

Rancang Bangun Armatur Cahaya Tanpa Eenergi Listrik

Gretari redyana, Gili¹⁾, Sumardjati, Prih²⁾, Sardjito³⁾

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Ds.Gwaruga, KotakPos 1234, Bandung40012

Email : gili_gr@yahoo.com¹⁾, sumardjatiprih@yahoo.co.id²⁾, jlncpt@yahoo.com³⁾

Abstrak

Pertumbuhan bangunan yang tinggi di perkotaan menjadikan ruangan-ruangan dalam bangunan tersebut tidak tersinari matahari karena terhalang tingginya bangunan, sehingga penerangan di siang hari terpaksa menggunakan lampu listrik. Konsekuensinya penggunaan listrik harus mengeluarkan biaya. Salah satu solusi untuk penereangan menggunakan armatur cahaya denga cahaya matahari. Armatur didesain agar dapat menjangkau perubahan arah datangnya cahaya matahari yang berubah-ubah karena bumi yang berotasi dan berevolusi terhadap matahari. Berdasarkan tiga sinar istimewa pada cermin cekung cahaya matahari yang dipantulkan diteruskan kedalam ruangan-ruangan yang telah ditentukan luas bidang yang akan diteranginya. Iiluminasi dari cahaya matahari yang bersifat menyilaukan dapat diredam melalui Glare Filter. Metode yg digunakan dengan media pemantulan melalui beberapa cermin datar yang akhirnya diarahkan pada sebuah armatur untuk menerangi penerangan suatu ruangan. Berdasarkan hasil pengukuran armatur ini mampu menghasilkan iluminasi sebesar 130 lux dari jarak 2 meter titik pengukuran, 109 lux dalam jarak 2,9 meter dari titik pengukuran, 89 lux dari 3,2 meter titik pengukuran. Dimana pengukuran dilakukan pada suatu ruangkeluarga dengan luas 8,68 meter². Dari hasil pengukuran tersebut nilai intensitas yang dihasilkan oleh armatur cahaya memenuhi standard pencahayaan yang diijinkan SNI 03-6197-2000

Kata kunci :cahaya matahari, cermin, armatur cahaya

1. PENDAHULUAN

Laju pertumbuhan penduduk yang meningkat, pertumbuhan bangunan di perkotaan menjadi padat. Kepadatan bangunan-bangunan ini menjadikan ruangan-ruangan dalam bangunan tersebut kebutuhan cahayanya menjadi terbatas. Penerangan ruangan di siang hari tidak dapat lagi mengandalkan cahaya alam melalui jendela, sehingga cahaya yang diperlukan menggunakan lampu listrik. Konsekuensi penggunaan listrik harus mengeluarkan biaya listrik, penggunaan energi yang tidak tepat guna bisa menjadi kendala yang sangat besar sedangkan energi yang ada di bumi jumlahnya terbatas. Sebagai seorang *engineer* kita dituntut untuk bisa menemukan solusi untuk sebuah energi terbarukan yang bisa menggantikan pasokan energi yang bersifat hemat energi dan ramah lingkungan, upaya agar penggunaan biaya listrik ditiadakan maka solusinya dengan menggunakan armatur cahaya dengan sumber cahaya matahari, berdasarkan kebutuhan penerangan bangunan gedung dan kejadian pemadaman listrik yang dilakukan secara

bergiliran oleh PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero), penulis berinisiatif untuk membuat sebuah penerangan bangunan gedung tanpa menggunakan energi listrik. Karena walaupun terjadi pemadaman listrik secara bergilir tetap saja kita harus membayar penuh tanpa ada potongan biaya listrik akibat pemadaman listrik.

Cahaya matahari dipantulkan oleh cermin-cermin yang mengarahkan cahaya matahari masuk kedalam armatur cahaya matahari, dimana armatur tersebut didesain untuk menjangkau perubahan gerakan sinar matahari. Dengan menggunakan armatur cahaya matahari penerangan dalam bangunan gedung tidak bergantung pada energi listrik.

2. PEMBAHASAN

Tinjauan Pustaka

Arah datangnya cahaya matahari berubah-ubah karena bumi berotasi dan berevolusi. Penyesuaian dari kondisi tersebut cermin-cermin datar digunakan sebagai media instalasi cahaya. Memanfaatkan tiga sinar istimewa cermin cekung

dengan kemampuan membelokan sinar yang di sesuaikan terhadap besar fokus yang dihasilkan dengan cara menghitung dan menentukan diameter serta kecekungan cermin. Armatur Cahaya berfungsi sebagai penerangan disiang hari. Armatur dipasang setelah luas ruangan yang akan diterangi terlebih dahulu ditentukan.

