

B A B II

TEORI INTENSITAS RADIASI SURYA

A. DASAR PERPINDAHAN PANAS

Mekanisasi dari perpindahan panas pada dasarnya dapat digolongkan menjadi tiga golongan yaitu :

1. Radiasi
2. Konduksi
3. Konveksi

1. RADIASI

Segala benda panas yang ada di dunia maupun di alam sekitarnya, selalu memancarkan radiasi thermal elektromagnetik dimana gelombang intensitasnya tergantung pada temperatur dan karakteristik dari optik benda itu sendiri. Yang dimaksud dengan karakteristik optik adalah pancaran (emittance) atau ϵ , penyerapan (absorptance) atau α , pantulan (reflectance) atau r .

Hubungan ketiga parameter diatas adalah :

$$\begin{array}{lll} \text{emittance} & = 1 - \text{reflectance} & \\ \epsilon & = 1 - r & \dots\dots\dots(2.1) \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{absorptance} & = 1 - \text{reflectance} & \\ \epsilon & = 1 - r & \dots\dots\dots(2.2) \end{array}$$

Substitusi persamaan (2.1) dan (2.2) menjadi :

$$\alpha \lambda = \epsilon \lambda \dots\dots\dots(2.3)$$

Indek α adalah penting diberikan karena α , ϵ dan r nilainya berlainan untuk kebanyakan benda dalam sistem energi solar. Beberapa benda di mana mempunyai λ konstan disebut benda kelabu dan apabila $\alpha = r$ untuk segala panjang gelombang disebut benda hitam.

2. KONDUKSI

Perpindahan panas secara radiasi adalah merupakan fungsi dari temperatur, sedangkan perpindahan panas secara konduksi merupakan fungsi dari gradien temperatur $\partial T / \partial s$. Hubungan antara jumlah panas yang dipindahkan per satuan waktu adalah sebagai berikut :

$$(Q / A) \text{ Konduksi} = k (\partial T / \partial s) \dots\dots\dots(2.4)$$

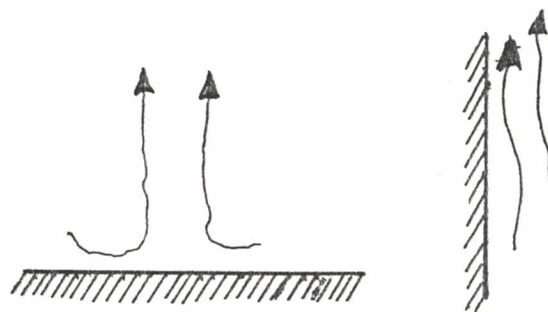
dimana k adalah koefisien konduktifitas panas dari pada suatu media. Konduktifitas k berbeda untuk tiap-tiap jenis benda. Harga k akan menjadi besar nilainya untuk jenis logam, berharga kecil nilainya untuk jenis bukan logam dan bernilai sangat kecil untuk jenis gas. Selain itu konduktifitas juga sedikit berubah dipengaruhi oleh temperatur, tetapi untuk kebanyakan pemakaian energi solar perubahan karena temperatur dapat diabaikan. Nilai konduktifitas untuk masing-masing jenis benda adalah sebagai berikut :

Logam	=	1 - 0.1	cal/sec °C cm
bukan logam	=	0,005 - 0,0001	cal/sec °C cm
gas	=	0,0003 - 0,00002	cal/sec °C cm

3. KONVEKSI

Konveksi adalah akibat langsung dari konduksi pada pemakaian teknik umumnya konveksi dinyatakan sebagai suatu kesatuan dari kombinasi antara konduksi untuk gas atau cairan dengan konveksi sebenarnya.

Jika suatu benda yang dipanaskan dihubungkan dengan media gas atau cairan yang mempunyai temperatur rendah atau lebih rendah, maka panas akan dipindahkan antara permukaan dan cairan. Perubahan panas tersebut disebabkan perubahan kerapatan (desity) dari cairan, perubahan ini akan besar untuk gas. Kemudian cairan baru akan berhubungan dengan permukaan dan proses akan berlanjut. Kejadian pengumpulan cairan ini yang berdekatan dengan permukaan ditunjukkan pada gambar 1 dan proses ini disebut konveksi. cairan mempunyai perubahan kerapatan (density) yang kecil tetapai konveksi tetap terjadi.



