BAB II

DASAR TEORI

2.1 Radiasi Matahari

Matahari dapat dianggap sebagai benda hitam dengan suhu 5762 K dan memancarkan panas dengan kontinyu (Wiranto,1995). Panas yang dipancarkan oleh permukaan matahari (E_s) adalah sama dengan hasil perkalian kontanta Stefan-Boltzman (σ), pangkat empat temperatur permukaan absolut (T_s^4), dan luas permukaan (πd_s^2).

$$E_s = \sigma \pi d_s^2 T_s^4 \text{ W} \tag{2.1}$$

dengan $\sigma = 5{,}67 \times 10^{-8}$.W/m^2.K^4)

Pada radiasi ke segala arah, panas yang diradiasikan mencapai luas permukaan bola dengan matahari sebagai titik tengahnya. Jari-jari (R) adalah sama dengan jarak rata-rata antara matahari-bumi. Luas permukaan bola adalah sama dengan $4\pi R^2$, dan fluks radiasi pada satuan luas permukaan bola tersebut menjadi :

$$G = \frac{\sigma d_s^2 T_s^2}{4R^2} \text{ W/.m}^2 \tag{2.2}$$

Dengan garis tengah matahari $1{,}39 \times 10^9$ m, temperatur permukaan matahari 5762 K, dan jarak rata-rata matahari-bumi $1{,}5 \times 10^{11}$ m, maka fluks radiasi persatuan luas dalam arah yang tegak lurus pada radiasi tepat diluar atmosfer bumi adalah :

$$G = \frac{5{,}67 \times 10^{-8} \times (1{,}39 \times 10^9)^2 \times (5{,}762 \times 10^3)}{4 \times (1{,}5 \times 10^{11})^2}$$

$$G = 1353 \text{ W/m}^2$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Harga nilai G ini disebut dengan konstanta surya (G_{sc}). Satuan yang sering digunakan adalah langley yang nilainya sama dengan 0,04187 MJ/m^2. Panas matahari tidak polutif, tidak habis dan gratis. Akan tetapi ada juga kekurangannya yaitu tidak konstan. Masalah yang timbul ialah sistem bumi tidak mungkin menerima panas secara terus-menerus. Hal ini disebabkan karena bumi berputar pada porosnya (rotasi). Berarti diperlukan semacam sistem penyimpanan energi yang diperlukan pada malam hari serta pada waktu cuaca mendung.

2.1.1 Intensitas Radiasi Matahari

Radiasi matahari yang tersedia di luar atmosfer bumi adalah sebesar 1353 W/m^2 dikurangi intensitas penyerapan dan pemantulan atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi (Wiranto,1995). Selain pengurangan radiasi yang langsung (sorotan) oleh penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipencarkan oleh molekul-molekul gas, debu dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi sebagai radiasi sebaran.

Di Kanada data radiasi setiap jam diterbitkan oleh kantor Atmospheric Environment Service dalam bentuk majalah bulanan Monthly Radiation Summary dan dalam pita rekaman (Wiranto,1995). Data-data khas dari Summary tersebut ditunjukkan dalam Tabel 4.4 untuk Stasiun Penelitian Meteorologi (Meteorological Research Station) di Woodbridge, Ontario, persis di sebelah utara kota metropolitan Toronto. RF1 menunjukkan radiasi global (total) dan RF2 radiasi sebaran. Intensitas sorotan (I_b) diperoleh dari selisih RF1 dan RF2.

$$I = I_b + I_d \qquad (2.3)$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

2.1.2 Posisi Matahari

Untuk segitiga bola tegak lurus NPK, seperti diperlihatkan dalam gambar 2.1, apabila garis AB dibuat tegak-lurus pada OB, maka