Bahan Armatur Cahaya

Teknologi mampu menciptakan semua hal yang bersifat instan dan lebih baik, sesuai dengan kebutuhan dengan tinjauan dimana alat ini dipasang, seberapa rumit kerangka langit-langit, berapa ketinggian ruangan yang akan diterangi. Bahan plaskolite adalah suatu cermin dengan bahan dasar akrilik yang memiliki masa yang lebihh ringan dibandingkan dengan cermin kaca. Menggunakan bahan *stainless steel* sebagai pengganti cermin cekung dengan pertimbangan masa dan persediaan bahan yang mudah ditemui dipasaran, dan mudah dalam proses pembentukan untuk menentukan titik fokus yang dikehendaki.

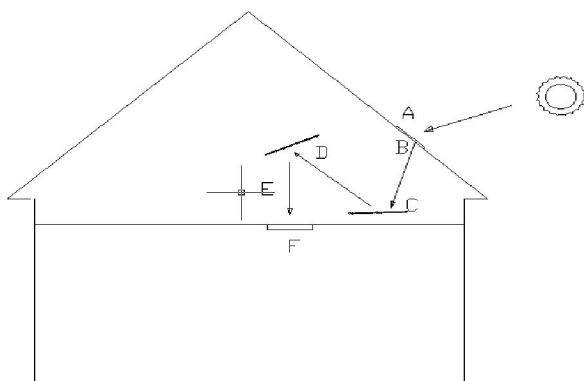
Armatur Cahaya



Gambar 1. Konstruksi Armatur Cahaya

Bahan cermin yang digunakan disesuaikan dengan lokasi armatur cahaya tersebut dipasang. Kemudian bahan dari *Glare Filter* sendiri mampu menyerap besarnya intensitas cahaya yang berpotensi menghasilkan silau dan mengganggu kenyamanan mata. Seperti pada Gambar 1

Rute Sinar Masuk



Gambar 2. Rute cahaya masuk ke armatur

Keterangan :

A = cahaya matahari sebelum menembus genting kaca.

B = cahaya matahari setelah menembus genting kaca.

C = cahaya matahari sebelum dipantulkan cermin pertama.

D = cahaya matahari setelah dipantulkan cermin pertama.

E = cahaya matahari setelah dipantulkan cermin kedua.

F = cahaya matahari menembus *Glare Filter* (armatur).

Faktor yang mempengaruhi cahaya

1. Absorbsi

Sebagian dari cahaya yang mengenai sesuatu permukaan akan diserap oleh permukaan itu. Bagian yang diserap ini menimbulkan panas pada permukaan tersebut. Permukaan yang gelap dan buram menyerap banyak cahaya. Bagian fluks cahaya yang diserap oleh suatu permukaan ditentukan oleh faktor absorpsi (a) permukaan itu :

$$a = \text{_____} \quad (1)$$

2. Refleksi

Jumlah cahaya yang dipantulkan tidak saja ditentukan oleh mengkilatnya suatu permukaan, tetapi juga ditentukan oleh sifat-sifat bahan permukaan tersebut. Permukaan difus kadang-kadang dapat memantulkan lebih banyak cahaya daripada suatu permukaan yang mengkilat. Bagian fluks cahaya yang dipantulkan ditentukan oleh faktor refleksi (r) suatu permukaan :

$$r = \text{_____} \quad (2)$$

3. Transmisi

Bahan-bahan tembus cahaya, seperti berbagai jenis kaca seluloida dan sebagainya, akan memantulkan atau menyerap sebagian saja dari cahaya yang mengenainya. Sebagian besar dari cahaya tersebut dapat menembus bahan tersebut bagian fluks cahaya yang dapat menembus, ditentukan oleh faktor transmisi (t) suatu bahan :

$$t = \text{_____} \quad (3)$$

Untuk suatu permukaan berlaku :

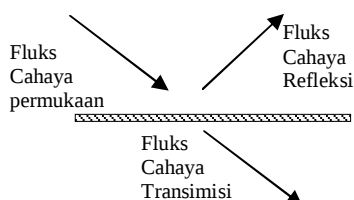
$$a + r + t = 1, \text{ bisa diartikan menjadi} \quad (4)$$

$$a = 1 - r - t$$

Dalam perhitungan yang Ideal, nilai dari Fluks luminus yang diharapkan adalah sebagai berikut.

$$F_{\text{permukaan}} = F_{\text{pantul}} + F_{\text{terus}} \quad (5)$$

$$F_{\text{serap}} = F_{\text{permukaan}} - (F_{\text{pantul}} + F_{\text{terus}}) \quad (6)$$



Gambar 3 Fluks Luminus pada zat kaca

Berdasarkan hasil pengukuran iluminasi sinar matahari pada tabel 1 titik A menunjukkan sebesar 82700 lux (diluar ruangan langit-langit) lalu masuk melalui genteng kaca dan terpengaruh oleh faktor absorpsi dan menunjukkan angka 64400 lux (dalam ruangan langit-langit) titik B, kemudian dipantulkan oleh cermin pertama menjadi 56100 lux titik C, masuk kedalam cermin kedua menjadi 49300 lux titik D, dan dipantulkan kembali oleh cermin ketiga yang masuk kedalam armatur menjadi 44300 lux titik E. Dan pada akhirnya menghasilkan 109 lux pada titik F. Pada titik B dan C, dimana didapat nilai dari $F_{\text{permukaan}} = 558992$ lumen, $F_{\text{pantul}} = 486448$ lumen. Dihitung menggunakan persamaan 6.