Gambar 2.1

ALIRAN KONVEKSI

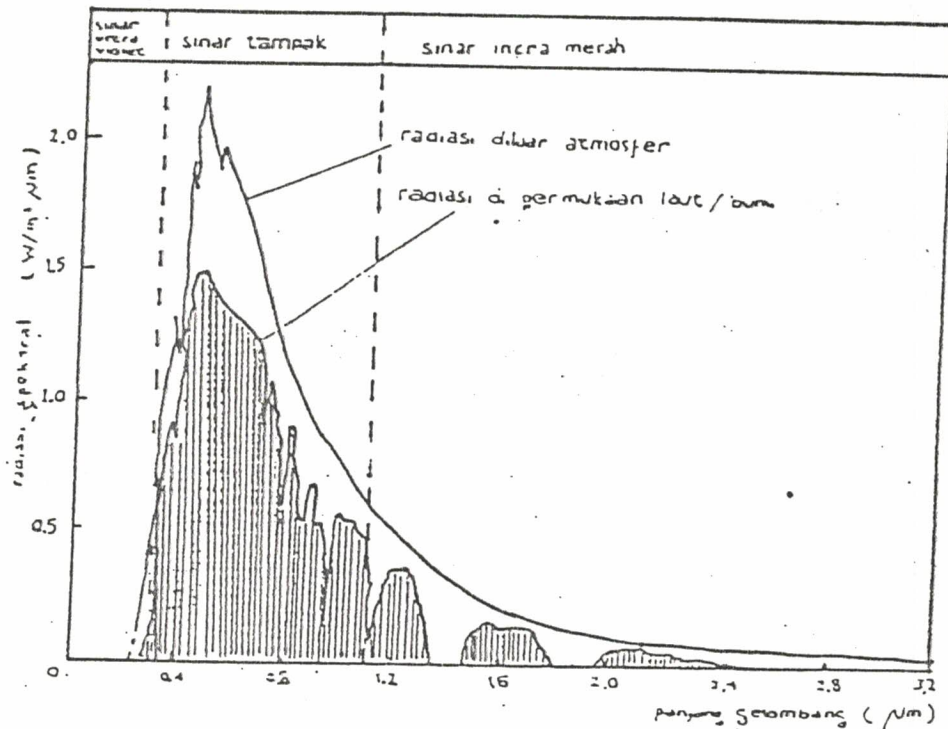
B. RADIASI MATAHARI

Bumi menerima energi yang hampir seluruhnya berasal dari matahari dalam bentuk radiasi. energi yang menuju ke bumi tidak seluruhnya diterima oleh permukaan bumi, tetapi sebagian diserap oleh atmosfer bumi. Dalam menentukan besarnya energi matahari yang dapat diterima di permukaan bumi, adalah sangat penting untuk mengetahui besarnya intensitas radiasi dan pengaruh atmosfer terhadap distribusi gelombang elektromagnetik sinar matahari serta pengaruh dari rotasi dan revolusi bumi.

1. SPEKTRUM MATAHARI

Perubahan-perubahan spektrum matahari yang terjadi diluar atmosfer sangat kecil saja, yaitu pada daerah gelombang $0,3\mu\text{m}$ - $2,6\mu\text{m}$. Tetapi setelah menembus atmosfer menuju kepermukaan bumi maka keadaannya akan berlainan sekali. Radiasi ultra violet yang panjang gelombangnya lebih kecil dari $0,3\mu\text{m}$ semuanya diserap oleh lapisan luar dari atmosfer, terutama oleh lapisan ozon (O₃)

Radiasi infra merah yang panjang gelombangnya lebih besar dari $2,6\mu\text{m}$ semuanya diserap oleh uap air dalam atmosfer bagian bawah. Diantara panjang gelombang $0,3\mu\text{m}$ - $2,6\mu\text{m}$ terjadi pengurangan radiasi spektrum oleh penyerapan uap air dan carbon dioksida (CO₂).



Gambar 2.2¹⁾.

SPEKTRUM MATAHARI DIPERMUKAAN BUMI
dan DILUAR ATMOSFIR

2. SUDUT KETINGGIAN MATAHARI

Sudut antara sinar datang matahari dan bidang horizontal (sudut ketinggian matahari) berbeda-beda untuk setiap waktu dalam setahun dan letak geografis tempat permukaan itu. Sehingga besarnya sudut ketinggian matahari ditentukan oleh hubungan dari persamaan sebagai berikut,²⁾

- 1). Palz Wolfgang, 'Solar Electricity', UNESCO, New York, 1976, Hal 187
- 2). Krell F and Kreider J.F, 'Principles Of Solar Engineering', Hemisphere Publishing Company, Washington, 1978, Hal 50.

