

STUDI POTENSI ENERGI MATAHARI DALAM PERANCANGAN PERALATAN PELAYUAN DAN PENGERINGAN PUCUK DAUN GAHARU

Irwin Bizzy^{1*}, Muhammad Faisal², Dedi Setiabudidaya³

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Inderalaya
Km.32, Inderalaya

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Inderalaya
Km.32, Inderalaya

³Program Studi Fisika, Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Inderalaya
Km.32, Inderalaya

*Korespondensi Pembicara. Phone: +62 711 580272, Fax: +62 711 580272
Email: irwin_bizzymt@yahoo.co.id

ABSTRAK

Kolektor energi radiasi surya jenis pelat hitam berlubang yang biasa digunakan pada pemanas udara surya tanpa penutup transparan memungkinkan untuk digunakan mengering pucuk daun gaharu. Efisiensi sesaat kolektor bertambah dengan kenaikan kecepatan aliran udara dan peningkatan kapasitas udara panas sebagai fungsi luas absorber dan kecepatan udara yang digunakan. Radiasi matahari yang datang ke permukaan pelat absorber dapat memenuhi standar ASHRAE yang digunakan. Radiasi matahari dapat dimanfaatkan untuk proses pengeringan pucuk daun gaharu yang hanya membutuhkan temperatur di bawah 40 °C. Perancangan peralatan menggunakan absorber berlubang lebih murah dibandingkan memakai kaca transparan.

Kata Kunci: absorber, energi, efisiensi, gaharu, surya.

1. PENDAHULUAN

Peralatan pemanas surya telah sejak lama ditemukan dan telah banyak dibuat dengan bermacam-macam bentuk. Penerapan secara luas belum berkembang dengan baik, malahan cenderung terjadi kelambatan dikarenakan masih relatif mahal dibandingkan dengan peralatan konvensional dan juga energi surya atau matahari yang tiba dipermukaan bumi selalu berubah-ubah intensitasnya, tergantung waktu dan cuaca.

Konstruksi umum pemanas udara surya terdiri dari pelat absorber, penutup transparan dan saluran udara yang salah satu dindingnya adalah dinding kolektor. Penutup transparan yang biasa digunakan terbuat dari plastik atau kaca. Kaca penutup berfungsi untuk memberikan efek rumah hijau (*green house*), tetapi untuk pemakaian dalam luas yang besar menyebabkan harga pemanas udara surya menjadi sangat mahal. Untuk pemakaian pada temperatur rendah berkisar 40 °C, penghilangan kaca penutup dapat dilakukan dan untuk mengurangi kerugian panas ke udara luar, pelat absorber dilubangi dan udara yang akan dipanaskan dihisap melalui lubang-lubang

tadi. Dengan demikian kehilangan panas konveksi ke bagian atas kolektor dapat dihindari.

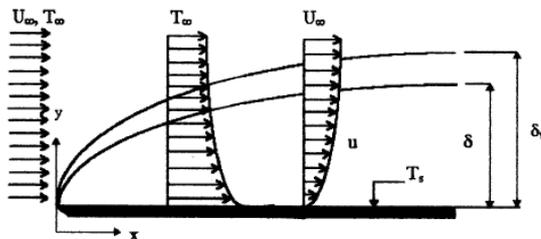
Pemanfaatan pelat absorber berlubang (dengan bentuk permukaan bergelombang) telah dilakukan di Pabrik Teh, Perkebunan Malabar PTP XIII untuk proses pelayuan daun teh. Luas kolektor 560 m² dan diameter lubang 1,5 mm. Energi yang dapat diperoleh melalui kolektor surya ini adalah 330,5 GJ per tahun. Proses pelayuan daun teh ini hanya membutuhkan temperatur udara berkisar antara 26 °C hingga 30 °C sehingga kolektor jenis ini dapat digunakan. Pemanas udara dengan bahan bakar masih tetap digunakan sebagai pemanas utama. Penggabungan dengan pemanas udara surya telah memberikan penghematan pertahun sebesar 8,5 persen (Indrayoto:1993).

Kolektor jenis pelat berlubang telah diuji dengan diameter, jumlah, dan susunan lubang absorber berbeda untuk melihat pengaruhnya terhadap efisiensi kolektor pada kecepatan aliran udara yang berbeda-beda (Bizzy: 1996).