$$\bullet \quad r = \frac{F_{\text{refleksi}}}{F_{\text{permukaan}}} \quad (7)$$

$$r = \frac{486448}{558992} = 0,87$$

Artinya hanya 87% dari cahaya matahari yang direfleksikan kembali. Setelah menghitung faktor r dilanjutkan dengan menghitung faktor t , karena pada cermin tidak ada cahaya yang menembus maka dari itu faktor $t = 0$. Dari dua perhitungan tersebut bisa didapat besar faktor absorpsi menggunakan persamaan 4.

$$\bullet \quad a + r + t = 1$$

$$a = 1 - 0,87 - 0$$

Terhitung $a = 0,13$. Artinya 13% dari cahaya matahari yang datang untuk dipantulkan oleh cermin terserap menjadi kerugian yang berubah menjadi energi lain, salah satunya kalor. Untuk mengetahui seberapa besar perubahan suhu yang dialami oleh beberapa titik pemantulan dapat dilihat pada tabel 2 Konversi energi.

Konversi energi

Pada gambar 2 telah ditentukan instalasi cahaya mulai dari sinar matahari yang masuk kedalam langit-langit sampai dengan memasuki ruangan yang dikehendaki. Terjadi proses konversi energi dimana penyerapan energi yang berubah menjadi energi lain seperti kalor dalam cermin. Dengan

perhitungan sebagai berikut yang diambil analogi pada gambar 2.

Intensitas penerangan atau Tingkat pencahayaan atau iluminasi

Fluks cahaya (F) yang menyinari bidang seluas 1m^2 dalam satuan lux (lx) dengan lambang E .

$$E = \frac{F}{A} \quad (\text{lumen/m}^2 \text{ atau lux}) \quad (8)$$

Efikasi

Rentang angka perbandingan antara Fluks cahaya (lumen) dengan daya listrik masukan suatu sumber cahaya, dalam satuan lumen/watt.

$$\text{Efikasi} = \frac{\text{Fluks cahaya}}{\text{Daya listrik}} \quad (9)$$

Kalor jenis suatu zat adalah banyaknya kalor yang diperlukan oleh suatu zat bermassa 1Kg untuk menaikkan suhu 1°C , banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan atau menurunkan suhu suatu benda bergantung pada :

Q : banyaknya kalor yang diserap atau dilepaskan (Joule).

ΔT : Perubahan suhu (Kelvin)

c : Kalor Jenis ($\text{J/Kg}^\circ\text{C}$)

m : massa (Kg)

$$Q = m \times c \times \Delta T \text{ (Joule)} \quad (10)$$

Tabel 1 Kalor jenis

Jenis Benda	Kalor Jenis (c)	
	$\text{J/Kg}^\circ\text{C}$	Kkal/kgC°
Air	4.180	1,00
Alkohol (Ethyl)	2.400	0,57
Es	2.100	0,50
Kayu	1.700	0,40
Alumunium	900	0,22
Marmer	860	0,20
Kaca	840	0,20
Besi/Baja	450	0,11
Tembaga	390	0,093
Perak	230	0,056
Raksa	140	0,034
Timah Hitam	130	0,031
Emas	126	0,031

Nilai dari kalor jenis setiap benda memiliki nilai yang berbeda ditunjukkan pada tabel 1 diatas.

Panjang adalah dimensi suatu benda yang menyatakan jarak antar ujung, lebar adalah lintang suatu bidang yang dinyatakan dengan satuan

meter. Luas adalah besaran yang menyatakan ukuran dua dimensi (dwigatra) suatu bagian permukaan yang dibatasi dengan jelas.

$$A = p \times l \text{ (meter}^2\text{)} \quad (11)$$

A : Luas ruangan (meter²)

p : panjang ruangan (meter)

l : lebar ruangan (meter)

dengan keterangan panjang ruangan yang diterangi 2,8 meter dan lebar ruangan yang diterangi 3,1 meter didapat nilai luas dengan menggunakan perhitungan 10.

- $A = p \times l$
 $= 2,8 \text{ m} \times 3,1 \text{ m}$
 $= 8,68 \text{ m}^2$

Dengan menggunakan persamaan-persamaan diatas maka bisa didapat nilai-nilai seperti Fluks Cahaya, Iluminasi, Efikasi, banyaknya Kalor yang diserap, Perubahan Suhu, Energi dan Daya.

1. Perhitungan pada titik A Gambar 2 :

Menentukan besarnya Fluks Cahaya pada titik A, dengan menggunakan persamaan 7.

