

ANALISA PERFORMANSI KOLEKTOR UDARA PADA SISTIM PENGERING KAYU DENGAN SUMBER ENERGI HIBRID SURYA - BIOMASSA

M. Sumarsono

Balai Besar Teknologi Energi (B2TE), BPPT, Cisauk, Tangerang 15314, Banten
e-mail: msumarsono@yahoo.com

ABSTRAK

Suatu kolektor pemanas udara dengan luas permukaan 230,4 m² telah dipasang terintegrasi dengan ruang pengering untuk mengeringkan 100 m³ kayu. Kolektor yang digunakan adalah tipe matriks dengan absorber terbuat dari lembaran serat karbon hitam. Kolektor bekerja bersama dengan boiler biomassa memasok energi panas ke ruang pengering. Hasil percobaan menunjukkan bahwa efisiensi termal kolektor per siklus pengeringan berkisar antara 20–31%.

Kata kunci: Kolektor udara; Energi surya; Efisiensi termal; Jadwal pengeringan; Kayu

ABSTRACT

A solar air-heating collector having a surface area of 230,4 m² had been installed and integrated to a drying chamber for drying wood of 100 m³. The collector used is a matrix type and its absorber was made from black carbon fiber sheet. Collector worked together with a biomass boiler to supply heat to drying chamber. The test result show that the thermal efficiencies of collector per batch was about 20 – 31%.

Keyword: Air collector, solar energy, thermal efficiency, drying schedule, wood.

1. PENDAHULUAN

Untuk mengubah energi radiasi surya ke bentuk energi lain yang lebih bermanfaat diperlukan suatu alat pengumpul panas yang disebut kolektor surya. Dalam hal penggunaan kolektor surya di daerah dengan radiasi matahari baur tinggi seperti di Indonesia karena langitnya yang selalu berawan, maka kolektor jenis pelat datar (*non-concentrating flat plate collector*) lebih sesuai diterapkan daripada kolektor jenis konsentrator (*concentrating collector*). Di samping itu untuk keperluan pengeringan kayu, kolektor pelat datar sudah cukup mampu memberikan kenaikan temperatur yang diperlukan.

Komponen dasar kolektor pelat datar pemanas udara (secara singkat disebut kolektor udara) terdiri atas empat komponen utama yaitu penyerap (*absorber*) yang menerima radiasi surya, saluran udara yang salah satu sisinya dibatasi oleh *absorber*, penutup atas transparan yang biasanya terbuat dari kaca, dan isolator panas. Bila diinginkan laju alir udara yang relatif besar, maka harus ditambahkan kipas (fan) untuk meniup atau mengalirkan udara melewati saluran udara kolektor. Hampir setiap permukaan yang dihitamkan dan dipanaskan oleh matahari akan mentransfer panas ke udara ketika udara

dihembuskan di atasnya. Mekanisme perpindahan panas seperti ini memungkinkan penggunaan berbagai macam permukaan *absorber*.

Suatu sistem kolektor udara dengan luasan 230,4 m² telah berhasil dibuat sebagai piranti pemasok panas dari suatu alat pengering kayu yang berkapasitas 100 m³ (Sumarsono, 1998; Sumarsono, 2004). Kolektor yang terpasang terintegrasi dengan ruang pengering tersebut telah diujicoba dalam suatu rangkaian pengujian pengeringan kayu dan dari hasil analisa akan dapat diketahui efisiensi termalnya. Selain dari kolektor udara, pasokan panas juga berasal dari *boiler* uap-air yang berbahan bakar biomassa.

2. KONFIGURASI KOLEKTOR BERDASAR *ABSORBER*

Udara mempunyai densitas yang rendah, sehingga kolektor memerlukan volume udara yang relatif besar bila dibandingkan dengan jumlah volume cairan yang diperlukan untuk mengumpulkan jumlah panas yang sama. Di samping itu udara memiliki kapasitas termal yang rendah. Karena sifatnya yang kurang menguntungkan ini, maka proses perpindahan panas dari *absorber* ke udara bisa jadi tidak optimum bila perancangan kolektor tidak tepat. Berbagai bentuk *absorber* telah dikembangkan dengan tujuan untuk meningkatkan perpindahan panas tersebut. Terdapat enam tipe *absorber* yang sering digunakan pada perancangan kolektor seperti dijelaskan berikut ini, lihat Gambar 1:

Tipe-1 Kolektor pelat datar sederhana:

Ini adalah kolektor yang paling sederhana dan sangat umum dipakai. Dalam bentuknya yang sederhana, kolektor ini tersusun atas satu atau dua lapis kaca di atas pelat *absorber* yang ditutup oleh isolator di belakangnya. Alur aliran udara bisa di bawah, di atas, atau di bawah dan di atas *absorber*.