Pucuk daun gaharu merupakan salah satu potensi untuk dijadikan teh mengingat pohon gaharu dapat tumbuh dengan baik di daerah tropis. Pucuk daun gaharu ini diambil dari pohon gaharu. Beberapa jenis Pohon Gaharu dan penyebarannya di Indonesia adalah: *Aquilaria malaccensis* (Sumatra dan Kalimantan), *Aquilaria beccariana* (Sumatra dan Kalimantan), *Aquilaria microcarpa* (Sumatra dan Kalimantan), *Aquilaria filaria* (Irian dan Maluku), *Aquilaria cumingiana* (Sulawesi), *Aquilaria tomntosa* (Irian), *Grynops audate* dan *Grynops podocarpus* (Irian), *Grynops versteegii* (Nusa Tenggara, Maluku, Sulawesi, dan Irian), *Wikstoemia androsaemifolia* (Jawa, Kalimantan, Nusa Tenggara, dan Sulawesi).

2. LAPISAN BATAS DI ATAS PELAT DATAR DAN BERLUBANG

Teori lapisan batas hidrodinamik dan termal pada pelat datar telah dikenal dan dapat diperoleh pada berbagai pustaka (Schlichting:1979 dan Incropera:1990). Secara skematis lapisan batas hidrodinamik dan termal ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Lapisan batas hidrodinamik dan termal pada pelat datar.

Persamaan tebal lapisan batas hidrodinamik untuk aliran laminar di atas pelat datar telah diselesaikan oleh Blasius sebagai berikut.

$$\delta = \frac{5x}{Re_x^{1/2}} \quad (1)$$

Untuk tebal lapisan batas termal:

$$\delta_t = \frac{\delta}{Pr^{1/3}} \quad (2)$$

Koefisien perpindahan kalor konveksi lokal (Incropera:1990) untuk aliran laminar:

$$h_x = 0,332 \frac{k}{x} Re_x^{1/2} Pr^{1/3} \quad (3)$$

Bila persamaan (1) dan (2) disubstitusikan ke persamaan (3) didapat hubungan antara koefisien perpindahan kalor lokal dan tebal lapisan batas hidrodinamik dan termal:

$$h_x = 1,66 \frac{k}{\delta Pr^{-1/3}} = 1,66 \frac{k}{\delta_t} \quad (4)$$

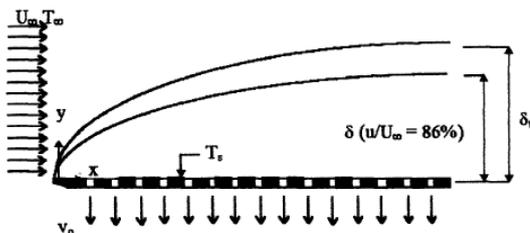
di mana:

- x = jarak dari ujung depan pelat
- h_x = koefisien konveksi lokal
- δ = tebal lapisan batas hidrodinamik
- δ_t = tebal lapisan batas termal
- Pr = bilangan Prandtl
- Re_x = bilangan Reynolds lokal
- k = konduktivitas termal fluida

Koefisien perpindahan kalor lokal akan bertambah jika tebal lapisan batas termal berkurang. Untuk mengurangi tebal lapisan batas maka salah satu cara yang dilakukan adalah membuat lubang-lubang pada pelat datar. Pengisapan fluida pada pelat datar berlubang dapat mengurangi tebal lapisan batas yang akan meningkatkan harga koefisien perpindahan kalor konveksi, berarti meningkatkan perpindahan kalor konveksi dari permukaan pelat.

Menurut Schliting (1979) yang telah melakukan analisis untuk kasus pelat berlubang dengan pengisapan kontinu, di mana jumlah udara yang diisap dari arus bebas sangat kecil (gambar 2). Kecepatan aliran fluida pada lubang v_o dinyatakan sebagai berikut:

$$v_o = (0,0001 \div 0,01)U_\infty \quad (5)$$



Gambar 2. Lapisan batas pada pelat berlubang dengan pengisapan kontinu

Dengan menggunakan asumsi kecepatan pengisapan pengisapan seperti gambar 2, Kutscher (1993) mendapatkan korelasi tebal lapisan batas hidrodinamik dan termal untuk pelat berlubang dengan pengisapan kontinu sebagai berikut:

$$\delta_{86} = 2,0 \frac{v}{v_o}; \Delta_{86} = \frac{\alpha_t}{v_o} = \frac{\delta_{86}}{Pr} \quad (6)$$

di mana:

δ_{86} = tebal lapisan batas hidrodinamik $u/U_\infty = 0,86$

Tebal lapisan batas tersebut ternyata konstan sepanjang pelat dan tak bergantung dari jarak maupun kecepatan arus bebas.

Dalam penelitian ini, aliran U_{∞} adalah aliran udara bebas (angin) di mana kecepatan maksimum sebesar 3,5 m/s. Sedangkan v_o adalah kecepatan udara pada lubang pengisapan. Oleh karena pada kasus pemanas udara surya, v_o berbanding U_{∞} lebih besar dari 0,01 maka pendekatan teoritis tidak dapat dilakukan dengan analisis Kutscher.

Penelitian-penelitian pada pemanas udara surya dengan absorber berlubang juga telah pernah dilakukan, diantaranya oleh Kokko (1992) dan Carpenter.

