

Perancangan Reflektor Cahaya untuk Sistem Pencahayaan Alami Berbasis Optik Geometri

Joko Nugroho, Gatut Yudoyono, dan Suyatno
Fisika, Fakultas FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: jokonugroh0@yahoo.com

Abstrak-Telah dilakukan penelitian tentang perancangan dan reflektor pengumpul berkas cahaya untuk sistem pencahayaan alami berbasis optik geometri menggunakan 2 buah reflektor. Mekanisme pemanduan cahaya pada reflektor yang dirancang adalah dengan mengumpulkan cahaya matahari menjadi berkas titik oleh panel reflektor 1 dan di pantulkan kembali oleh reflektor 2 menuju lubang transmisi. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh data *gain* (penguatan) reflektor jenis (*type*) 1 sebesar 2,9 kali di titik lubang transmisi. *Gain* reflektor jenis 2 sebesar 8,75 kali di titik fokus reflektor 1 dan 1,4 kali di titik lubang transmisi, sehingga dapat memberikan wacana tentang pemanfaatan energi matahari yang tidak terbatas hanya pada tinjauan termal dan listrik (*solar cell*). Energi matahari dapat dimanfaatkan dalam bidang pencahayaan yang sehat dan hemat energi pada ruang tertutup (tidak dapat dijangkau sinar matahari langsung).

Kata Kunci : cahaya, *gain*, reflektor

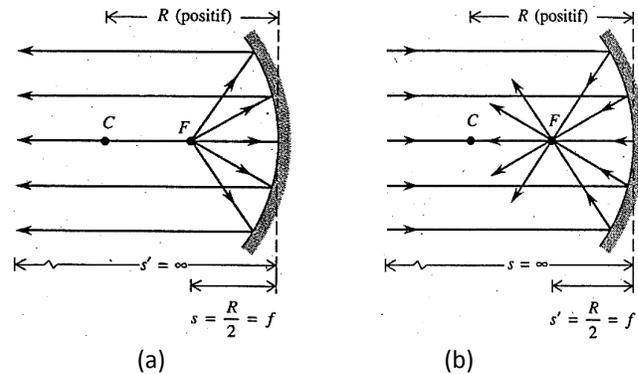
I. PENDAHULUAN

Cahaya tampak mempunyai rentang panjang gelombang antara (390 – 780) nm dan dapat direspon oleh mata manusia [1]. Mata manusia paling sensitif pada panjang gelombang 555 nm yang memberikan sensasi warna kuning – hijau [2]. Besaran – besaran fotometri pada cahaya antara lain fluks cahaya, intensitas cahaya, iluminansi, luminansi dan faktor refraksi [3]. Teknologi pencahayaan optik dapat memberikan cahaya alami untuk ruang di sebuah bangunan pada siang hari yang terbatas [4].

Pada penelitian sebelumnya telah dibuat suatu konsep sistem solar illumination yaitu merupakan gabungan dari sistem solar tracker dan sistem instrumentasi optik (*solar concentrator* dan panel transmisi cahaya) [5]. Pada penelitian tugas akhir ini dikembangkan lagi sistem instrumentasi optiknya, pada bagian reflektor guna memberikan kontribusi terhadap penghematan energi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat panel pengumpul berkas cahaya untuk mengumpulkan berkas cahaya matahari dan menguji alat yang dirancang untuk mengetahui penguatannya.

Prinsip dalam penelitian ini adalah refleksi pada permukaan cermin cekung yang diperlihatkan seperti pada Gambar 1 (a) sinar – sinar yang datang dari titik fokus F akan direfleksikan

sejajar dengan sumbu utama, dan pada Gambar 1 (b) sinar – sinar yang datang sejajar dengan sumbu utama maka akan direfleksikan ke titik fokus F [6].



Gambar. 1. Refleksi pada cermin cekung

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Perancangan Reflektor

Panel pengumpul berkas cahaya pada penelitian ini menggunakan dua buah reflektor berupa cermin sferis (reflektor 1 dan 2) yang ditempatkan berhadapan. Dibuat 2 model jenis sistem reflektor, yaitu jenis 1 dengan jarak titik fokus reflektor 1 sejauh 10,5 cm dan model jenis 2 dengan jarak titik fokus reflektor 1 sejauh 40 cm. Reflektor 1 yang dibuat menggunakan cermin datar yang dipotong-potong berbentuk trapesium sama kaki dan dirangkai kembali tiap layer (lapis) hingga membentuk permukaan mendekati sferis. Untuk jenis 1 terdapat 11 layer dan untuk jenis 2 ada 8 layer. Untuk tiap layer diisi 60 buah trapesium sama kaki sesuai dengan ukuran tiap layernya. Sedangkan untuk reflektor 2 menggunakan cermin cekung hasil pabrikasi yang sudah ada di pasaran dengan fokus 3 cm untuk jenis 1 dan fokus 5 cm untuk jenis 2. Jarak titik fokus reflektor 2 yang sudah diketahui ini dicek kembali dengan laser pointer.

