

RANCANGAN PENGERING ENERGI SURYA MENGGUNAKAN KOLEKTOR DAN KIPAS UNTUK PENGERINGAN KAKAO FERMENTASI

THE DESIGN OF SOLAR DRYER USING ENERGY COLLECTORS AND FANS FOR COCOA FERMENTATION DRYING

¹Fatimah, ²Muhamad Turmuzi, ³Rondang Tambun dan ⁴Iriany

^{1,2,3,4} Departemen Teknik Kimia FT USU Medan 20155

Jl. Almamater, Medan – Indonesia

e-mail: ¹fatimah agussalim@yahoo.com

Abstract. The design of solar dryer indirectly using finned flat plate collectors and fans for cocoa fermentation drying, has been carried out. The quality of the cocoa product is determined by the post-harvest cocoa namely fermentation and drying process. The good result of drying is at temperature (50-60) °C in the drying rate that not too volatile. Finned flat plate collector can raise the drying air temperature until 30°C above the ambient temperature. The purpose of this research is to design an indirect solar dryer using finned collectors and fans. The design specification: dryer box made of 30 mm aluminum plate with dimensions of 1m long, 1 m wide and 1 m high. In the upper portion made chimney and fan for air circulation dryer. Dimensions collector long 2 m, width 1 m, height of 0.20 m and a slope of 60°. Collector plate and fins are made of aluminum 30 mm, an insulator composed of wood, styrofoam and rockwool and 8 mm transparent glass cover. The results performance of the tools designed. Lose heat to the walls of 5.124 Wat, 13.268 Wat pedestal side, 102,670 Wat glass cover, heat radiation is 0,105 Wat. Total Losses 121.167 Wat. The heat into the collector is 682.060 Wat and used 492.687 Wat.

Keywords: indirect drying, finned collector, collectors design, cocoa drying

Abstrak. Rancangan alat pengering surya tidak langsung menggunakan kolektor plat datar bersirip dan kipas untuk pengeringan kakao fermentasi telah dilakukan. Kualitas produk kakao sangat ditentukan oleh kakao pasca panen yaitu proses fermentasi dan pengeringan. Hasil pengeringan yang baik dicapai pada temperatur (50 – 60) 0C pada laju pengeringan tidak terlalu fluktuatif. Kolektor plat datar bersirip dapat menaikkan suhu udara pengering hingga 300C diatas suhu lingkungan. Tujuan Penelitian ini adalah membuat rancangan alat pengering surya tidak langsung menggunakan kolektor bersirip dan kipas. Sefesifikasi hasil rancangan: box pengering terbuat dari plat aluminium 30 mm dengan dimensi panjang 1m, lebar 1 m dan tinggi 1 m. Pada bahagian atas dibuat cerobong dan kipas untuk sirkulasi udara pengering. Dimensi kolektor panjang 2 m, lebar 1 m, tinggi 0,20 m dan kemiringan 600. Plat dan sirip kolektor terbuat dari aluminium 30 mm, isolator terdiri dari kayu, styrofoam dan rockwool dan penutup kaca bening 8 mm. Hasil perhitungan kinerja alat yang dirancang. Kehilangan panas pada dinding 5,124 Wat, sisi alas 13,268 Wat, penutup kaca 102,670Wat, panas radiasi 0,105 Wat. Total Kehilangan panas 121,167 Wat. Panas masuk pada kolektor sebesar 682,060 Wat dan yang digunakan 492,687 Wat.

Kata kunci: pengeringan tidak langsung, kolektor bersirip, rancangan kolektor, pengeringan kakao.