Intensitas radiasi matahari berfluktuasi tergantung waktu dan cuaca. Untuk itu, dalam pengujian kolektor surya ditentukan efisiensi kolektor sesaat. Pedoman yang biasa digunakan adalah standar ASHRAE. Pengertian efisiensi sesaat dari sebuah kolektor yaitu jumlah energi yang dipindahkan oleh fluida persatuan luas kolektor selama periode waktu tertentu dibagi dengan radiasi matahari total yang datang pada kolektor persatuan luas selama periode waktu yang sama. Selanjutnya, efisiensi kolektor dihitung sesaat dilakukan untuk selang waktu 15 menit dan dalam keadaan tunak (Reddy:1986).

Standar ASHRAE biasanya digunakan untuk kolektor pemanas udara surya dengan absorber pelat datar yang dilengkapi dengan kaca penutup, di mana udara berada di antara kaca dan absorber. Persamaan balans energinya (Ginting:1990) dituliskan sebagai berikut:

Energi radiasi matahari tiba pada pelat = peningkatan energi dalam kolektor + kehilangan panas dari kolektor + energi yang diserap udara

$$(\tau\alpha)_e A_c I_c = \rho \dot{m} (c_p)_c \left(\frac{d\bar{T}_p}{dt} \right) + U_L A_c (\bar{T}_p - T_a) + Q_u \quad (7)$$

di mana:

$(\tau\alpha)_e$ = transmisivitas dan absorpsivitas kolektor kolektif

A_c = luas permukaan pelat absorber

I_c = intensitas matahari global

$(c_p)_c$ = kapasitas kalor kolektor

\bar{T}_p = temperatur pelat rata-rata

T_a = temperatur ambien atau udara sekitar

U_L = koefisien rugi-rugi kalor global

Q_u = laju energi yang diserap udara

\dot{m} = laju udara volumetrik

Untuk kondisi tunak, persamaan (7) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$(\tau\alpha)_e A_c I_c = U_L A_c (\bar{T}_p - T_a) + Q_u \quad (8)$$

atau:

$$Q_u = F_R (\tau\alpha)_e A_c I_c - U_L A_c (\bar{T}_p - T_a) \quad (9)$$

di mana:



F_R = faktor perpindahan kalor kolektor

Efisiensi sesaat kolektor adalah:

$$\eta = \frac{Q_u}{I_c A_c} = \frac{F_R \{ (\sigma\alpha)_e A_c I_c - U_L A_c (\bar{T}_p - T_a) \}}{I_c A_c} \quad (10)$$

$$\eta = F_R (\tau\alpha)_e - \left\{ \frac{U_L (\bar{T}_p - T_a)}{I_c} \right\} \quad (11)$$

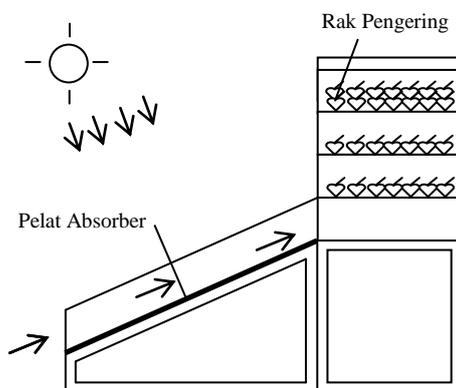
Efisiensi kolektor untuk selang waktu tertentu:

$$\bar{\eta} = \frac{\int_0^t Q_u dt}{\int_0^t I_c A_c dt} \quad (12)$$

Persamaan (12) merupakan persamaan eksperimental dan besarnya ditentukan dari hasil pengukuran.

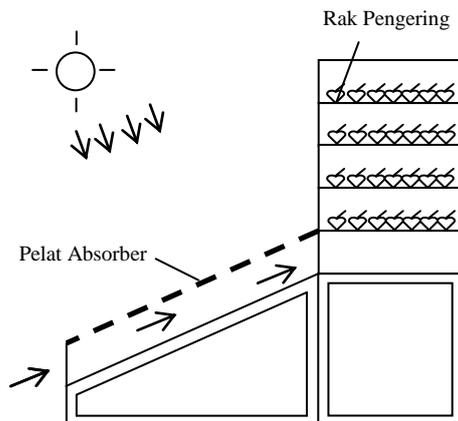
3. BAHAN DAN ALAT

a. Memakai Kaca Transparan



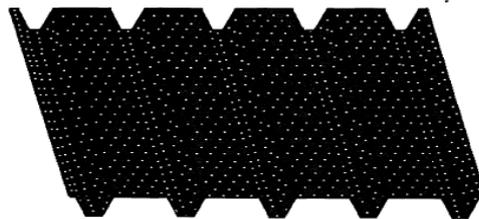
Gambar 3. Peralatan Pengering Memakai Kaca Transparan