- $E = \frac{F}{A}$ (lumen/m² atau lux)
 $E = 82.700 \text{ lux}$ (Pengukuran)
 $A = 8,68 \text{ m}^2$ (Perhitungan)

Kemudian didapatkan nilai Fluks Cahaya.

$$F = 82.700 \times 8,68 = 717.836 \text{ lumen}$$

Menentukan besarnya daya pada titik A, dengan menggunakan persamaan 8.

- Efikasi = $\frac{F}{P}$ (—)

Untuk nilai efikasi diasumsikan pada tabel 3 bahwa pada panjang gelombang 555 nm nilai efikasi tertinggi sebesar 683 lumen/watt dijelaskan bahwa penglihatan Fotopik manusia memiliki nilai kepekaan tertinggi yaitu pada warna hijau dapat dilihat pada gambar 3.

$$\text{Efikasi} = 683 \text{ lumen/watt}$$

$$P = \frac{F}{\text{Efikasi}}$$

$$P = \frac{717.836}{683} = 1.051 \text{ watt}$$

Dengan asumsi $t = 1 \text{ s}$, dengan daya sebesar 1.051 watt akan mendapatkan energi sebesar 1.051 watt.second yang setara dengan 1.051 joule. Menentukan besarnya perubahan suhu yang terjadi pada titik A, Gambar 2. Menggunakan persamaan 9.

- $Q = m \times c \times \Delta T$
 $Q = 1.051 \text{ Joule}$
 (perhitungan 8)
 $m = 0,4 \text{ Kg}$
 (berat cermin yang dipakai untuk instalasi cahaya/titik)
 $c = 840 \text{ j/kg}^\circ\text{C} \times 0,4 \text{ Kg}$
 (besarnya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu pada 40% masa yang telah ditentukan pada tabel 1)

$$\Delta T = \frac{Q}{m \times c} = \frac{1.051}{0,4 \times 840} = 7,8^\circ \text{ K}$$

Dengan menggunakan metoda perhitungan yang sama disetiap titiknya maka akan diuraikan menjadi sebagai berikut

2. Perhitungan pada titik B Gambar 2 :

Menentukan besarnya Fluks Cahaya pada titik B, dengan menggunakan persamaan 7.

- $E = \frac{F}{A}$ (lumen/m² atau lux)
 $E = 64.400 \text{ lux}$ (Pengukuran)
 $A = 8,68 \text{ m}^2$ (Perhitungan)

Kemudian didapatkan nilai Fluks Cahaya.

$$F = 64.400 \times 8,68 = 558.992 \text{ lumen}$$

Menentukan besarnya daya pada titik B, dengan menggunakan persamaan 8.

- Efikasi = $\frac{F}{P}$ (—)

Untuk nilai efikasi diasumsikan pada tabel 3 bahwa pada panjang gelombang 555 nm nilai efikasi tertinggi sebesar 683 lumen/watt dijelaskan bahwa penglihatan Fotopik manusia memiliki nilai kepekaan tertinggi yaitu pada warna hijau dapat dilihat pada gambar 3.

$$\text{Efikasi} = 683 \text{ lumen/watt}$$

$$P = \frac{F}{\text{Efikasi}}$$

$$P = \frac{558.992}{683} = 818 \text{ watt}$$

Diasumsikan bahwa $t = 1 \text{ s}$, dengan daya sebesar 818 watt akan mendapatkan energi sebesar 818 watt.second yang sama dengan 818 joule. Menentukan besarnya perubahan suhu yang terjadi pada titik B, Gambar 2. Dengan menggunakan persamaan 9.

- $Q = m \times c \times \Delta T$
 $Q = 818 \text{ Joule}$
 (perhitungan 8)
 $m = 0,4 \text{ Kg}$
 (berat cermin yang dipakai untuk instalasi cahaya/titik)
 $c = 840 \text{ j/kg}^\circ\text{C} \times 0,4 \text{ Kg}$
 (adalah besarnya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu pada 40% masa yang telah ditentukan pada tabel 1)

$$\Delta T = \frac{Q}{m \times c} = \frac{818}{0,4 \times 840} = 6,08^\circ \text{ K}$$

3. Perhitungan pada titik C Gambar 2 :

Menentukan besarnya Fluks Cahaya pada titik C, dengan menggunakan persamaan 7.

- $E = \frac{F}{A}$ (lumen/m² atau lux)
 $E = 56.100 \text{ lux}$
 (pengukuran)
 $A = 8,68 \text{ m}^2$ (perhitungan)

Kemudian didapatkan nilai Fluks Cahaya.

$$F = 56.100 \times 8,68 = 486.948 \text{ lumen}$$

Menentukan besarnya daya pada titik C, dengan menggunakan persamaan 8.

- Efikasi = - (—)

Untuk nilai efikasi diasumsikan pada tabel 3 bahwa pada panjang gelombang 555 nm nilai efikasi tertinggi sebesar 683 lumen/watt dijelaskan bahwa penglihatan Fotopik manusia memiliki nilai kepekaan tertinggi yaitu pada warna hijau dapat dilihat pada gambar 3.