$$\frac{AB}{OB} = \tan a \qquad (2.4)$$

dan

$$AB = \text{Cos } c \tan a$$

Juga ,

$$AB = OA \sin a$$

$$= \cos b \sin a$$

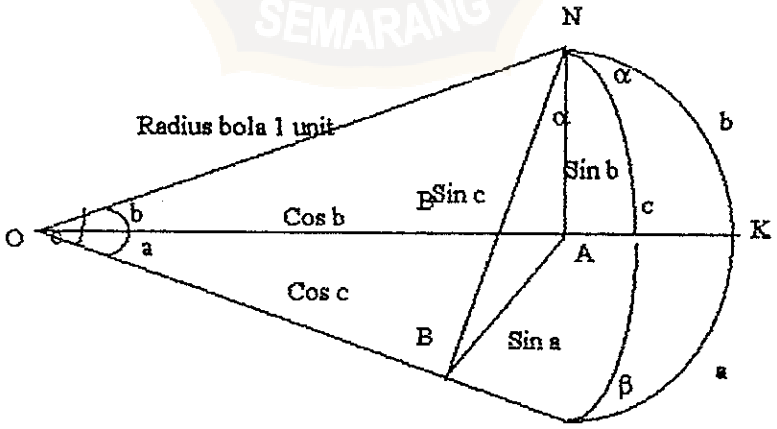
Karena itu,

$$\cos c \tan a = \cos b \sin a$$

atau

$$\cos c = \frac{\sin a}{\tan a} \times \cos b$$

$$= \cos a \cos b$$



Gambar 2.1 Segitiga Bola Siku-siku (Wiranto,1995)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Untuk sebarang segitiga bola NPQ pada gambar 2.2

$$\cos a = \cos h \cos (c-\phi)$$

$$\cos b = \cos h \cos \phi$$

dengan membagi kedua persamaan tersebut maka

$$\frac{\cos a}{\cos b} = \frac{\cos h \cos(c-\phi)}{\cos h \cos \phi} = \frac{\cos c \cos \phi + \sin c \sin \phi}{\cos \phi}$$

atau

$$\cos a = \cos b\ (\cos c + \sin c \tan \phi) \qquad (2.5)$$

Dari gambar 2.1 dapat dilihat bahwa :

$$\cos \beta = \frac{AB}{\sin c} = \frac{\cos c \tan a}{\sin c} = \cot c \tan a$$

dengan menerapkan persamaan ini. didapatkan

$$\cos \alpha = \cot b \tan \phi$$

atau

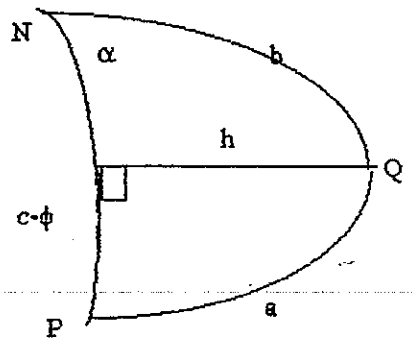
$$\tan \phi = \cos \alpha \tan b$$

dengan memasukkan ke dalam persamaan 2.5 diperoleh

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos \alpha \qquad (2.6)$$

Persamaan ini dikenal sebagai hukum kosinus untuk segitiga bola.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.2 Segitiga Bola (Wiranto,1995)

2.1.3 Persamaan untuk Sudut Zenit (θ_z)

Pada gambar 2.5 sudut zenit didefinisikan sebagai sudut antara zenit (z) atau garis lurus di atas kepala, dengan garis pandang ke matahari. Sudut azimut (θ_A), diperlihatkan sebagai sudut antara garis yang mengarah ke utara dengan proyeksi garis pandang ke matahari pada bidang horisontal, ke arah timur dianggap arah positif. Sudut azimut (θ_A) dapat dinyatakan sebagai :

$$\cos\theta_A = \frac{\sin\delta - \sin\phi\cos\theta_Z}{\cos\phi\sin\theta_z} \qquad (2.7)$$

Pada gambar 2.5 pengamat berada pada titik P dengan posisi garis lintang ϕ dan sudut zenit sama dengan θ_z. Sudut NP sama dengan 90°-ϕ. Apabila sebuah garis ditarik dari pusat bumi (O) ke matahari, maka garis ini memotong permukaan bumi di Q. Sudut δ antara bidang datar khatulistiwa dan OQ (matahari) disebut deklinasi. Dengan sudut POQ yang juga sama dengan θ_z, maka busur PQ juga sama dengan θ_z. Sudut PNQ sama dengan ω pada bidang equatorial. Sudut ini disebut sudut jam. Karena bumi berputar mengelingi sumbunya satu kali setiap 24

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

jam, maka sudut jam sama dengan 15° per jam. Sudut jam ini dapat didefinisikan sebagai suatu sudut yang harus dikelilingi bumi untuk membawa pengamat P langsung di bawah matahari. Persamaan 2.3 dapat digunakan pada segitiga bola NPQ. Berdasarkan gambar 2.5 dapat dilihat :

$$\cos \theta_z = \cos (90 - \delta) \cos (90 - \phi) + \sin (90 - \delta) \sin (90 - \phi) \cos \omega$$