3. TETAPAN SURYA (SOLAR CONSTAN)

Bumi berputar mengelilingi matahari pada suatu orbit bumi dengan variasi jarak antara bumi matahari 3 % pada jarak satu satuan astronomi. Pada jarak ini diperoleh karakteristik dari radiasi matahari diluar atmosfer bumi bumi adalah tetap.

Dengan konsep ini dirumuskan suatu konstanta radiasi matahari yang didefinisikan sebagai jumlah total dari semua panjang gelombang yang diterima persatuan waktu, persatuan luas permukaan datar yang tegak lurus pada lintasan berkas cahaya pada jarak rata-rata (dalam satu-satuan astronomi) bumi matahari.

Dari hasil pengukuran yang terdahulu Nikolet (1951), Jonhson (1954) mengusulkan besarnya konstanta radiasi matahari $1395 \pm 2 \% \text{ w/m}^2$. Usaha untuk memperoleh harga konstanta radiasi matahari yang lebih baik telah banyak dilakukan, diantaranya dengan pesawat NASA pada ketinggian 11,58 km, balon (24 km) dan pesawat X-15 (82 km). Dari hasil pengukuran tersebut Thekaekara (1973) dan Drumoun (1971) mengusulkan harganya 1353 w/m^2 .

Faktor perubah satuan konstanta radiasi matahari dapat dilihat harga konstanta untuk bermacam-macam satuan. Faktor perubah satuan konstanta radiasi matahari.⁴⁾

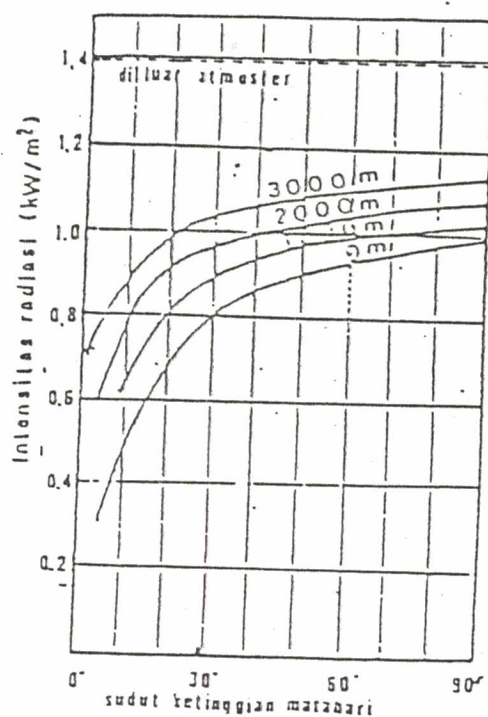
4). Seminar Nasional Penelitian Dirgantara LAPAN, Bandung, 5-7 Pebruari 1979, Hal 48-54

Konstanta radiasi matahari (KRM)	= 1353	W/m^2
	= 135,3	mW/cm^2
	= 0,1353	W/cm^2
	= 1,353 x 10.6	$\text{erg/cm}^2 \text{ sec}$
	= 1,937	Langley/min

4. PERUBAHAN RADIASI SECARA LANGSUNG

Radiasi langsung (direct radiation) adalah radiasi yang kepermukaan tanpa mengalami penyebaran dalam atmosfer.

Putaran bumi mengelilingi sumbunya (rotasi) memerlukan waktu 24 jam dalam satu periode (putaran) kedudukan sumbu rotasi ini condong terhadap bidang orbit dengan sudut $66^\circ 30'$ sedang arah dari sumbu rotasi akan selalu tetap. Karena posisi sumbu yang condong itu maka dalam satu tahun daerah yang menerima intensitas radiasi matahari maksimum bergerak dari Utara dan Selatan (daerah yang dibatasi oleh $23^\circ 30'$ LS dan $23^\circ 30'$ LU) inilah sebab utama dari perubahan musim.