Efikasi = 683 lumen/watt

$$P = \text{—}$$

$$P = \text{—} = 712 \text{ watt}$$

Diasumsikan bahwa $t = 1$ s, dengan daya sebesar 712 watt akan mendapatkan energi sebesar 712 watt.second yang sama dengan 712 joule. Menentukan besarnya perubahan suhu yang terjadi pada titik C, Gambar 2. Dengan menggunakan persamaan 9.

- $Q = m \times c \times \Delta T$
 $Q = 712 \text{ Joule}$
 (perhitungan 8)
 $m = 0,4 \text{ Kg}$
 (berat cermin yang dipakai untuk instalasi cahaya/titik)
 $c = 840 \text{ j/kg}^\circ\text{C} \times 0,4\text{Kg}$
 (adalah besarnya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu pada 40% masa yang telah ditentuka pada tabel 1)

$$\Delta T = \frac{\text{—}}{\text{(—,)}} = 5,31^\circ \text{ K}$$

4. Perhitungan pada titik D Gambar 2 :

Menentukan besarnya Fluks Cahaya pada titik D, dengan menggunakan persamaan 7.

- $E = \text{—} \text{ (lumen/m}^2 \text{ atau lux)}$
 $E = 49.300 \text{ lux (Pengukuran)}$
 $A = 8,68 \text{ m}^2 \text{ (perhitungan)}$
 Kemudian didapatkan nilai Fluks Cahaya.
 $F = 49.300 \times 8,68 = 427.924 \text{ lumen}$

Menentukan besarnya daya pada titik D, dengan menggunakan persamaan 8.

- Efikasi = - (—)

Untuk nilai efikasi diasumsikan pada tabel 3 bahwa pada panjang gelombang 555 nm nilai efikasi tertinggi sebesar 683 lumen/watt dijelaskan bahwa penglihatan Fotopik manusia memiliki nilai kepekaan tertinggi yaitu pada warna hijau dapat dilihat pada gambar 3.

Efikasi = 683 lumen/watt

$$P = \text{—}$$

$$P = \text{—} = 626 \text{ watt}$$

Diasumsikan bahwa $t = 1$ s, dengan daya sebesar 626 watt akan mendapatkan energi sebesar 626 watt.second yang sama dengan 626 joule.

Menentukan besarnya perubahan suhu yang terjadi pada titik D, Gambar 2. Dengan menggunakan persamaan 9.

- $Q = m \times c \times \Delta T$
 $Q = 626 \text{ Joule}$
 (perhitungan 8)
 $m = 0,4 \text{ Kg}$
 (berat cermin yang dipakai untuk instalasi cahaya/titik)
 $c = 840 \text{ j/kg}^\circ\text{C} \times 0,4\text{Kg}$
 (adalah besarnya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu pada 40% masa yang telah ditentuka pada tabel 1)

$$\Delta T = \frac{\text{—}}{\text{(—,)}} = 4,67^\circ \text{ K}$$

5. Perhitungan pada titik E Gambar 2 :

Menentukan besarnya Fluks Cahaya pada titik E, dengan menggunakan persamaan 7.

- $E = \text{—} \text{ (lumen/m}^2 \text{ atau lux)}$
 $E = 44.300 \text{ lux (Pengukuran)}$
 $A = 8,68 \text{ m}^2 \text{ (Perhitungan)}$
 Kemudian didapatkan nilai Fluks Cahaya.

$$F = 44.300 \times 8,68 = 384.524 \text{ lumen}$$

Menentukan besarnya daya pada titik E, dengan menggunakan persamaan 8.

- Efikasi = - (—)

Untuk nilai efikasi diasumsikan pada tabel 3 bahwa pada panjang gelombang 555 nm nilai efikasi tertinggi sebesar 683 lumen/watt dijelaskan bahwa penglihatan Fotopik manusia memiliki nilai kepekaan tertinggi yaitu pada warna hijau dapat dilihat pada gambar 3.

Efikasi = 683 lumen/watt

$$P = \text{—}$$

$$P = \text{—} = 562 \text{ watt}$$

Diasumsikan bahwa $t = 1$ s, dengan daya sebesar 562 watt akan mendapatkan energi sebesar 562 watt.second yang sama dengan 562 joule.

Menentukan besarnya perubahan suhu yang terjadi pada titik E, Gambar 2. Menggunakan persamaan 3.

- $Q = m \times c \times \Delta T$
 $Q = 562 \text{ Joule (perhitungan 8)}$
 $m = 0,4 \text{ Kg}$
 (berat cermin yang dipakai untuk instalasi cahaya/titik)
 $c = 840 \text{ j/kg}^\circ\text{C} \times 0,4\text{Kg}$
 (adalah besarnya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu pada 40% masa yang telah ditentuka pada tabel 1)

$$\Delta T = \frac{\text{—}}{\text{(—,)}} = 4,19^\circ \text{ K}$$

6. Perhitungan pada titik F Gambar 2 :

Menentukan besarnya Fluks Cahaya pada titik F, dengan menggunakan persamaan 7.