Tetapi

$$\cos (90 - A) = \sin A$$

maka

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega \qquad (2.8)$$

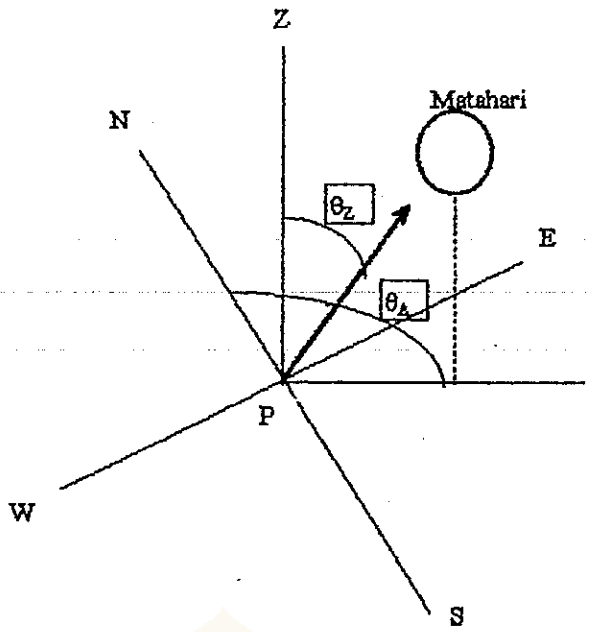
Deklinasi (δ), yaitu sudut yang dibentuk oleh matahari dengan bidang equator, ternyata berubah sebagai akibat kemiringan bumi, yaitu dari 23,45° pada musim panas (21 Juni) ke -23,45 ° pada musim dingin (21 Desember).

Harga deklinasi pada tiap saat dapat diperkirakan dengan persamaan berikut :

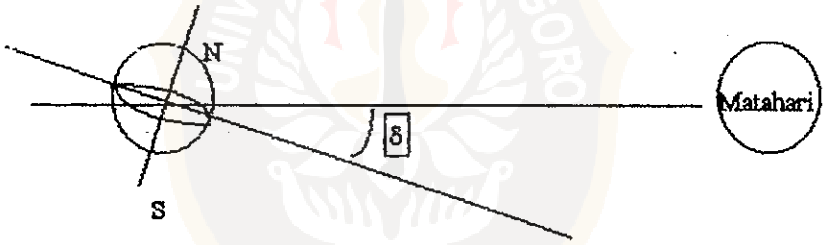
$$\delta = 23{,}45 \sin \left(360 x \frac{284 + n}{365} \right) \qquad (2.9)$$

n adalah hari dari tahun yang bersangkutan.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



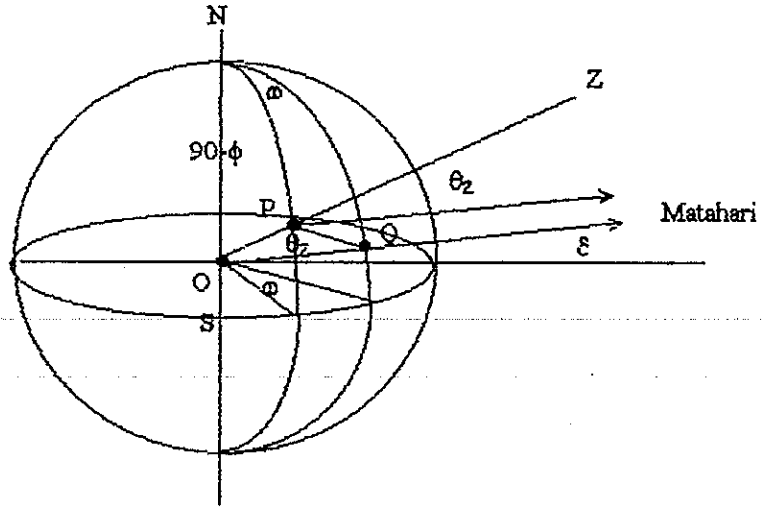
Gambar 2.3 Sudut Zenit dan Sudut Azimut (Wiranto,1995)



Gambar 2.4 Deklinasi Matahari, Posisi Pada Musim Panas

(Wiranto,1995)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.5 Posisi Matahari (Wiranto,1995)

2.1.4 Radiasi Pada Bidang Miring

Radiasi sorotan pada permukaan horisontal diperoleh dari selisih antara pengukuran radiasi total dan pengukuran radiasi sebaran untuk suatu lokasi tertentu..Radiasi sebaran pada permukaan miring dihitung dari radiasi sebaran horisontal (I_d). Radiasi yang dipantulkan pada permukaan miring (I_{rT}) dapat segera diketahui apabila reflektansi dari permukaan disekitarnya diketahui. Radiasi total pada permukaan miring adalah jumlah dari ketiga komponen tersebut .