Tipe-2 Kolektor pelat bersirip:

Ini adalah versi modifikasi dari tipe-1, dimana koefisien perpindahan panas ditingkatkan dengan menggunakan sirip pada pelat *absorber*, dan di dalam disain tertentu permukaan dibuat selektif pada arah (*directionally selective*). Sirip-sirip biasanya diletakkan di dalam alur aliran udara.

Tipe-3 Kolektor pelat bergelombang:

Ini adalah variasi lain dari disain tipe-1, dimana pelat *absorber* dibuat bergelombang dalam bentuk saluran bulat atau saluran-V. Ini akan menambah luas permukaan perpindahan panas.

Tipe-4 Kolektor pelat transparan tumpang-tindih:

Kolektor ini tersusun dari barisan zig-zag pelat-pelat transparan yang sebagian dihitamkan. Alur aliran udara berada di antara pelat-pelat yang bertumpang-tindih (*overlapped plates*).

Tipe-5 Kolektor Matriks:

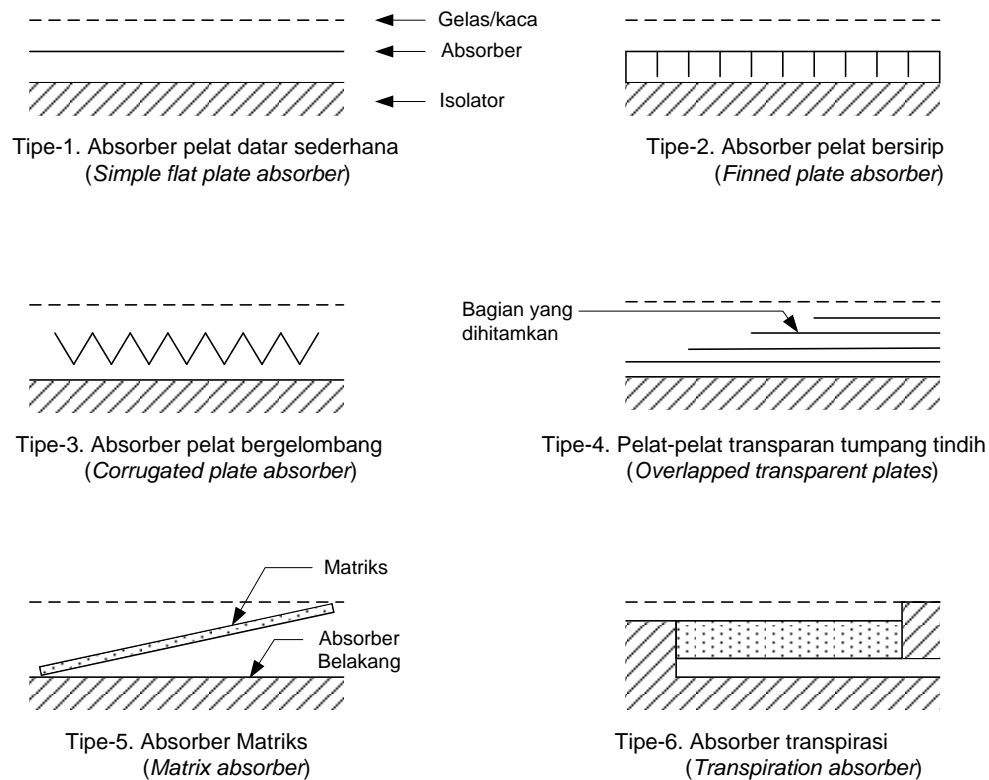
Dalam disain ini permukaan *absorber* matriks ditempatkan di dalam alur aliran udara antara gelas/kaca dan pelat *absorber* belakang. Material matriks dapat

terbuat dari rajutan katun, lembaran metal yang dibentuk dan berlubang-lubang, atau bahan lain yang kompak lepas berpori-pori (*loose packed porous material*). Kolektor tipe ini memberikan rasio perpindahan panas terhadap volume yang tinggi dan konfigurasi ini juga memberikan rugi-rugi gesekan yang rendah tergantung pada disainnya.

Tipe-6 Kolektor transpirasi:

Disain 'bed' berpori-pori atau transpirasi adalah variasi dari tipe-5, dimana material matriksnya kompak rapat (*closely packed matrix*) dan pelat *absorber* belakang ditiadakan. Aliran udara biasanya masuk tepat di bawah penutup bagian paling dalam dan mengalir arah ke bawah melalui *bed* berpori-pori dan ke dalam saluran distribusi.

Jadi, kolektor udara secara garis besar dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori. Kategori pertama, biasanya dikenal sebagai *absorber* tidak berpori-pori, sehingga aliran udara mengalir tidak menembus material *absorber*. Udara dapat mengalir di atas, di bawah, atau di atas dan bawah pelat *absorber*. Kategori kedua dikenal sebagai *bed absorber* berpori-pori dimana udara mengalir menembus material *absorber*.