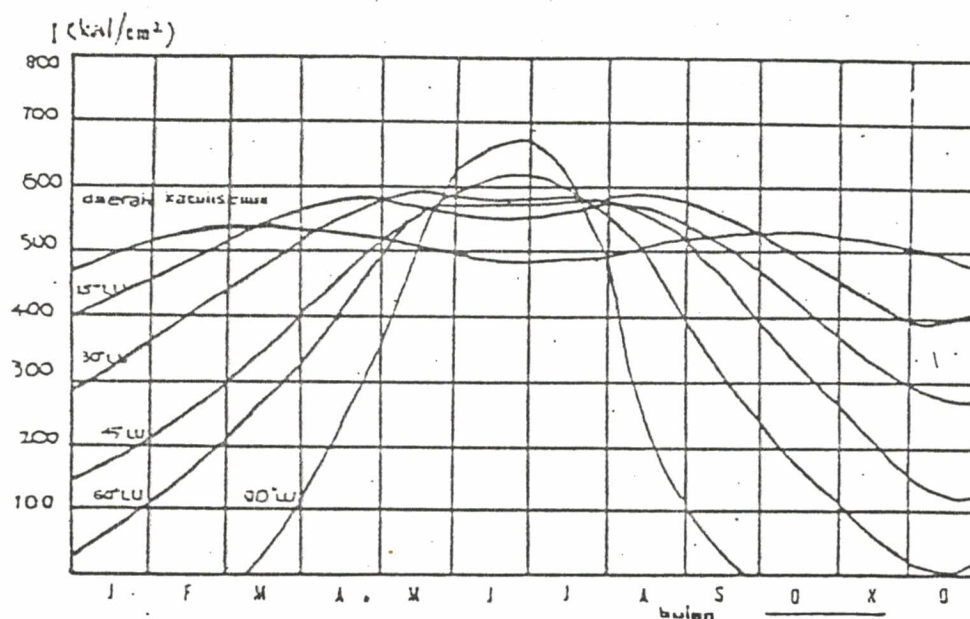
Gambar 2.4⁵⁾.

PERUBAHAN RADIASI LANGSUNG DARI SUATU TEMPAT

Pada 21 Juni daerah-daerah sepanjang $23^{\circ}30'$ LU normal terhadap sinar matahari dan kelihatannya matahari melintas lewat zenit daerah tersebut. Daerah tersebut akan mengalami penyinaran matahari terpanjang. Sedangkan di daerah sepanjang $23^{\circ}30'$ LS pada saat itu mengalami penyinaran matahari terpendek dan radiasi terkecil.

5). Meinel A. B and Meinel M. P., 'Applied Solar Energy', Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, tahun 1977, Hal 38.

Pada 21 Maret dan 23 September daerah-daerah sepanjang equator tegak lurus terhadap sinar matahari. Jadi besarnya intensitas radiasi langsung harian pada suatu permukaan horizontal berubah-ubah setiap bulan dalam setahun. Di equator akan mengalami hari terang (penyinaran matahari) selama 12 jam dalam sehari, sedangkan untuk daerah-daerah yang lain ditunjukkan seperti pada gambar 2.5



Gambar 2.5.⁶⁾

RADIASI LANGSUNG HARIAN PADA PERMUKAAN HORIZONTAL
UNTUK GARIS LINTANG DALAM SETAHUN

⁶⁾ Eggers, A. and Lura, 'Solar Energy In Developing Country', Pergamon Press, Oxford, 1979, Hal 14.

Pengukuran intensitas radiasi pada saat yang berbeda pada suatu hari dan tempat tertentu mempunyai harga yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan sudut ketinggian matahari dan perubahan panjang lintasan sinar yang menuju ketempat tersebut dalam lintasan atmosfer bumi.

Pada gambar 2.4. menunjukkan kurva intensitas radiasi langsung sebagai fungsi sudut ketinggian pada beberapa tempat.

Perubahan itu berlangsung dari hari ke hari dan juga tergantung dari keadaan atmosfer. Akan tetapi perubahan untuk hari yang cerah adalah tertentu, seperti yang terlihat pada gambar 2.4.

5. RADIASI MATAHARI PADA DAERAH TROPIS.⁷⁾

Daerah tropis secara geografis merupakan daerah yang ideal untuk memanfaatkan radiasi matahari sebagai sumber tenaga secara maximum. Dimana radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi sering dihalangi oleh bermacam-macam jenis awan. Perkiraan radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi didasarkan pada percobaan Langley (1881), Johnson (1954), Kondratyev (1969) dan Thakaikara (1973) yang menyatakan bahwa spektral radiasi matahari di tepi luar atmosfer bumi adalah konstan.