$$I_T = I_{bT} + I_{dT} + I_{rT} \qquad (2.10)$$

2.1.5 Radiasi Sorotan

Intensitas radiasi sorotan perjam pada sudut normal (I_{bn}) pada gambar 2.6 adalah

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

$$I_{bn} = \frac{I_b}{\cos\theta_z} \tag{2.11}$$

I_b = radiasi sorotan pada suatu permukaan horisontal dan cos θ_z adalah sudut zenit.

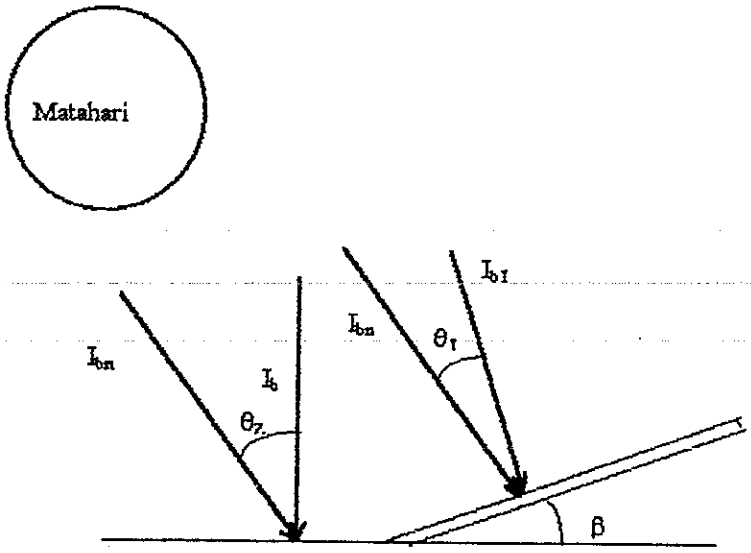
Intensitas radiasi sorotan untuk permukaan yang dimiringkan dengan sudut kemiringan β terhadap horisontal adalah :

$$I_{bT} = I_{bn} \cos\theta_T$$

$$= I_b \frac{\cos\theta_T}{\cos\theta_z} \tag{2.12}$$

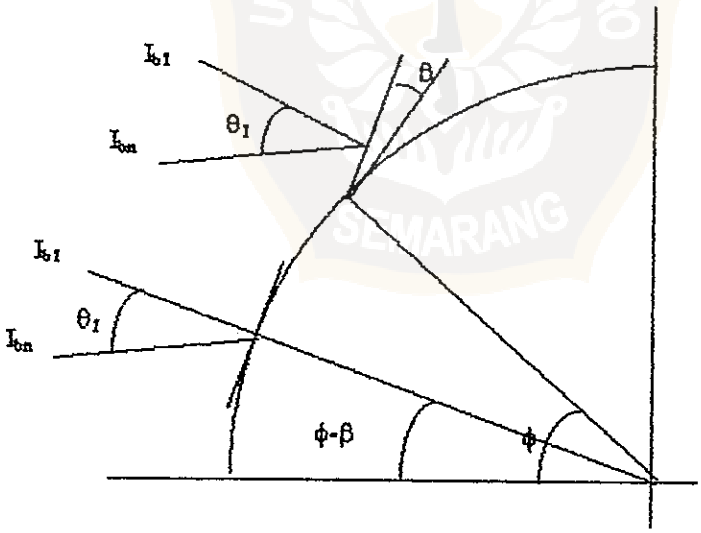
Dengan θ_T adalah sudut masuk yang didefinisikan sebagai sudut antara arah sorotan pada sudut masuk normal dan arah komponen tegak lurus (90°) pada arah permukaan bidang miring. Apabila permukaan dimiringkan dengan sudut β terhadap horisontal, maka hal itu sama dengan apabila bumi diputar searah jarum jam sebesar sudut β dan permukaannya tetap berada pada kedudukan yang sama. Pada gambar 2.7, hubungan θ_Z dengan garis lintang ϕ - β dapat digunakan untuk permukaan yang dimiringkan pada garis lintang ϕ. Garis lintang ditentukan dari bidang equator, maka kemiringan permukaan mengarah ke equator, yang berarti permukaan itu dimiringkan ke selatan.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.6 Radiasi Sorotan Setiap Jam Pada Permukaan Miring