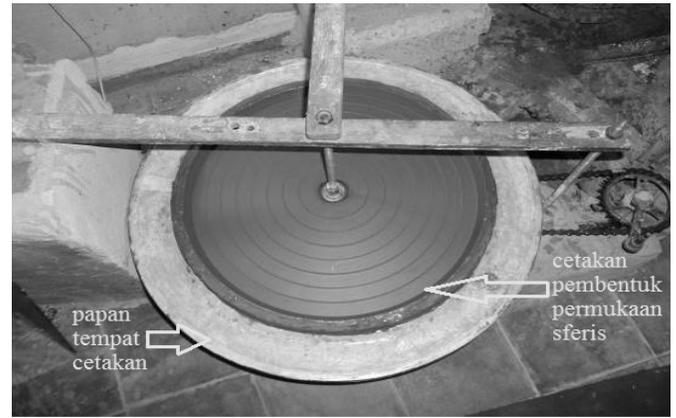
Perbesaran jarak titik fokus reflektor 2 dilakukan untuk mengetahui jarak titik fokus reflektor 1. Jarak titik fokus reflektor jenis 1 sejauh 10,5 cm merupakan perbesaran 3,5x dari jarak titik fokus reflektor 2 yang berjarak 3 cm. Sedangkan jarak titik fokus reflektor jenis 2 sejauh 40 cm merupakan perbesaran 8x dari jarak titik fokus reflektor 2 yang berjarak 5 cm. Untuk memperkirakan ukuran reflektor 1 tiap layernya dilakukan dengan menggambarkan sifat sinar – sinar cahaya refleksi pada permukaan cermin cekung.

Dibuat satu set cetakan untuk membentuk cetakan permukaan sferis dari gambar yang telah dibuat. Satu set

pembentuk cetakan permukaan sferis ditunjukkan seperti pada Gambar 2.

Memindahkan gambar permukaan sferis reflektor 1 ke seng dengan karbon untuk membuat pola permukaan sferis pada cetakan atas dan bawah. Seng yang sudah berpola sferis diletakkan di penyiku tiang tempat cetakan. Pasir dan semen di tuangkan ke dalam tempat cetakan. Tempat cetakan diputar hingga membentuk permukaan sferis untuk cetakan atas dan bawah. Memotong cermin datar dengan bentuk trapesium sama kaki. Meletakkan semua potongan-potongan cermin datar ke cetakan sferis. Mengelem semua potongan cermin datar. Meletakkan matt (serat kaca) di atas potongan cermin yang sudah dilem dan menuangkan resin yang sudah dicampur dengan katalis. Menekan potongan cermin dan fiber glass dengan cetakan atas. Setelah kering, panel pengumpul berkas cahaya yang dibuat diangkat dari cetakan.

Reflektor 1 yang sudah jadi kemudian digabung dengan reflektor 2 menjadi satu sistem. Sistem reflektor yang dirancang untuk jenis 1 ditunjukkan seperti pada Gambar 3 dan untuk jenis 2 ditunjukkan seperti pada Gambar 4.



Gambar. 2. Satu set pembentuk cetakan permukaan sferis lubang transmisi. Gambar 6 menunjukkan prinsip kerja dari

B. Penganmbilan Data dan Pengolahan Data

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan pengukuran kuat penerangan cahaya pada reflektor yang telah dirancang. Data yang diambil untuk reflektor adalah data intensitas penerangan cahaya yang menyinari panel reflektor 1 sebelum melewati reflektor 2 (titik pengukuran 1) dan setelah melewati reflektor 2 di lubang transmisi (titik pengukuran 2) yang ditunjukkan seperti pada Gambar 5.

Pengolahan data yaitu dengan membandingkan titik pengukuran 2 dengan titik pengukuran 1.