- $E = -$ (lumen/ m^2 atau lux)
 $E = 109$ lux (pengukuran)
 $A = 8,68 m^2$ (perhitungan)

Kemudian didapatkan nilai Fluks Cahaya.

$$F = 109 \times 8,68 = 946,12 \text{ lumen}$$

Menentukan besarnya daya pada titik F, dengan menggunakan persamaan 2.

- Efikasi = $-\left(\frac{\text{---}}{\text{---}}\right)$

Untuk nilai efikasi diasumsikan pada tabel 3 bahwa pada panjang gelombang 555 nm nilai efikasi tertinggi sebesar 683 lumen/watt dijelaskan bahwa penglihatan Fotopik manusia memiliki nilai kepekaan tertinggi yaitu pada warna hijau dapat dilihat pada gambar 3.

$$\text{Efikasi} = 683 \text{ lumen/watt}$$

$$P = \frac{\text{---}}{\text{---}}$$

$$P = \frac{\text{---}}{\text{---}} = 1,38 \text{ watt}$$

Dengan asumsi $t = 1$ s, dengan daya sebesar 1,38 watt akan mendapatkan energi sebesar 1,38 watt.second yang setara dengan 1,38 joule. Menentukan besarnya perubahan suhu yang terjadi pada titik F, Gambar 2. Menggunakan persamaan 3.

- $Q = m \times c \times \Delta T$
 $Q = 1,38$ Joule (perhitungan 8)
 $m = 0,4$ Kg
 (berat cermin yang dipakai untuk instalasi cahaya/titik)
 $c = 840 \text{ j/kg}^\circ\text{C} \times 0,4\text{Kg}$
 (adalah besarnya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu pada 40% masa yang telah ditentukan pada tabel 1)

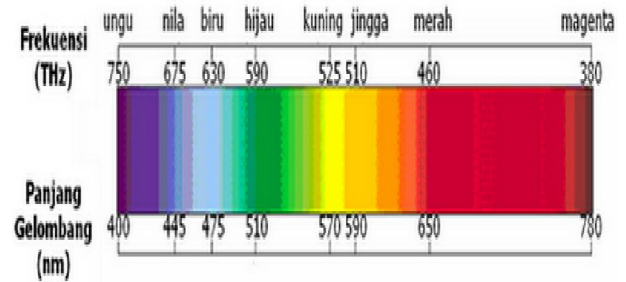
$$\Delta T = \frac{\text{---}}{\text{---}} = \frac{\text{---}}{\text{---}},$$

$$= 0,010^\circ \text{ K}$$

Tabel 2 konversi energi

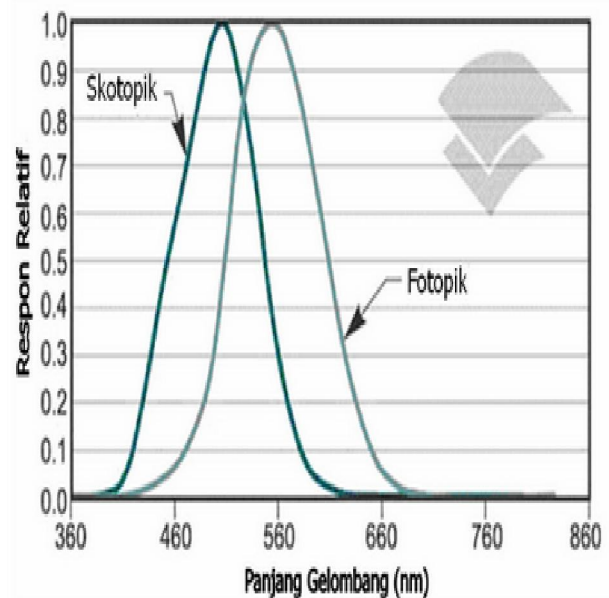
No	F (lumen)	Energi (watt.s)	Q (Joule)	ΔT (Kelvin)	E (lux)
A	717.836	1.051	1.051	$7,8^\circ$	82.700
B	558.992	818	818	$6,08^\circ$	64.400
C	486.948	712	712	$5,31^\circ$	56.100
D	427.924	626	626	$4,67^\circ$	49.300
E	384.524	562	562	$4,19^\circ$	44.300
F	946,12	1,38	1,38	$0,010^\circ$	109

Agar mempermudah proses pembacaan konversi energi yang terjadi di setiap titiknya maka ditulis kembali dalam bentuk tabel 2 konversi energi. Untuk memenuhi kebutuhan perhitungan pada persamaan diatas, didapat referensi pada tabel dan gambar sebagai berikut :



Gambar 3 Spektrum Cahaya tampak

Gambar 3 memiliki hubungan dengan tabel dan kurva fotopik dan skotopik kepekaan *visibility* mata manusia yang memiliki keterangan sebagai berikut.