1. Pendahuluan

Di daerah tropis energi surya dapat digunakan sepanjang tahun untuk keperluan pengeringan. Energi surya merupakan salah satu energi yang tidak pernah habis (renewable energy), ramah lingkungan dan gratis. Lebih dari 80% hasil pertanian di negara-negara berkembang tropis dikeringkan dengan penjemuran dengan sinar matahari secara langsung (Murthy, M.V. *et al.* 2009). Indonesia yang berada di daerah katulistiwa, yaitu pada $6^{\circ}\text{LU} - 11^{\circ}\text{LS}$ dan $95^{\circ}\text{BT} - 141^{\circ}\text{BT}$ mengakibatkan suhu di Indonesia berada di antara $26^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$, mendapat sinar matahari selama 11 – 12 jam dalam sehari dan mempunyai potensi energi surya rata-rata nasional 16 MJ/hari. Pemanfaatan energi surya untuk pengeringan dibedakan atas 3 jenis yaitu: penjemuran secara terbuka (*open sun drying*), pengeringan surya secara langsung (*direct solar drying*) dalam kabinet dan pengeringan surya secara tidak langsung (*indirect solar drying*) menggunakan kolektor.

Pengeringan dengan metode penjemuran langsung mempunyai banyak kelemahan seperti kurang higienis, memerlukan tenaga kerja yang lebih intensif, area yang luas (Jyoti, S & Pankaj, V 2015). Selain daripada itu, pengeringan yang terlalu cepat menyebabkan kelebihan asam pada kakao, pengerasan/ pengisutan pada kulit luar kakao dan pengeringan yang terlalu lambat dapat memicu pertumbuhan jamur (Dina, S.F dkk. 2013). Pengeringan surya secara langsung dalam *box* pengering hampir sama dengan pencemuran langsung kecuali lebih higienis dan aman dari gangguan binatang pemakan biji. Untuk itu, penelitian lanjut untuk mendapatkan alat metode dan alat pengering yang dapat mengatasi kelemahan-kelemahan metode pengeringan langsung.

Pengeringan secara tidak langsung, *Indirect solar dryer* menggunakan kolektor dapat dijadikan sebagai alternatif untuk memperbaiki kelemahan tersebut di atas. Pengering surya menggunakan kolektor plat datar bersirip telah digunakan untuk mengeringkan kakao (Dina, S.F. 2014; Napitupulu, F.H. dkk. 2015). Tipe pengering jenis ini dapat menaikkan temperatur udara keluar dari kolektor $10 - 25^{\circ}\text{C}$ di atas suhu lingkungan dan menghasilkan kualitas kakao yang baik. Pengeringan dengan cara ini, biji kakao tidak terpapar langsung oleh sinar matahari sehingga perubahan terhadap warna dan peretakan terhadap biji dapat diminimisasi. Proses pengeringan secara tidak langsung (*indirect solar drying*) seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Udara pengering dipanaskan terlebih dahulu dalam kolektor kemudian dialirkan ke dalam *box* pengering. Proses pengeringan berlangsung akibat adanya perbedaan konsentrasi uap air antara udara pengering dan udara disekitar permukaan biji.

Alat pengering yang dirancang dalam penelitian ini pada prinsipnya sama dengan alat pengering pada Gambar 1 hanya saja pada bagian atas *box* pengering dilengkapi dengan kipas yang berfungsi untuk mengaktifkan sirkulasi udara pengering keseluruhan permukaan biji kakao. Pemasangan sirip pada kolektor bertujuan untuk memperluas permukaan penyerapan panas. Salah satu cara meningkatkan output energi berguna (usefull energy) dari kolektor tenaga surya adalah dengan pemasangan sirip (*fin*) (Unggul, D.S & Bambang, A.D (2015).

2. Metode Penelitian

2.1. Bahan dan alat

Bahan: plat aluminium, besi siku, besi plat, triplek, kaca, sterofoam, rockwold, cat hitam doff, paku, lem kaca dan roda. Alat ukur: komputer, load cell, Ambient

Measurement Apparatus, pyrsonometer, wind felocyt sensor, T dsn RH sart sensor, data aquisition (Agilent 3497 A), Sensor RH dan Termometer dan timbangan.