(Wiranto,1995)



Gambar 2.7 Penentuan Cos θ_T (Wiranto,1995)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Persamaan untuk sudut θ_T yaitu sudut masuk adalah :

$$\cos \theta_T = \sin \delta \sin (\phi - \beta) + \cos \delta \cos (\phi - \beta) \cos \omega \qquad (2.13)$$

Selanjutnya radisi sorotan pada permukaan miring dapat dihitung dari radiasi sorotan (I_b) pada sebuah permukaan horisontal.

$$I_{bT} = I_b \frac{\sin \delta \sin (\phi - \beta) + \cos\delta \cos(\phi - \beta) \cos\omega}{\sin \delta \sin \phi + \cos\delta \ \cos\omega} \qquad (2.14)$$

2.1.6 Radiasi Sebaran

Radiasi sebaran adalah radiasi yang dipancarkan ke permukaan penerima oleh atmosfer. Apabila radiasi sebaran didistribusikan merata maka radiasi sebaran pada permukaan miring dinyatakan dengan :

$$I_{dT} = I_d \left(\frac{1{,}0 + \cos\beta}{2} \right) \qquad (2.15)$$

β adalah sudut miring dari permukaan miring dan I_d menunjukkan besarnya radiasi sebaran perjam pada suatu permukaan horisontal.

Pengukuran terhadap radiasi sebaran perjam pada permukaan horisontal (I_d) yang diperoleh dengan piranometer yang dilengkapi dengan pita bayangan hanya tersedia untuk beberapa lokasi yang terpilih saja, karena itu I_d biasanya dihitung. Hubungan antara I_d/I dan I/I_o ditunjukkan pada gambar 2.8. I_o adalah radiasi di luar atmosfer perjam pada sebuah permukaan horisontal. Radiasi di luar atmosfer pada sebuah permukaan horisontal adalah :

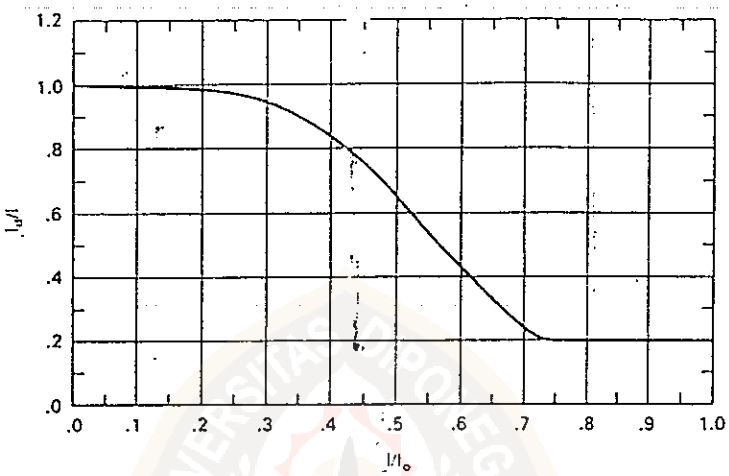
$$G_o = G_{sc} \cos \theta_z \qquad (2.16)$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Dengan mengintegrasi persamaan ini untuk harga perjam, setelah mensubstitusi cos θ_z, dapat diperoleh :

$$I_o = \frac{24x3600}{2} \text{ x } G_{sc} \text{ x } \left[\cos\phi \cos\delta (\omega_2 - \omega_1) + \frac{2\pi (\omega_2 - \omega_1)}{360} \sin\phi \sin\delta \right]$$

G_{sc} adalah konstanta surya (1,353 kW/.m^2) dan satuan untuk I_o adalah MJ/m^2.



Gambar 2.8 Korelasi Setiap Jam Antara I_d/I dan I/I_o (Wiranto,1995)

2.1.7 Radiasi Pantulan

Jumlah radiasi yang dipantulkan tergantung dari reflektansi (α) dari permukaan yang berdekatan itu dan kemiringan permukaan yang menerima. Radiasi yang dipantulkan perjam atau radiasi pantulan adalah :

$$I_T = \alpha (I_b + I_d) \frac{1 - \cos\beta}{2} \qquad (2.17)$$

Besarnya nilai reflektansi (α) adalah 0,20 - 0,25 untuk permukaan-permukaan tanpa salju dan 0,7 untuk lapisan salju yang baru turun (Wiranto,1995).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

2.2 Perpindahan Panas

2.2.1 Perpindahan Panas Secara Konduksi

Perpindahan panas konduksi adalah proses mengalirnya panas dari daerah bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam satu medium yang sama atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung (Holman, 1988). Konduktivitas termal menunjukkan kecepatan kalor mengalir dalam suatu bahan tertentu.