7). Loka Karya Pengembangan Energi Non Konvensional,
Jakarta 28-29 Januari 1980, Hal. 212.

6. RADIASI LANGSUNG PADA PERMUKAAN.

Matahari pada ketinggian tertentu, besarnya radiasi langsung yang diterima oleh suatu permukaan adalah terbesar, bila sinar radiasi matahari tersebut tegak lurus terhadap permukaan.

Bila sinar datang membentuk sudut terhadap permukaan, maka radiasi langsung yang diterima adalah ⁸⁾.

$$I = I_R \cos \alpha \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana : I adalah radiasi langsung pada permukaan (kw/m²)

I_R adalah radiasi langsung pada permukaan tegak lurus terhadap sinar matahari (kw/m²)

α adalah sudut antara sinar matahari dan normal dari permukaan (derajat)

Sudut insiden (α) untuk suatu permukaan miring yang tetap ditentukan oleh persamaan ⁹⁾.

$$\begin{aligned} \cos \alpha = & \sin \delta_s (\sin L \cos \beta - \cos L \sin \beta \cos a_v) + \\ & (\cos \delta_s \cos h_s \sin L \cos \beta + \sin L \sin \beta \cos a_v) + \\ & (\cos \delta_s \sin \beta \sin a_v \sin h_s) \quad \dots\dots\dots(2.7) \end{aligned}$$

8). Ibid. Hal 58.

9). Ibid, Hal. 59.

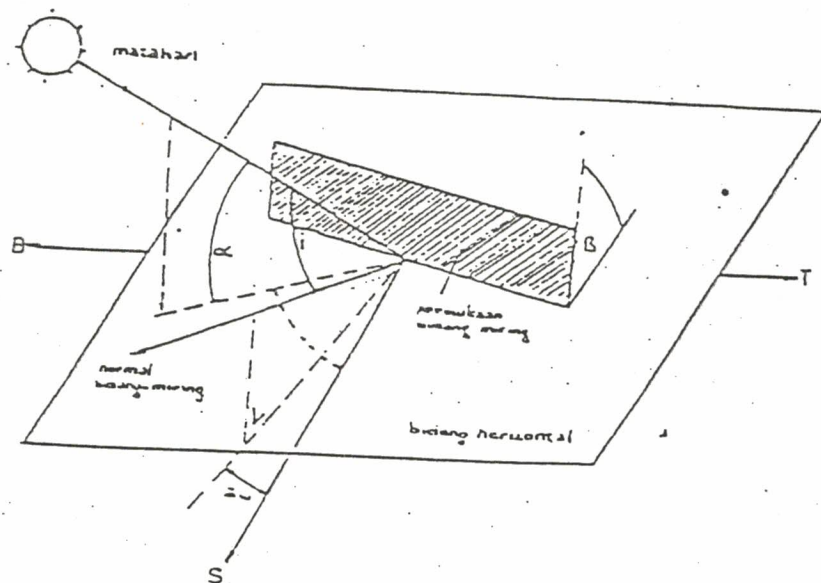
dimana :

β adalah sudut kemiringan permukaan terhadap bidang
horizontal(derajat)

a_v adalah sudut yang dibentuk oleh proyeksi normal dari
permukaan miring dengan arah selatan
.....(wall azimuth angle)

Untuk permukaan yang menghadap keselatan maka $a_v = 0$
, sedangkan untuk permukaan yang menghadap Utara $a_v = 180^\circ$.
Bila permukaan bidang tersebut adalah horizontal, maka $\beta = 0^\circ$,
sehingga persamaan diatas menjadi :

$$\cos \alpha = \sin \delta_s \sin L + \cos \delta_s \cos L \cos h_s \quad \text{.....(2.8)}$$



Gambar 2.7.

RADIASI YANG DITERIMA BIDANG MIRING

C. INTENSITAS ENERGI SURYA.

Untuk penelitian dan pengujian peralatan pemanta-
atan energi surya, selain data intensitas energi radiasi
global, kecepatan dan arah angin, diperlukan juga data jangka
waktu penyinaran matahari, radiasi diffusi dan radiasi
langsung.