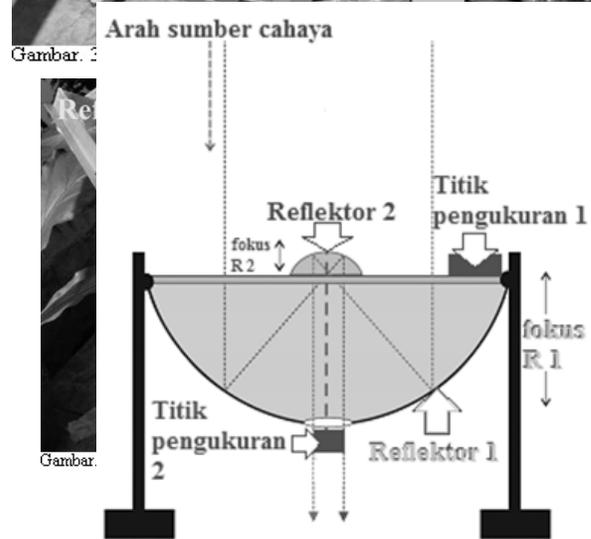
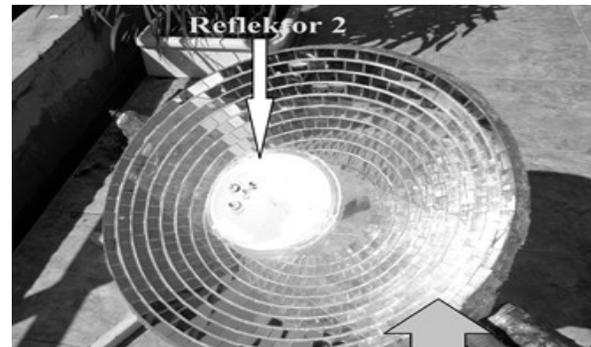
Berdasarkan Gambar 5, Gain dapat dihitung dengan Persamaan 1, yaitu :

$$Gain = \frac{Kuat_penerangan_titik2}{Kuat_penerangan_titik1} \dots\dots\dots(1)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Prinsip Kerja

Prinsip kerja dari sistem panel pengumpul berkas cahaya pada penelitian ini adalah berkas sumber cahaya yang datang tegak lurus dengan reflektor 1, mengenai permukaan reflektor 1 akan dipantulkan ke titik fokus reflektor 1. Berkas cahaya yang terfokus di titik fokus 1 menjadi sumber cahaya oleh reflektor 2, kemudian cahaya akan diteruskan mengenai permukaan reflektor 2. Berkas cahaya yang mengenai permukaan reflektor 2 akan di pantulkan sejajar menuju ke



Gambar. 5. Skematik titik pengukuran 1 dan titik pengukuran 2

pengumpul cahaya yang dibuat.

B. Pengukuran Sumber Cahaya dengan Lux Meter

Pengukuran dilakukan menggunakan lux meter, dan hasil pengukuran yang dilakukan sekitar pukul 14.00 di lantai 4 depan Lab Optik Jurusan Fisika FMIPA ITS. Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran untuk sumber cahaya berupa sinar matahari dengan nilai kolom tanpa filter dan dengan filter dikali 100. Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran dengan sumber cahaya lampu TL dengan nilai kolom tanpa filter dan dengan filter dikali 100. Pengukuran sumber cahaya dilakukan dengan 2 variasi sumber cahaya yang berbeda untuk mengetahui nilai atenuasi dari filter film kaca mobil.

Dari Tabel 1. dan 2. didapatkan rasio nilai film kaca mobil yang hampir sama yaitu 7,6. Nilai 7,6 ini menunjukkan bahwa film kaca mobil yang digunakan sebagai filter cahaya masuk mampu mengurangi cahaya sampai 7.6 kali dari cahaya yang mengenai film kaca mobil tersebut.

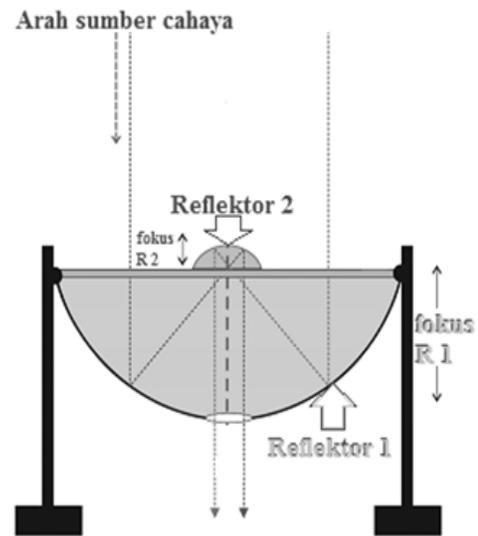
C. Pengukuran dan Perhitungan Gain Pengumpul Berkas Cahaya Jenis 1

Pengukuran panel pengumpul berkas cahaya matahari jenis 1 dilakukan di permukaan reflektor 1 dan di sekitar lubang transmisi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Berdasar hasil pengukuran dan perhitungan menggunakan persamaan (1) diperoleh data yang ditunjukkan seperti pada Tabel 3. Pada Tabel 3 nilai kolom permukaan reflektor 1 dan sekitar lubang transmisi semuanya dikali 100.

