalah modul tanpa reflektor – modul reflektor  $35^\circ$ , modul reflektor  $35^\circ$ - modul reflektor  $45^\circ$  dan modul reflektor  $45^\circ$ - modul reflektor  $55^\circ$ . Arus modul, tegangan modul dan radiasi matahari dicatat setiap interval waktu 15 menit untuk tiap variasi mulai pukul 09.00 sampai pukul 15.00.



**Gambar 2.** Posisi pemasangan reflektor dan modul surya.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan radiasi matahari dan daya keluaran modul ditampilkan dalam grafik pada gambar 3, gambar 4 dan gambar 5. Pertama-tama dibandingkan efisiensi modul tanpa reflektor dan dengan reflektor 35° pada hari pertama, efisiensi modul dengan reflektor 35° dan 45° pada hari kedua dan efisiensi modul dengan reflektor 45° dan 55° pada hari ketiga.

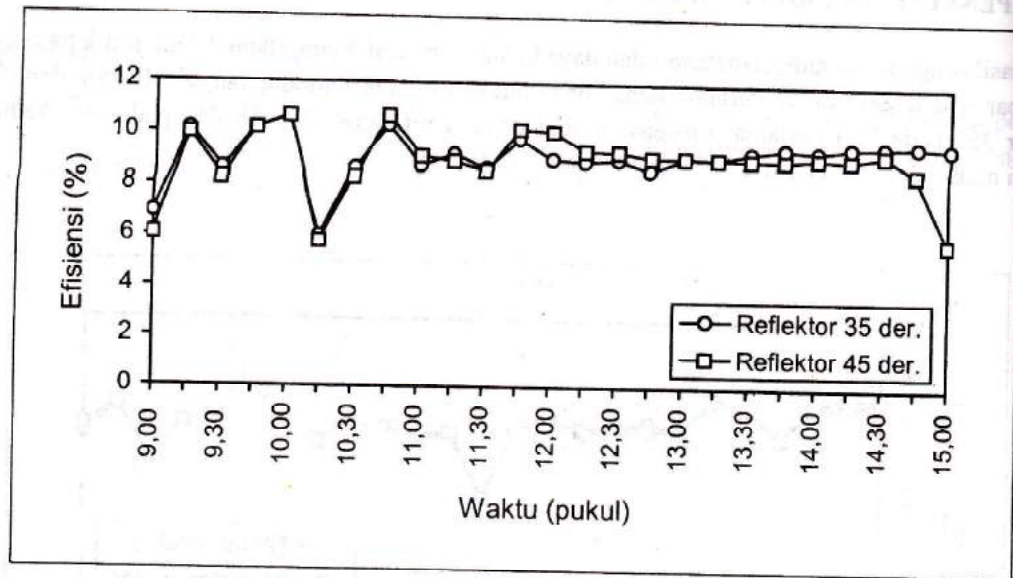


**Gambar 3.** Grafik perbandingan efisiensi modul tanpa reflektor dan dengan reflektor 35°.

Seperti tampak pada gambar 3, untuk modul tanpa reflektor terdapat 11 titik dimana harga efisiensinya lebih besar daripada modul dengan reflektor 35° dan untuk modul dengan reflektor 35° terdapat 14 titik dimana harga efisiensinya lebih besar daripada modul tanpa reflektor. Rata-rata efisiensi untuk modul tanpa reflektor adalah 9,069% sedang rata-rata efisiensi untuk modul dengan reflektor 35° adalah 9,115%. Dengan kata lain efisiensi pemasangan reflektor 35° menambah efisiensi perolehan energi sebesar 0,507%.

Penyebaran titik dengan harga efisiensi lebih tinggi pada modul dengan reflektor 35° mempunyai kecenderungan terjadi pada awal, tengah-tengah dan di akhir pengambilan data. Pada awal dan akhir pengambilan data, reflektor berperan mengarahkan radiasi langsung dan radiasi sebaran ke modul sedang pada tengah-tengah pengambilan data reflektor berfungsi mengarahkan radiasi sebaran yang tidak mengenai permukaan modul. Dengan demikian fraksi radiasi yang diterima modul reflektor 35° lebih besar bila dibanding modul tanpa reflektor.