b. Tanpa Kaca Transparan



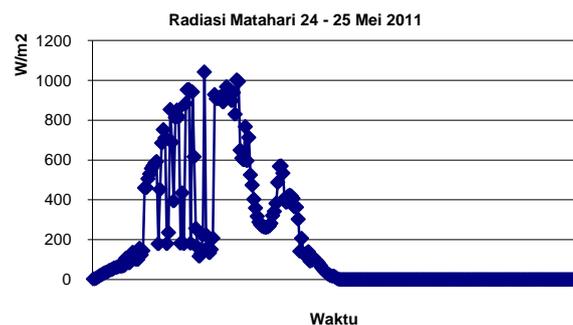
Gambar 3. Peralatan Pengering Tanpa Kaca Transparan

c. Absorber Pelat Berlubang



Gambar 3. Absorber Pelat Berlubang

4. DATA RADIASI YANG TIBA KE PERMUKAAN



Gambar 5. Data Radiasi Matahari dimulai Pukul 05:58 – 05:58 [Rusnas Unsri Inderalaya]

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagaimana diketahui *pressure drop* dari fluida melalui suatu laluan berbanding lurus dengan kuadrat kecepatan fluidanya. Fluida yang melewati lubang-lubang yang dekat dengan saluran udara ke luar kolektor akan lebih tinggi kecepatannya dibandingkan dengan kecepatan fluida yang melewati lubang yang letaknya jauh dari saluran ke luar kolektor sehingga *pressure drop* yang ditimbulkan juga berbeda.

Berdasarkan data yang dihasilkan (Bizzy:1996), unjuk kerja dan *pressure drop* keseluruhan sistem terendah adalah kolektor yang memiliki diameter lubang 2,5 mm dan temperatur udara rata-rata yang dapat diserap di bawah 40 °C. Data radiasi matahari rata-rata yang datang ke permukaan cukup berpotensi untuk pengeringan pucuk daun gaharu sesuai standar ASHRAE.

6. KESIMPULAN

Potensi energi matahari dan perancangan peralatan pengering pucuk daun gaharu dimungkinkan. Faktor-faktor pendukung sebagai berikut:

1. Radiasi matahari dapat dimanfaatkan untuk proses pengeringan pucuk daun gaharu yang hanya membutuhkan temperatur di bawah 40 °C.
2. Perancangan peralatan menggunakan absorber berlubang lebih murah dibandingkan memakai kaca transparan.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Bizzy, Irwin. 1996. Kaji Eksperimental Pemanas Udara Surya Jenis Pelat Berlubang Tanpa Penutup Transparan. Tesis S-2 Jurusan Teknik Mesin. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Faisal, M., dan Dedi, S. 2011. Data Pengamatan Radiasi Matahari di Kampus Unsri Inderalaya Tahun 2011. Rusnas Unsri: Inderalaya.
- Garg, H.P. 1982. Treatise on Solar Energy, Fundamentals of Solar Energy. Volume 1. John Wiley & Sons: Chichester.
- Kutcher, F. Charles, Christensen, B. Craig, dan Barker, M. Gregory. 1993. Unglazed Transpired Solar Collector: Heat Loss Theory. ASME: Solar Engineering.
- Schlichting, Hermann. 1979. Boundary Layer Theory. McGraw-Hill Book Company: New York.
- Incropera, P. Frank., Dewitt, P. David. 1990. Introduction to Heat Transfer. John Wiley & Sons: New York.
- Reddy, T.A., Bouix, Ph. (Editor). Solar Thermal Component and System Testing: Proceeding of The Fourth Asian School on Solar Energy Harnessing. 1986. Renewable Energy Resources Information Center (RERIC) Asian Institute of Technology: Bangkok.
- Ginting, Sibuk. 1990. Kaji Eksperimental Berbagai Kolektor Udara Surya dengan Bantuan Data Akusisi. Tesis S-2 Jurusan Teknik Mesin. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Indrayoto, Bambang. 1993. Penerapan Pemanas Udara Surya Jenis Pelat Berlubang pada Proses Pelayuan Daun Teh. Tesis S-1 Jurusan Teknik Mesin. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Kokko, John P. 1992. Performance of The Next Generation of Solarwalls. Edmonton: SESCO'92 Conference.
- Jasjfi, E. (Penterjemah). Metode Pengukuran Teknik. Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Seminar Notes. Solar Collectors for Crop Drying Applications Enermodal Engineering Limited: . Canada.
- Carpenter, Stephen C. Performance of Solar Preheated Ventilation Air Systems. Enermodal Engineering Limited: Waterloo.
- Hollick C, John. Personal Communication. President of Conservel Engineering Inc.: Canada.