Penghantar panas suatu zat padat adalah elektron bebas. Pada bahan yang mempunyai sifat konduktor yang baik terdapat elektron bebas yang bergerak didalam struktur kisi. Setiap penghantar listrik yang baik juga merupakan penghantar panas yang baik. Contohnya adalah tembaga, aluminium dan perak. Laju perpindahan panas itu berbanding dengan selisih suhu. normal

$$\frac{q}{A} \sim \frac{\partial T}{\partial X} \tag{2.18}$$

Bila dimasukkan tetapan kesebandingan maka

$$q = -kA\frac{\partial T}{\partial X} \tag{2.19}$$

Dengan

q = laju perpindahan panas

$\frac{\partial T}{\partial X}$ = gradien suhu ke arah perpindahan panas

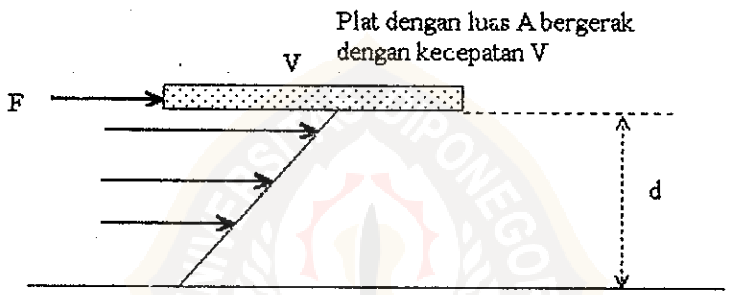
k = konduktifitas termal

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

2.2.2 Viskositas

Viskositas (μ) merupakan sifat yang menentukan karakteristik fluida, yaitu ukuran tahanan fluida terhadap tegangan geser. Viskositas dinamik didefinisikan sebagai perbandingan tegangan geser terhadap laju regangan geser.

$$\mu = \frac{F/A}{V/d} \text{ kg.m/dt}^2 \qquad (2.20)$$



Gambar 2.9 Viskositas Fluida (Wiranto,1995)

Viskositas kinematik (v) adalah viskositas dinamik (μ) dibagi dengan masa jenis

$$v = \frac{\mu}{\rho} \text{ m}^2/\text{s} \qquad (2.21)$$

2.2.3 Angka Prandtl (Pr)

Angka Prandtl adalah besaran tak berdimensi yang merupakan perbandingan antara v dan α.

$$Pr = \frac{v}{\alpha} = \frac{\mu/\rho}{k/\rho c_p} = \frac{c_p \mu}{k} \qquad (2.22)$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

μ = viskositas (kg/dt.m)

C_p = panas jenis (kJ/°C)

k = konduktifitas termal (kW/m°C)

2.2.4 Angka Nuselt (Nu)

Angka Nuselt merupakan besaran tak berdimensi hasil perkalian antara koefisien konveksi dengan tebal lapisan dibagi dengan konduktivitas termal suatu bahan.

$$Nu = \frac{h\,x}{k} \tag{2.23}$$

h = koefisien konveksi (W/m^{2}K)

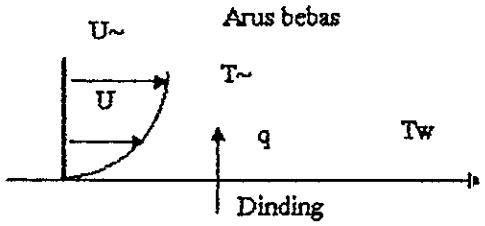
x = tebal lapisan (m)

k = konduktivitas termal (W/m°C)

2.2.5 Perpindahan Panas Secara Konveksi

Perpindahan panas konveksi ialah proses perpindahan panas dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan panas dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan panas antara permukaan benda padat dan cairan atau gas. Jika suatu plat panas dibiarkan berada pada udara sekitar tanpa ada sumber gerakan dari luar maka udara itu akan bergerak sebagai akibat terjadinya perbedaan rapat masa di dekat plat itu. Peristiwa ini dinamakan konveksi alamiah atau konveksi bebas. Bila udara itu dihembuskan diatas plat itu dengan kipas maka peristiwa itu disebut konveksi paksa.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.10 Perpindahan Panas Konveksi (Holman,1988)