Pada gambar 4, untuk modul dengan reflektor 35° terdapat 14 titik dimana harga efisiensinya lebih besar daripada modul dengan reflektor 45° dan untuk modul dengan reflektor 45° terdapat 11 titik dengan harga efisiensinya lebih besar daripada modul dengan reflektor 35°. Rata-rata efisiensi untuk modul reflektor 35° adalah 9,117% sedang rata-rata efisiensi untuk modul dengan reflektor 45° adalah 8,901%. Dengan kata lain efisiensi pemasangan reflektor 45° mengurangi efisiensi perolehan energi sebesar 2,369% jika dibanding pemasangan reflektor 35°.

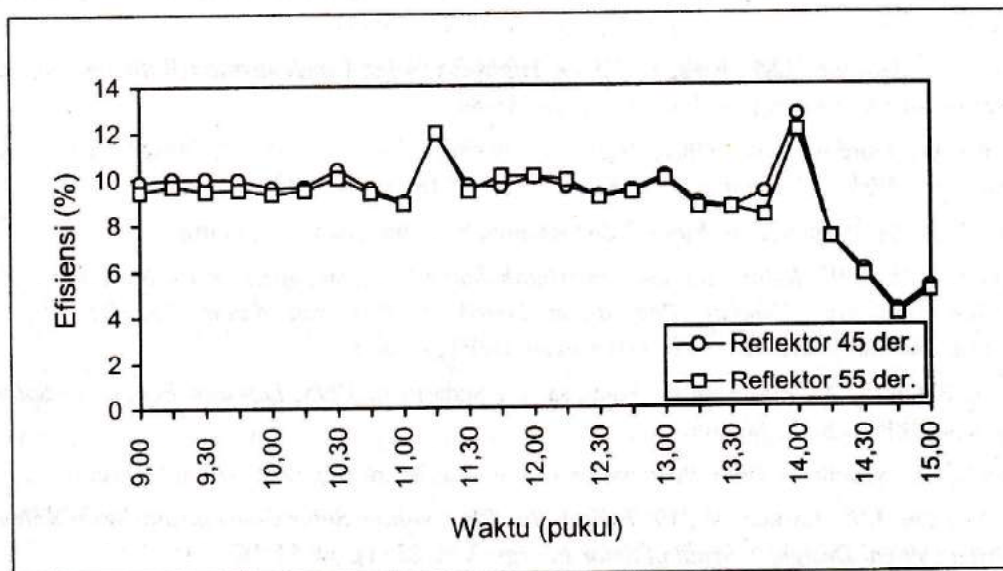


Gambar 4. Grafik perbandingan efisiensi modul dengan reflektor 35° dan reflektor 45°.

Penyebaran titik dengan harga efisiensi lebih tinggi pada modul dengan reflektor 35° mempunyai kecenderungan terjadi pada awal dan akhir pengambilan data. Pada awal dan akhir pengambilan data, reflektor 35° dan 45° sama-sama berperan mengarahkan radiasi langsung dan radiasi sebaran ke modul tetapi untuk reflektor 45° terjadi pengurangan fraksi radiasi yang masuk karena pengaruh ketinggian reflektor. Pada tengah-tengah pengambilan data, reflektor 45° lebih besar kecenderungannya mengarahkan radiasi langsung ke arah modul sedang untuk reflektor 35° justru radiasi yang datang dipantulkan menjauhi modul. Dengan demikian fraksi radiasi yang diterima modul reflektor 35° lebih besar bila dibanding modul dengan reflektor 45°.

Berdasar gambar 5, untuk modul dengan reflektor 45° terdapat 21 titik dengan harga efisiensi lebih besar daripada modul dengan reflektor 55° dan untuk modul dengan reflektor 55° terdapat 4 titik dimana harga efisiensinya lebih besar daripada modul dengan reflektor 45°. Rata-rata efisiensi untuk modul reflektor 45° adalah 9,186% sedang rata-rata efisiensi untuk modul dengan reflektor 55° adalah 8,991%. Dengan kata lain efisiensi pemasangan reflektor 55° mengurangi efisiensi perolehan energi sebesar 3,005% jika dibanding pemasangan reflektor 45°.