Dari Tabel 3 terlihat bahwa rata-rata *gain* dari panel pengumpul berkas cahaya matahari jenis 1 (dengan jarak fokus 10,5 cm) mampu meneruskan cahaya dari sumber cahaya ke titik fokus reflektor 1 dan diteruskan ke reflektor 2 kemudian dipantulkan menuju lubang transmisi adalah sekitar 2,9. Nilai tersebut memiliki arti bahwa panel pengumpul berkas cahaya jenis 1 yang merupakan gabungan dari dua buah reflektor 1 dan 2 mampu menguatkan cahaya matahari sekitar 2.9 kali dari kuat penerangan cahaya yang diterima langsung oleh panel tersebut.

D. Pengukuran dan Perhitungan Gain Pengumpul Berkas Cahaya Jenis 2

Pengukuran panel pengumpul berkas cahaya matahari jenis 2 dilakukan dua kali pengukuran yaitu pertama untuk 1 tiang penyangga dan yang kedua untuk 2 tiang penyangga, yang nantinya akan dibandingkan. Untuk 1 tiang penyangga dilakukan pengukuran di permukaan reflektor 1 dan di titik fokus reflektor 1 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar. 6. Prinsip Kerja Pengumpul Cahaya

Tabel 1. Intensitas Cahaya Matahari

Sumber Cahaya	Intensitas (Lux)		
	Tanpa filter	Dengan filter film kaca mobil	Rasio
Matahari	511	67	7,6
	515	65	7,9
	513	67	7,6
	513	67	7,6
	515	67	7,6
<i>Average rasio</i>			7,66

Tabel 2. Intensitas Lampu Fluoresen

Sumber Cahaya	Intensitas (Lux)		
	Tanpa filter	Dengan filter film kaca mobil	Rasio
Lampu Fluoresen	17,5	2,3	7,6
	17,5	2,3	7,6
	17,5	2,3	7,6
	17,5	2,3	7,6
	17,5	2,3	7,6
<i>Average rasio</i>			7,6

Tabel 3. Gain Reflektor Jenis 1

Sumber Cahaya	Intensitas (Lux)		
	reflektor 1	Sekitar lubang transmisi	Gain
Matahari	124	360	2,90
	125	363	2,90
	126	365	2,89
	126	370	2,93
	125	365	2,92
	<i>Average gain</i>		

Dari hasil pengukuran dan perhitungan menggunakan persamaan 1 diperoleh data yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Pada Tabel 4 nilai kolom permukaan reflektor 1 dan sekitar fokus reflektor 1 semuanya dikali 100.

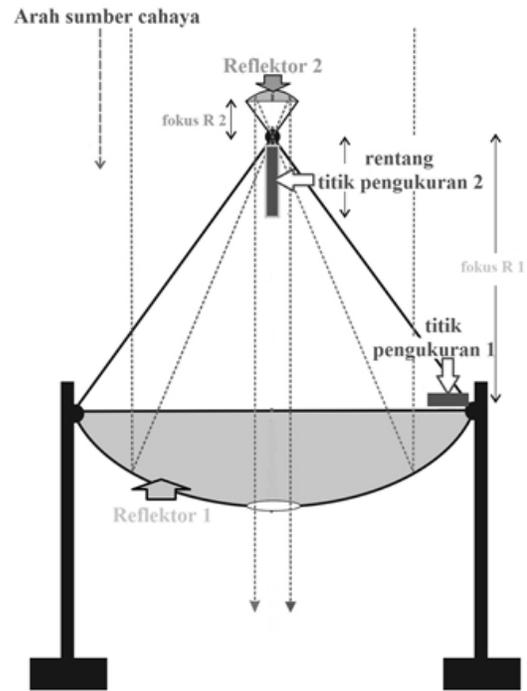
Pada Tabel 4 terlihat bahwa rata-rata *gain* dari panel pengumpul berkas cahaya jenis 2 dengan 1 tiang mampu meneruskan cahaya dari sumber cahaya ke titik fokus reflektor 1 sekitar 8,75. Akan tetapi cahaya belum bisa meneruskan ke lubang transmisi ketika mengenai reflektor 2. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya :

- a. Permukaan sferis pada panel reflektor 1 yang dibuat belum benar-benar tepat sesuai dengan perbesaran dari permukaan sferis reflektor 2.
- b. Sistem tiang untuk meletakkan reflektor 2 belum benar - benar bisa menempatkan reflektor 2 pada posisi yang pas. Dengan jarak titik fokus 40 cm, sedikit bergeser saja dari kelengkungan sferisnya atau penempatan reflektornya kurang pas akan mengakibatkan arah pantulannya berubah.