Pada gambar 2.10, suhu plat adalah Tw, dan suhu fluida adalah T~. Kecepatan aliran nol pada muka plat adalah akibat aksi kental viskos. Karena kecepatan aliran nol pada permukaan maka panas hanya berpindah melalui proses konduksi saja. Kecepatan yang tinggi akan menyebabkan gradien suhu yang besar pula. Untuk menyatakan pengaruh konduksi secara menyeluruh, digunakan Hukum Newton Tentang Pendinginan:

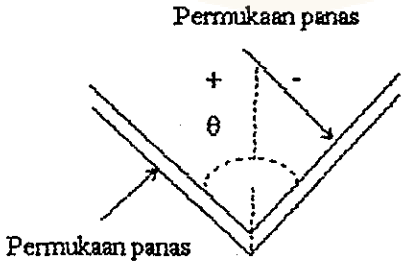
$$q = h\,A\,(Tw - T\sim) \qquad (2.24)$$

Keterangan :

A = Luas permukaan (m^2)

h = Koefisien perpindahan panas konveksi (Watt/m^{2o}C).

2.2.6 Konveksi bebas dari permukaan miring



Gambar 2.11 Sistem Koordinat Untuk Plat Miring (Holman,1988)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Sudut yang dibuat oleh plat dengan bidang vertikal ditandai dengan θ, dengan tanda positif untuk menunjukkan bahwa permukaan pemanas menghadap ke bawah. Untuk plat miring menghadap ke bawah dengan fluk kalor hampir tetap, didapatkan korelasi berikut untuk angka Nuselt rata-rata :

$$Nu = 0{,}56\ (Gr.Pr \cos\theta)^{0{,}25} \qquad (2.25)$$

$$\theta < 88^{\circ}\ ;\ 10^{5} < Gr.Pr \cos\theta < 10^{11}$$

Dalam persamaan tersebut semua sifat dievaluasi pada suhu T_e yang didefinisikan oleh :

$$T_e = T_w - 0{,}25\ (T_w - T_\infty)$$

Keterangan : T_w = suhu dinding rata-rata (K)

T_∞ = suhu aliran bebas (K)

2.2.7 Perpindahan Panas Secara Radiasi

Perpindahan panas secara radiasi adalah proses perpindahan panas dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah bila benda itu terpisah dalam ruang bahkan bila terdapat ruang hampa diantara benda tersebut. Mekanismenya adalah melalui sinaran. Benda hitam ialah benda yang menyerap semua radiasi yang menimpanya atau bisa dikatakan absorbsivitasnya mendekati 1.Bila radiasi panas menimpa suatu bahan, maka sebagian dari radiasi itu akan dipantulkan (refleksi), sebagian diserap (absorbsi), sebagian akan diteruskan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

(transmisi). Fraksi yang dipantulkan dinamakan refleksifitas (ρ), yang diserap absorbsifitas (α), yang diteruskan transmisivitas (τ) maka

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \tag{2.26}$$

Penyinar ideal (benda hitam) memancarkan panas dengan laju yang sebanding dengan pangkat empat suhu absolut benda itu dan berbanding dengan luas permukaan.

$$q_{panc} = \sigma A T^4 \tag{2.27}$$

Keterangan σ = Konstanta Stefan Boltzman (5,669 x 10^{-8} W/$m^{2o}K^4$)

Jika suatu permukaan perpindahan panas pada suhu T_1 yang seluruhnya terkurung oleh permukaan lain yang jauh lebih luas yang berada pada suhu T_2. Maka pertukaran kalor radiasi netto dapat dihitung dengan :

$$q = \epsilon_1 \sigma A_1 (T_1^4 - T_2^4) \tag{2.28}$$

2.2.8 Perpindahan Panas Kondensasi

Koefisien perpindahan panas kondensasi (h) pada bidang miring dihitung dengan persamaan :

$$h = 0{,}943 \left[\frac{\rho_f^{\,2} g \sin\theta h_{fg} k_f^{\,3}}{L \mu_1 (T_g - T_w)} \right]^{1/4} \tag{2.29}$$

Keterangan :

T_g = suhu jenuh uap (100°C)

h_{fg} = 2255 kJ/kg

ρ_f = rapat jenis pada suhu film (kg/m^3)

θ = sudut kemiringan permukaan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

k_f = koefisien termal pada suhu film (W/m.°C)

L = (panjang plat + lebar plat) : 2 (m)

μ = viskositas dinamik pada suhu film (kg/m.s)

T_w = Suhu plat (K)