2.2. Perancangan Alat Pengering

Beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam melarancang alat pengering antara lain produktivitas tinggi, mudah dioperasikan, ekonomis, kuat dan mudah dibuat. Perancangan alat pengering yang dibuat meliputi perancangan kolektor dan box pengering. Rancangan kolektor dipilih pelat datar karena lebih mudah dibuat, dilengkapi dengan sirip yang terbuat dari aluminium siku untuk memperluas permukaan penyerapan panas dan memperlambat aliran udara menuju box pengering. Plat kolektor terbuat dari aluminium dengan pertimbangan berikut; absorpsivitas tinggi, emisifitaspanas rendah, kapasitaspanas kecil, konduktifitas besar refleksi rendah, tahan korosi, mudah dibentuk dan tersedia dipasaran. Tutup kolektor dipilih kaca bening blue green dengan pertimbangan; transmisivitas tinggi, absorpsivitas rendah, tahan panas dan ada dipasaran. Isolator dipilih berdasarkan konduktivitas termal bahan (rendah), mudah dibentuk, harga terjangkau dan ada dipasaran. Rangka kolektor harus dapat menahan beban yang ada dan dibentangkan pada kemiringan 600. Isolator yang dipilih dalam perancangan ini terdiri dari tiga lapisan yaitu kayu daya hantar termalnya 0,19 W/m 0K, styrofoan 0,036 W/m 0K dan rockwool 0,042 W/m 0K. Dinding box pengering terbuat dari plat aluminium yang dicat dengan warna hitam doff, didalamnya terdapat 3 tingkat rak dari aluminium berlubang dan bahagian atas box dibuat cerobong yang dilengkapi dengan kipas.

2.3. Uji Unjuk Kerja Pengering

Unjuk kerja pengering yang didisain ditentukan dengan cara menghitung efisiensi termalnya. Data data yang diukur adalah Intensitas matahari, temperatur dan RH, udara sekitar, temperatur udara kolektor, ruang pengering, kayu, plat, kaca penutup, RH ruang pengering dan perubahan berat kakao setiap 10 menit. Semua data pengukuran direkam dan disimpan dalam bentuk *microsoft excel*. Besarnya energi yang diterima selama pengeringan ditentukan dengan cara menghitung energi surya yang masuk dikurangi dengan panas. Kehilangan panas keseluruhan dihitung berdasarkan besarnya total kehilangan panas konveksi melalui permukaan kayu, melalui udara dalam kolektor terhadap permukaan plat, kehilangan panas pada sisi alas dan sisi atas yang hilang melalui kolektor dan kehilangan panas melalui radiasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Rancangan

Rancangan sistem pengering terdiri dari dua bagian yaitu box pengering dan kolektor.

Box pengering

Panjang, lebar dan tinggi *box* pengering 1 meter; tinggi kaki 1,67 m, tinggi *chimney box* 30 cm dan diameter 10 cm. Dinding *box* pengering terbuat dari plat aluminium yang dicat hitam doff. *Box* pengering mempunyai dimensi (90 x 90 x 20) cm. Rangka dan penyangga terbuat dari plat besi 4 mm.

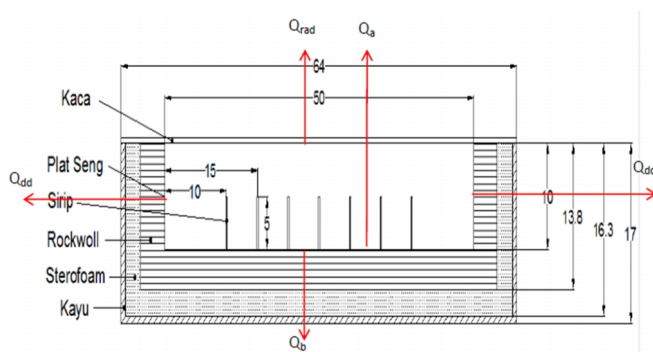
Kolektor

Sket penampang kolektor dapat dilihat pada Gambar 1. Kolektor yang dirancang mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