Untuk penelitian diperlukan juga hasil analisa
spektral dan radiasi albedo. Untuk tujuan diatas telah
dilakukan pengumpulan data intensitas dan jangka waktu
penyinaran radiasi surya, baik yang sudah diolah sebagai data
statistik maupun yang langsung dari lembaga Meteorologi dan
Geofisika. Data ini diolah dan disajikan dalam bentuk peta
intensitas energi radiasi surya, meskipun kelangkaan data
sangat mempengaruhi hasil pemetaan.

Untuk pulau jawa, berdasarkan data intensitas dan
jangka waktu penyinaran bagi Bandung dan Jakarta sebagai
referensi dalam pemetaan garis iso-intensitas harian dengan
menggunakan persamaan regresi Angstrom.

Hasil penarikan garis iso-intensitas ditunjukkan
pada : lampiran 1 (a) - (e)

lampiran 1 (a) - (d) menunjukkan peta rata-rata
musiman

lampiran 1 (e) menunjukkan peta rata-rata tahunan

1. PERUBAHAN INTENSITAS RADIASI SURYA PER TAHUN

Intensitas radiasi matahari yang jatuh kepermukaan atmosfir mempunyai nilai yang sedikit berubah-ubah. Perubahan perubahan itu terjadi karena adanya perubahan jarak matahari bumi.

Bumi mengelilingi matahari dengan suatu lintasan yang agak elliptis. Periode putaran (revolusi) memerlukan waktu 365 hari 5 jam 48 menit dan 46 detik. Orbit ini adalah hasil dari tarikan gravitasi matahari dan gaya centrifugal yang disebabkan oleh inersia dan momentum bumi-matahari yang berubah-ubah.

2. INTENSITAS RADIASI MATAHARI KE PERMUKAAN BUMI

Intensitas radiasi matahari yang jatuh kepermukaan bumi, terdiri dari intensitas radiasi matahari langsung (I_d), intensitas radiasi matahari diffuse (I_d) dan intensitas radiasi pantulan (I_r). Radiasi matahari langsung ialah radiasi yang diterima oleh permukaan bumi tanpa adanya perubahan arah.

Radiasi matahari diffuse ialah radiasi matahari yang diterima permukaan bumi setelah mengalami perubahan dan arah disebabkan oleh pemantulan dan hamburan oleh atmosfir.

Radiasi matahari pantulan ialah radiasi matahari yang dipantulkan oleh lingkungan sekeliling.

Intensitas radiasi matahari langsung pada bidang horizontal dapat dinyatakan dengan :

$$I_d = I_n \cos \beta \quad (2.9)$$

Radiasi terbaaur dari langit yang mengenai suatu bidang dipermukaan bumi pada dasarnya sebanding dengan radiasi langsung normal.

Harga efektif dari radiasi diffuse (I_d) semakin besar bila ketinggian matahari menurun, sedangkan awan dan debu di atmosfer menaikkan radiasi diffuse.

Radiasi diffuse yang jatuh pada bidang horizontal sebanding dengan radiasi langsung, yang dinyatakan dengan :

$$I_d = B \cdot I_n \quad (2.10)$$

dimana :

B adalah konstanta kesebandingan yang tergantung dari posisi lintang lokasi yang bersang

$$\text{kutan } (B = 0,040 + 0,085 \frac{1 + \cos 2L}{2}),$$

L : sudut lintang lokasi

Radiasi pantulan dari tanah dan dari permukaan sekeliling dipengaruhi oleh reflektifitas dan albedo (perbandingan dari energi yang dipantulkan terhadap energi yang datang)

Radiasi pantulan dari tanah sedikit lebih tinggi dari pada dinding yang membelakangi matahari. Distribusi spektrum dari cahaya pantulan ini umumnya berbeda dengan spektrum cahaya diffuse maupun cahaya langsung.

Bila radiasi total pada permukaan horizontal (I_{th}) beserta albedo dari sekelilingnya (dari tanah) kepada bidang, maka besarnya radiasi pantulan dinyatakan dengan :

$$I_r = 0,5 \cdot r \cdot I_{th} \quad (2.11)$$

Sedangkan radiasi yang diserap (I_a) oleh suatu permukaan dapat dihitung, bila diketahui intensitas total radiasi matahari yang dinyatakan :

$$I_a = \alpha \cdot I_r \quad (2.12)$$

dimana :

I_a adalah radiasi yang diserap

α adalah koefisien absorpsi permukaan

I_r adalah radiasi matahari total ($I_r = I_a + I_d + I_r$)