Perpindahan panas kondensasi (q)

$$q = h.A.(T_g - T_w) \tag{2.30}$$

Dan laju pengembunan (m) dihitung dengan persamaan :

$$m = \frac{q}{h_{fg}} \text{ kg/dt} \tag{2.31}$$

Keterangan

h_{fg} = panas pengembunan (2255 kJ/kg)

2.3. Kolektor Surya

2.3.1 Koefisien Kerugian (U_L)

Mekanisme kerugian panas pada kolektor surya adalah panas hilang dari bagian atas pelat penyerap karena konveksi alam dan radiasi ke permukaan dalam dari pelat penutup kaca. Panas ini dikonduksikan oleh pelat kaca ke permukaan luarnya kemudian dipindahkan ke udara lingkungan dengan konduksi dan radiasi. Kerugian panas ini dinamakan kerugian panas atas (q_A) dan dinyatakan dengan :

$$q_A = U_t (T_p - T_l) \tag{2.32}$$

U_t = Koefisien kerugian atas (W/m^2.K).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

T_p = Temperatur plat (K)

T_l = Temperatur lingkungan (K)

Kebalikan dari U_t adalah $\frac{1}{U_t}$ adalah jumlah tahanan terhadap perpindahan panas dari plat ke lingkungan.Satuan untuk koefisien konveksi dan koefisien radiasi adalah W/(m^2.K).

Tahanan total dapat ditulis dengan :

$$\frac{1}{Ut} = \frac{1}{hk + hr + hu} + \frac{t}{k} + \frac{1}{hr + hk} \qquad (2.33)$$

2.3.2 Destilasi Surya

Pemanas cairan terdiri dari selembar bahan konduktif termal yang disebut dengan pelat penyerap. Radiasi matahari ditransmisikan melalui penutup yang transparan dan diubah menjadi panas pada pelat tersebut. Bagian dasar dan sisinya diisolasi

Cara penggunaan alat destilasi surya adalah dengan mengalirkan air yang akan didestilasi ke dalam bak yang terbuat dari plat alumunium yang dilapisi cat berwarna hitam pekat. Bak alumunium ini berfungsi sebagai pengumpul panas matahari yang masuk ke dalam alat destilasi ini. Setelah ditempatkan pada tempat yang tekena sinar matahari maka air tersebut akan menjadi dan menguap. Uap air menempel pada dinding kaca penutup yang dipasang miring dengan tujuan agar uap yang menempel dan telah mengembun dapat mengalir dan ditampung pada suatu penampung melewati saluran yang dipasang pada dinding isolator.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Radiasi matahari yang diserap sebagai panas ($(\tau\alpha)I_T$), dipindahkan ke tutup kaca dengan cara konveksi, radiasi dan penguapan (Wiranto,1995).

$$(\tau\alpha)I_T = q_{konv} + q_{rad} + q_{uap}$$

Perpindahan panas radiasi dari air ke permukaan kaca dihitung dengan persamaan :

$$q_{rad} = \sigma\ \varepsilon_w\ (T_w^4 - T_c^4)\ kW/m^2 \qquad (2.34)$$

σ = konstanta Stefan-Bolztman ($5{,}669 \times 10^{-8}\ W/m^{2o}K^4$)

ε = emisivitas air (0,9)

A = luas permukaan (m^2)

T_w = suhu air (K)

T_c = suhu kaca (K)

Perpindahan panas konveksi dari air ke permukaan kaca dirumuskan sebagai :

$$q_{konv} = 8{,}84 \times 10^{-4} \left[T_w - T_c + \frac{p_w - p_c}{268{,}9 \times 10^3 - p_w} x T_w \right]^{0{,}33} x(T_w - T_c)$$

$$kW/m^2 \qquad (2.35)$$

Perpindahan panas penguapan dihitung dengan persamaan :

$$q_{uap} = 16{,}27 \times 10^{-3}\ q_{konv} \left(\frac{p_w - p_c}{T_w - T_c} \right) kW/m^2 \qquad (2.36)$$

P_w = tekanan air pada suhu T_w (bar)

P_c = tekanan air pada suhu T_c (bar)

Dan laju penguapan (m) dihitung dengan persamaan :

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

$$m_{uap} = \frac{q_{uap}}{h_{fg}} \text{ kg/dt} \tag{2.37}$$

Keterangan :

h_{fg} = panas laten penguapan (2255 kJ/kg)

m_{uap} = laju penguapan (kg/dt)

q_{uap} = perpindahan panas penguapan (W/m^2)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)