Gambar 1. Klasifikasi Kolektor Pemanas Udara Berdasar pada Permukaan *Absorber*

3. TEORI DASAR PERHITUNGAN ENERGI KOLEKTOR UDARA

Parameter-parameter terukur yang terlibat di dalam perhitungan energi panas yang dapat dibangkitkan oleh kolektor meliputi: Temperatur udara masuk (t_i), temperatur udara keluar (t_o), kelembaban udara masuk (RH_i), kelembaban udara keluar (RH_o), dan kecepatan udara melalui saluran udara (v_a). Selanjutnya energi panas tersebut dihitung berdasar persamaan - persamaan di bawah ini (Yamada, 1998).

Laju alir massa udara, m_a , dihitung sebagai berikut :

$$\dot{m}_a = (\pi \times 0,2 \times 0,2) \times v_a \times \frac{60}{v_a} \quad \text{kg/men} \quad (1)$$

v_a , adalah volume jenis udara basah dan dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$v_a = \frac{2,153}{(760 - p_a)} \times (t_o + 273) \quad \text{m}^3/\text{kg} \quad (2)$$

p_a adalah tekanan uap air yang dihitung sebagai berikut:

$$p_a = p_s \times \frac{RH_o}{100} \quad \text{mmHg} \quad (3)$$

tekanan uap air jenuh, p_s , dinyatakan menurut persamaan:

$$p_s = 18 + 0,00018 \times (t_o)^{3,3} \quad \text{mmHg, untuk } 35^\circ C \leq t_o \leq 90^\circ C \quad (4)$$

Energi panas yang dapat dibangkitkan oleh kolektor dihitung dengan persamaan berikut:

$$\dot{Q}_o = \dot{m}_a \times C_p \times (t_o - t_i) \quad \text{kcal/men} \quad (5)$$

Panas jenis udara basah, C_p , dapat dihitung dengan :

$$C_p = 0,24 + \frac{0,274 \times p_a}{760 - p_a} \quad \text{kcal/kg.K} \quad (6)$$

Energi panas yang diserap oleh kolektor seluas 230,4 m² dirumuskan sebagai berikut:

$$\dot{Q}_i = G_t \times 230,4 \times \frac{860}{60} \quad \text{kcal/men} \quad (7)$$

G_t adalah fluks radiasi surya datang.

Efisiensi termal sesaat:

$$\eta_c = \frac{\dot{Q}_o}{\dot{Q}_i} \times 100\% \quad (8)$$

Efisiensi termal pada selang (kurun) waktu, $\Delta time$, tertentu:

$$\eta_c = \frac{\sum_{\Delta time} \dot{Q}_o}{\sum_{\Delta time} \dot{Q}_i} \times 100\% \quad (9)$$

Bila $\Delta time$ dalam selang harian, misal dari jam 06:00 sampai dengan 18:00, maka efisiensi termal disebut 'efisiensi termal harian' ($\eta_{c.harian}$). Sedang bila $\Delta time$ dalam selang waktu pengeringan per-siklus atau per-pemuatan kayu (untuk kayu meranti umumnya 15 hari per-siklus), maka efisiensi termal disebut 'efisiensi termal siklus' ($\eta_{c.siklus}$). Jadi, kedua efisiensi termal tersebut secara berturut-turut dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta_{c.harian} = \frac{\sum_{harian} \dot{Q}_o}{\sum_{harian} \dot{Q}_i} \times 100\% \quad (10)$$

$$\eta_{c.siklus} = \frac{\sum_{siklus} \dot{Q}_o}{\sum_{siklus} \dot{Q}_i} \times 100\% \quad (11)$$

4. BAHAN DAN METODA

4.1. Deskripsi Kolektor Udara

Kolektor udara yang dibahas terdiri dari dua unit, yaitu kolektor-A dan kolektor-B, dengan bahan dan konfigurasi yang persis sama, di pasang di atas atap ruang pengering, masing-masing sisi *inlet* dan *outlet*nya dihubungkan langsung ke dalam ruang pengering oleh susunan saluran penghubung (Gambar 2). Aliran udara digerakkan oleh dua buah kipas kolektor, dengan demikian udara dapat mengalir secara terus menerus mengikuti suatu lup ruang pengering → kolektor → ruang pengering sehingga temperaturnya menjadi makin tinggi. Telah disebutkan di atas bahwa selain dari kolektor udara, pasokan panas juga berasal dari *boiler* uap-air yang berbahan bakar biomassa (limbah kayu). Jenis kayu yang dikeringkan adalah Meranti.