Pada pengukuran panel pengumpul berkas cahaya jenis 2 seperti pada Gambar 8 bertujuan untuk menyelidiki apakah karena masalah tiangnya atau permukaan sferisnya yang menyebabkan cahaya belum bisa diteruskan ke lubang transmisi.

Dari hasil pengukuran dan perhitungan menggunakan persamaan (1) diperoleh data seperti ditunjukkan Tabel 5. Tabel 5 nilai kolom reflektor 1 dan sekitar lubang transmisi semuanya dikali dengan 100.

Dari Tabel 5 terlihat bahwa rata-rata *gain* dari panel pengumpul berkas cahaya matahari jenis 2 dengan 2 tiang mampu meneruskan cahaya dari sumber cahaya ke titik fokus reflektor 1 dan diteruskan ke reflektor 2 kemudian dipantulkan menuju lubang transmisi adalah sekitar 1,4. Nilai tersebut memiliki arti bahwa panel pengumpul berkas cahaya matahari jenis 2 dengan 2 tiang, yang merupakan gabungan dari dua buah reflektor 1 dan 2 mampu menguatkan cahaya sekitar 1.4 kali dari kuat penerangan cahaya yang diterima langsung oleh panel tersebut. Dengan membandingkan hasil Tabel 4 dan Tabel 5 terlihat ada pengaruh tiang penyangga terhadap cahaya yang diteruskan dan terlihat bahwa terjadi penguatan pada titik fokus yang semula cahaya belum bisa meneruskan ke lubang transmisi menjadi bisa meneruskan ke lubang transmisi walaupun juga masih cukup kecil (nilai penguatan rata-rata di titik fokus reflektor 1 sebesar 8,75 diteruskan ke lubang transmisi menjadi hanya 1,4). Hal ini menunjukkan bahwa masih banyak cahaya yang hilang ketika cahaya di teruskan ke lubang transmisi, karena bisa jadi disebabkan oleh permukaan sferis reflektor 1 yang dibuat belum benar-benar tepat sesuai dengan perbesaran dari permukaan sferis reflektor 2.



Gambar. 7. Skematik Titik Pengukuran Pengumpul Berkas Cahaya Matahari Jenis (type) 2 dengan 1 tiang penyangga

Tabel 4. *Gain* Pengumpul Berkas Cahaya Matahari Jenis 2 (dengan 1 tiang penyangga)

Sumber Cahaya	Intensitas (Lux)		
	Permukaan reflektor 1	Fokus reflektor 1	Gain
Matahari	110	990	9,00
	115	997	8,66
	115	997	8,66
	113	996	8,81
	115	996	8,66
<i>Average gain</i>			8,75

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kesimpulan bahwa panel pengumpul berkas cahaya untuk mengumpulkan berkas cahaya matahari dapat menggunakan cermin datar yang dipotong menjadi bentuk trapesium sama kaki dan dirangkai kembali dibentuk mendekati permukaan sferis. Panel pengumpul cahaya yang dirancang mampu mengumpulkan dan menguatkan berkas cahaya. *Gain* reflektor jenis 1 sebesar 2,9 kali di titik lubang transmisi. *Gain* reflektor jenis 2 sebesar 8,75 kali di titik fokus reflektor 1 dan 1,4 kali di titik lubang transmisi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Rahayuningtjas, E.S.,Yudoyono, G., Rohedi, A.Y. *Optika.*(ITS Surabaya, 2002).

- [2] Halliday, D., dan Robert, R, *Fisika*. (Terjemahan oleh Pantur S dan Erwin S. Erlangga, Jakarta, 1984).
- [3] Muhaimin, *Teknologi Pencahayaan*. (Refika, Aditama, Bandung, 2001).
- [4] Kim, J.T.,and Kim, G. Aug, “*Overview and new development in optical daylighting systems for building a healthy indoor environment*”. (Building and Environment. 45, 256 – 269. 2009).
- [5] Isa Albana, *Pencahayaan dalam Ruang Tertutup Menggunakan Solar Illumination*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya, 2010.
- [6] Young, H.D., dan Roger, A.F, *Fisika Universitas*. (Terjemahan oleh Pantur S. Erlangga, Jakarta, 2001).