Tipe	: Plat datar bersirip
Panjang kolektor	: 2 m
Tinggi kolektor	: 0,20 m
Lebar kolektor	: 1 m
Sirip kolektor	: panjang 5 m dan lebar 0,02 m
Kemiringan	: 60°
Penutup kolektor	: kaca bening 8 mm
Isolator	: kayu, <i>styrofoam</i> dan rockwool

Unjuk Kerja Alat Pengering

Intensitas radiasi matahari	: 863,1 Wat/m ² (tertinggi)
rata-rata	578,370 Wat/m ² , T_{rata} 32,8 ⁰ C.
Temperatur tertinggi	: 56,7 ⁰ C
Temperatur terendah	: 25,6 ⁰ C
Kehilangan panas pada dinding	: 2 x 5,117 = 10,235 Wat
Kehilangan panas pada sisi alas	: 9,303 Wat
Kehilangan panas pada penutup kaca	: 10,389 Wat
Kehilangan panas radiasi	: 0,191 Wat
Total Kehilangan panas (Q_{loss})	: 128,119 Wat
Panas masuk pada kolektor	: 953,725 Wat
Panas yang digunakan pada kolektor	: 825,606 Wat
Efisiensi kolektor	: 71,37%



Gambar 1. Penampang kolektor Surya

3.2. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengukuran data lapangan bahwa intensitas radiasi matahari tertinggi pada saat pencatatan data adalah 863,1 Wat/m² dan intensitas rata-rata 578,370 Wat/m². Intensitas radiasi matahari sangat tergantung kepada posisi letak matahari dan keadaan cuaca. Temperatur dan RH udara juga tergantung kepada besarnya intensitas radiasi matahari, sehingga laju dan waktu pengeringan juga tergantung kepada intensitas radiasi matahari. Pengeringan surya secara tidak langsung menggunakan kolektor juga sangat tergantung kepada intensitas matahari, hanya saja energinya dapat dimaksimalkan melalui kolektor. Selain daripada itu, dapat dihindari laju pengeringan yang terlalu cepat atau lambat sehingga kualitas produk yang dihasilkan lebih baik.

Efisiensi kolektor sangat tergantung kepada kemampuan plat kolektor menyerap panas dan kemampuan isolator menyimpan panas, oleh karena itu pemilihan bahan kolektor dan isolator sangat menentukan. Plat kolektor dalam rancangan ini terbuat dari aluminium yang mempunyai konduktivitas tinggi $287 \text{ W/m}^0\text{K}$. Penambahan sirip $5 \times 2 \text{ cm}$ dapat menambah luas permukaan kolektor $0,1 \text{ m}^2$ dan menambah jumlah panas yang diterima kolektor sebesar 10% . Permukaan plat dilapisi dengan cat hitam *doff* untuk menghindari refleksi agar mempunyai absorpsivitas maksimum. Penutup kolektor dipilih kaca bening yang mempunyai transmisivitas tinggi, refleksi dan absorpsivitas rendah. Isolator yang dipilih pada rancangan ini terdiri dari tiga lapisan yaitu rockwool, styrofoam dan kayu. Ketiga bahan tersebut mempunyai daya hantar termal yang kecil, berturut-turut ($0,042, 0,036, 019 \text{ W/m}^0\text{K}$).

Unjuk kerja alat pengereng hasil rancangan ditentukan oleh efisiensi pengerengan. Efisiensi alat pengereng diperoleh melalui perhitungan jumlah rugi-rugi panas melalui sisi (dinding) kanan, kiri, alas dan penutup atas, kehilangan panas radiasi, dan jumlah panas yang diterima melalui kolektor surya. Jumlah panas yang diterima oleh kolektor surya ditentukan dengan rumus $Q_{\text{surya}} = F.(I.A.\tau.\alpha)$ dimana F adalah faktor efisiensi kolektor dalam hal ini diasumsikan 90% ; τ adalah transmisivitas dan α adalah absorpsivitas plat kolektor. Efisiensi kolektor (η) = Q_u/Q_{hobo} . Q_u adalah $Q_{\text{surya}} - Q_{\text{loss}}$, sehingga diperoleh $\eta = 71,37\%$. Efisiensi kolektor menggunakan plat aluminium meningkat dibanding dengan efisiensi kolektor yang menggunakan plat seng.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancangan alat pengereng yang telah dibuat diperoleh beberapa kesimpulan:

1. Kolektor plat datar bersirip dapat menaikkan temperatur sebesar $31,1^0\text{C}$ diatas temperatur udara ambient.
2. Pemasangan sirip dapat menambah luas permukaan kolektor sebesar $0,1\text{m}^2$ dan
3. 10% jumlah panas yang diterima.
4. Efisiensi (η) kolektor berdasarkan intensitas rata-rata dan suhu rata kolektor diperoleh $71,37\%$.
5. Jumlah panas yang diterima kolektor sangat tergantung kepada intensitas sinar matahari, jenis plat, penutup dan isolator kolektor yang digunakan.

Daftar Pustaka

- Aklilu Tesfamichael & Ababayehu Assefa:” Exprimental Analysis of Potato Silces Drying Characteristics using Solar Dryer.” Journal of Applied Sciences 13 (6): 939-943, 2013.
- Aklilu Tesfamichael & Ababayehu Assefa:” Exprimental Analysis of Potato Silces Drying Characteristics using Solar Dryer.” Journal of Applied Sciences 13 (6): 939-943, 2013.
- Atul, Sharma, C.R. Chen and Nguyen Vu. Lan “Solar energy drying systems: a review.” Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.13.no. 6-7, pp.1185 – 1210, 2009
- Bonaparte A., Zaman A., Chandra A.M.,Some Quality Characteristics of Solar-Dried Cocoa Beans in St Lucia, Journal of Science of Food and Agriculture (76): 553 – 558, 1998.
- Dina S.F, Farel H. Napitupulu, Himsar A, Kajian Berbagai metode Pengerengan Untuk Peningkatan Mutu Biji Kakao Indonesia, Jurnal Riset Industri, ISSN: 1978-5852, Volume 7, No. 1, April 2013

- Dina S.F, Farel H. Napitupulu, Himsar A, Efektifitas Pengeringan Kontinu Biji Kakao Indonesia Menggunakan Energi Surya dan Termokimia, Seminar Nasional Teknologi Industri Hijau, Semarang, 21 Mei 2014.
- Farel H. Napitupulu, Himsar Ambarita, dan Sari Farah Dina Kinerja Pengering Surya Sistem Integrasi Menggunakan Kolektor Plate Datar –Bersirip Dan Absoren Termokimia untuk Pengeringan Kakao. Jurnal *Journal of Industrial Research*, Vol. 9 No. 1, April 2015, Hal. 1 – 11
- Fudholi, A., Othman, M.Y., Ruslan, M.H., Yahya, M., Zaharim, A., and Sopian, K. “Design and Testing of Solar Dryer for Drying Kinetics of seaweed in Malaysia”. *Researches in Geography, Geology Energy Environment and Biomedicine* 2011.
- Jyoti Singh and Pankaj Verma. Fabrication of Hybrid Solar Dryer”. *International Journal of Scientific and Research Publication*, volume 5, Issue 6, June 2015
- Murthy, M,V. et. al. 2009)
- Mahmoud Mohammed El-Ghobashy El-Hagar, Disign, Implementation and testing of an indirect Solar Potato Dryer. *Advances in Environmental ang Geological Science and Engineering*, ISBN: 978-1-6 1804-314-6 (tanpa tahun)
- Unggul Dwi Setyadi dan Bambang Arif Dwiyanto, Jurnal teknik ITS vol 4, No. 1 (2015). ISSN: 2337-3539 Print