Penyebaran titik dengan harga efisiensi lebih tinggi pada modul dengan reflektor 45° mempunyai kecenderungan terjadi pada awal dan akhir pengambilan data. Pada awal dan akhir pengambilan data, reflektor 45° dan 55° sama-sama berperan mengarahkan radiasi langsung dan radiasi sebaran ke modul tetapi untuk reflektor 55° terjadi pengurangan fraksi radiasi yang masuk karena pengaruh ketinggian reflektor. Pada tengah-tengah pengambilan data, reflektor 55° berperan lebih besar mengarahkan radiasi langsung ke arah modul sedang untuk reflektor 45° arah pemantulan radiasi tidak langsung mengenai modul. Dari kenyataan ini diketahui bahwa fraksi radiasi yang diterima modul reflektor 45° lebih besar bila dibanding modul dengan reflektor 55°.



Gambar 5. Grafik perbandingan efisiensi modul dengan reflektor 45° dan reflektor 55°.

## KESIMPULAN

Dari uraian hasil penelitian dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa pemasangan reflektor dengan sudut 35° menghasilkan efisiensi perolehan energi yang lebih baik daripada variasi yang lain. Efisiensi pemasangan reflektor dengan sudut 45° lebih baik dari pada pemasangan reflektor dengan sudut 55°. Peningkatan efisiensi pada tiap posisi pemasangan reflektor disebabkan oleh perolehan energi yang sampai di permukaan modul. Hal ini mengakibatkan konversi energi radiasi menjadi energi listrik lebih besar sehingga daya yang dihasilkan lebih besar pula. Disamping itu, reflektor dapat dipasang sebagai alat tambahan modul surya dengan mudah sehingga mampu diaplikasikan pada instalasi yang telah terpasang.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Mesin FT UGM, khususnya kepada Ketua Laboratorium Perpindahan Kalor dan Massa beserta staf dan laboran atas kesempatan dan bantuan yang diberikan selama melakukan penelitian. Ucapan terima kasih juga penulis tujukan kepada semua pihak yang membantu pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1989, *Introduction to photovoltaic systems*, R&S Renewable Energy System BV., Netherlands.
- Arismunandar, W., 1995, *Teknologi Rekayasa Surya*, Cetakan Pertama, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Bambang, H.S., 1997, *Proyek Pemasangan 50 MWp SHS Suatu Peluang Sekaligus Tantangan*, Seminar Pengembangan Energi Baru dan Terbarukan, BPPT, Jakarta.
- Derrick, A., Francis, C., Bokalders, V., 1989, *Solar Photovoltaic Product*, Intermediate Technology Publication Ltd., London.

- Duffie, J.A., Beckman, W.A., 1980, *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley & Sons, New York.
- Feuermann, D., Gordon, J.M., Ries, H., 1999, *High-flux Solar Concentration With Imaging Design*, *Journal of Solar Energy*, Vol. 65, No. 2, pp. 83-89.
- Feuermann, D., Gordon, J.M., 2001, *High-Concentration Photovoltaic Designs Based on Miniaturized Parabolic Dishes*, *Journal of Solar Energy*, Vol. 70 (5), pp. 423-430.
- Holman, J.P., 1984, *Perpindahan Kalor*, Edisi Kelima, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Notodisuryo, E.U., 1997, *Kebijaksanaan Pemerintah dalam Pengembangan Energi Baru dan Terbarukan dalam Mengatasi Kendala Penyediaan Listrik di Pedesaan dalam PELITA VII*, Seminar Pengembangan Energi Baru dan Terbarukan, BPPT, Jakarta.
- Pramusito, Witjakso, A., Prasetyo, B., Kantosa, E., Sudarman, 1995, *Laporan Pengujian Solar Home System*, BPPT-LSDE, Jakarta.
- Rahardjo, I., Nurdyastuti, I., 1996, *Pengenalan Energi*, PT. Mitra Agung Pratama, Jakarta.
- Ries, H., Gordon, J.M., Lasken, M., 1997, *High-flux Photovoltaic Solar Concentrator With Kaleidoskop-Based Optical Design*, *Journal of Solar Energy*, Vol. 65 (1), pp. 11-16.
- Sasongko, A., 1997, *Industri Teknologi Fotovoltaik di Indonesia*, Seminar Pengembangan Energi Baru dan Terbarukan, BPPT, Jakarta.
- Whitfield, G.R., 1999, *The Development and Testing of Small Concentrating PV Systems*, *Journal of Solar Energy*, Vol. 63 (1-3), pp. 23-34.