Gambar 4 Kurva fotopik dan skotopik

Retina mata manusia terdiri dua jenis fotoreseptor, yaitu sel batang dan kerucut. Sel batang aktif dalam kondisi minim cahaya, pada kondisi itu disebut penglihatan skotopik. Sel kerucut lebih sensitif membedakan warna dan umumnya aktif dalam kondisi terang, pada kondisi tersebut disebut penglihatan fotopik. Respon mata manusia terhadap cahaya tidaklah sama, tergantung panjang gelombang dari cahaya. Untuk penglihatan fotopik, mata manusia paling sensitif (respon relatifnya sama dengan 1) pada panjang gelombang 555 nm.

Tabel 3 Fotopik dan Skotopik

λ (nm)	Fotopik		Skotopik	
	$V(\lambda)$	η (lm/W)	$V(\lambda)$	η (lm/W)
380	0,000039	0,027	0,000589	1,001
390	0,00012	0,082	0,002209	3,755
400	0,000396	0,27	0,00929	15,793
410	0,00121	0,826	0,03484	59,228
420	0,004	2,732	0,0966	164,22
430	0,0116	7,923	0,1998	339,66
440	0,023	15,709	0,3281	557,77
450	0,038	25,954	0,455	773,5
460	0,06	40,98	0,567	963,9
470	0,09098	62,139	0,676	1149,2
480	0,13902	94,951	0,793	1348,1
490	0,20802	142,078	0,904	1536,8
500	0,323	220,609	0,982	1669,4
507	0,44431	303,464	1	1700
510	0,503	343,549	0,997	1694,9
520	0,71	484,93	0,935	1589,5
530	0,862	588,746	0,811	1378,7
540	0,954	651,582	0,655	1105
550	0,99495	679,551	0,481	817,7
555	1	683	0,402	683
560	0,995	679,585	0,3288	558,96
570	0,952	650,216	0,2076	352,9
580	0,87	594,21	0,1212	206,4

λ (nm)	Fotopik		Skotopik	
	$V(\lambda)$	η (lm/W)	$V(\lambda)$	η (lm/W)
590	0,757	517,031	0,0655	111,35
600	0,631	430,973	0,03315	56,355
610	0,503	343,549	0,01593	27,081
620	0,381	260,223	0,00737	12,529
630	0,265	180,995	0,003335	5,67
640	0,175	119,525	0,001497	2,545
650	0,107	73,081	0,000677	1,151
660	0,061	41,663	0,000313	0,532
670	0,032	21,856	0,000148	0,252
680	0,017	11,611	0,000072	0,122
690	0,00821	5,607	0,000035	0,06
700	0,004102	2,802	0,000018	0,03
710	0,002091	1,428	0,000009	0,016
720	0,001047	0,715	0,000005	0,008
730	0,00052	0,355	0,000003	0,004
740	0,000249	0,17	0,000001	0,002
750	0,00012	0,082	0,000001	0,001
760	0,00006	0,041	0	0
770	0,00003	0,02	0	0

Efikasi adalah konversi antara daya cahaya (dalam satuan lumen) dengan daya radiasi (dalam satuan

watt), yang besarnya sama dengan $683 \times V(\lambda)$ lm/W untuk penglihatan fotopik, atau $1700 \times V(\lambda)$ lm/W untuk penglihatan skotopik, daya cahaya dari suatu sumber tidak pernah dinyatakan per panjang gelombang, melainkan jumlah keseluruhan dari seluruh panjang gelombang yang terkandung dalam cahaya sumber tersebut.

Keuntungan dari segi penghematan

Dari referensi TDL (Tarif Dasar Listrik) 2010 tarif Rumah Tangga R1-TR, kita bisa menghitung perbandingan konsumtifitas biaya antara amatur cahaya matahari dengan lampu hemat energi. Data yang diambil dari rumah penulis yang berlokasi di Jl jatnangor 2 blok c13 no 18, RT 03 RW 09, Komplek Marga Asih permai, Kabupaten Bandung adalah:

Daya terpasang: 1.300 VA

Jumlah beban :

40 watt x 7 ruangan = 280watt= 0,28 kW (11)

Jam nyala : 12 jam/ hari.

Jam nyala dalam 1 bulan :

12jam/hari x 30hari= 360 jam

Tabel 4 data pemakaian Listrik

DATA PELANGGAN	
Tarif	R1-TR
Daya	1.300 VA
Pemakaian kWh	3,36
Jam nyala	12 jam

TDL = Jumlah Beban x Jam Nyala x Rp.790

= 0,28 x 360 x 790

= Rp. 79.632/ bulan

(12)

Pajak penerangan 3 % kWh pemakaian x Rp 790

= 0,03 x 3,36 x Rp. 790

= 0,1008 x Rp 790/ hari

Pajak 30 hari = Rp 79,632 x 30

= Rp 2.388,96

(13)

Pembayaran tagihan perbulan

= TDL + pajak (3% dari besar kWh pakai)

= Rp. 79.632+ Rp 2.388,96

= Rp. 82.020

(14)

Pembayaran tagihan listrik dalam setahun

= Rp. 82.020,96 x 12 bulan

= Rp.984.251 ~ Rp. 990.000

(15)

Pembayaran tagihan listrik untuk penerangan dalam 10 tahun

= pembayaran dalam 1 tahun x 10

=Rp.9.900.000

(16)

Berdasarkan keterangan di atas didapat biaya yang harus dibayar dalam kurun satu tahun terhitung sebesar Rp 990.000/ tahunnya, jika kita bandingkan dengan pemakaian Armaturn Energi Cahaya Matahari yang tidak menggunakan energi

listrik dalam pemakaiannya artinya sama sekali tidak mengkonsumsi energi listrik yang harus di bayar per tahunnya. Yang terhitung hanya biaya instalasi dari setiap komponen adalah sebagai berikut :

1. <i>Mirror Adjustment Position</i>	Rp. 95.000
2. <i>Glare filter</i>	Rp. 175.000
3. Armatur Cahaya	Rp. 500.000 +
Total	Rp. 770.000

Harga total di atas belum termasuk biaya pemasangan dan pengukuran *Positioning point*. Jika termasuk biaya tersebut maka Rp. 800.000. Keuntungan yang akan didapat dari pemasangan Armatur Energi Cahaya Matahari adalah tidak dikenakan biaya pembayaran per-bulan, dan armatur ini memiliki *lifetime* 10 tahun(pada spesifikasi *Glare Filter*) pemakaian sesuai dengan perawatan yang dilakukan pada armatur.

Lain halnya ketika kita hitung pemakaian energi listrik untuk segi penerangan menggunakan lampu listrik, jika didapat nilai Rp 990.000/tahun dari maka dalam pemakaian 10 tahun akan didapat Rp 9.900.000/10tahun.

Lalu kita bandingkan dengan pemasangan armatur cahaya energi matahari jika kita membutuhkan 7 titik penerangan.

Rp 800.000/titik x 7 titik = Rp 5.600.000 selama 10 tahun, selisih dari dua nominal perhitungan uang yang dikeluarkan dalam 10 tahun di atas adalah Rp 5.350.000 nominal ini adalah besarnya penghematan, dengan Rp 5.600.000 kita sudah bisa menikmati cahaya matahari sebagai penerangan dalam ruangan. Untuk mempermudah perbandingan keuntungan antara dua jenis penerangan yang berbeda, data perhitungan dibuatkan tabel 5. Biaya pemasangan Instalasi listrik per titik AKLI Bandung saat ini Rp.150.000/titik.

Tabel 5 Perbandingan dua jenis penerangan

Biaya yang harus dibayar	Lampu listrik (7 titik)	Armatur cahaya matahari (7 titik)
Pemasangan	Rp.1.050.000	Rp.5.600.000
Pembayaran / bulan	Rp. 82.020	-
Pembayaran / tahun	Rp. 990.000	-
Pembayaran / 10 tahun	Rp. 9.900.000	-
Selisih	Rp. 5.350.000/ 10 tahun	
Penghematan	Rp. 2734/ hari	

3. KESIMPULAN

1. Armatur Cahaya Matahari mampu mengurangi besarnya intensitas cahaya yang dihasilkan sinar matahari yang terukur sebesar 82.700 lux dan merubah nilai iluminansi sebesar menjadi 109 lux dalam jarak 2,9 meter dari titik pengukuran, 130 lux dari jarak 2 meter, 89 lux dari 3,2 meter titik pengukuran. Pengukuran dilakukan pada sebuah ruangan dengan luas 8,68 meter².
2. Hasil pengukuran pada kesimpulan 1 menjelaskan bahwa iluminasi yang dihasilkan memenuhi standarisasi SNI 03-6197-2000.
3. Keuntungan yang diperoleh pada penggunaan armatur cahaya matahari adalah sebesar Rp 5.350.000/10tahun.

4. SUMBER PENDANAAN

Sumber pendanaan yang didapat secara mandiri.

5. DAFTAR PUSTAKA

Prafulla C.S.1979." Rapid Lightning Design And Cost Estimating ", USA : Mcgraw-hill book company's.

P. Van Harten. 1981. "Instalasi Listrik Arus Kuat Jilid 1 dan 2", Bandung : Bina cipta.

Satriawanmirza. 2007. "Fisika Dasar Untuk Mahasiswa UGM Jogjakakarta, Jakarta : Erlangga.

Tripler P.A. 1996. "Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid 2, edisi ke tiga", (Terjemahan oleh : Dr Bambang Soegijono) Jakarta : Erlangga.

www.Zumtobel.Staff.com, diunduh pada rabu 14 maret, 2012, 8:44:54 PM.

www.prudentschool.sch.id, diunduh pada rabu, 13 Juni, 2012, 8:01:54 PM.

-. 2000. "SNI 03-6197-2000", Badan Standar Nasional.