

Rancang Bangun dan Analisis Kinerja Rumah Pengering Kopi Tipe Efek Rumah Kaca dengan Mekanisme Konveksi Paksa

Domi C. K. Dipa¹, Verdy A. Koehuan¹, dan Matheus M. Dwinanto¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana

Jl. Adi Sucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380)881597

E-mail: verdy.koehuan@staf.undana.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang rumah pengering kopi menggunakan plastik ultra violet (UV Solar Dryer) dengan mekanisme konveksi paksa dan menguji performansi rumah pengering kopi. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan perancangan rumah pengering biji kopi terlebih dahulu dan kemudian dilakukan uji performansi dari rumah pengering tersebut. Desain rumah pengering dengan ukuran 5,5 x 2,9 x 1,9 meter menggunakan cover berupa plastik ultra violet. Di dalam rumah pengering terdapat tiga buah rak permanen dengan ukuran masing-masing rak adalah 3,5 x 0,5 x 0,85 meter. Untuk mempercepat proses pengeringan, meratakan suhu bahan serta menguapkan air bahan maka dipasanglah dua buah *exhaust fan* dengan ukuran 0,35 x 0,22 x 0,395 meter. Uji performansi dilakukan dengan tiga variasi kecepatan udara pada *exhaust fan* yaitu 0,5 ; 1,0 ; dan 1,36 m/s. Besaran-besaran penting yang dianalisis adalah laju pengeringan bahan, konsumsi energi spesifik (KES) dan efisiensi penggunaan energi. Analisis teknik menunjukkan bahwa rumah pengering kopi layak untuk digunakan dalam usaha pengeringan kopi. Hal ini didasarkan pada nilai efisiensi pengeringan yang dicapai pada pengujian di pukul 14.00 dengan kecepatan udara 1,0 m/s cenderung lebih besar dari pada pengujian dengan kecepatan 1,36 m/s dan 0,5 m/s di pukul 11.00, 12.00, 13.00 dan 15.00 dengan nilai efisiensi tertinggi 19,448 %. Sedangkan untuk nilai konsumsi energi spesifik (KES) tertinggi pada pengujian di pukul 12.00 dengan kecepatan udara 0,5 m/s adalah 93824,19 kJ/kg.

ABSTRACT

This study aims to design a coffee dryer house using ultra violet plastic (UV Solar Dryer) with a forced convection mechanism and to test the performance of the coffee dryer house. This research was conducted by designing the coffee bean drying house and testing the performance of the drying house. The design of the dryer house with a size of 5.5 x 2.9 x 1.9 meters uses a cover in the form of ultra violet plastic. Inside the dryer house there are three permanent racks with a size of 3.5 x 0.5 x 0.85 meters each. To speed up the drying process, equalize the temperature of the material and evaporate the material water, two exhaust fans are installed with a size of 0.35 x 0.22 x 0.395 meters. The performance test was carried out with three variations of air velocity at the exhaust fan, namely 0.5; 1.0; and 1.36 m/s. The important quantities analyzed are the drying rate of the material, the specific energy consumption and the efficiency of energy use. Technical analysis shows that the coffee dryer house is suitable for use in the coffee drying business. This is based on the drying efficiency value achieved in the test at 14.00 with an air velocity of 1.0 m/s which tends to be greater than the test with a speed of 1.36 m/s and 0.5 m/s at 11.00, 12.00, 13.00 and 15.00 with the highest efficiency value of 19.448%. Meanwhile, the highest value of specific energy consumption in the test at 12.00 with an air velocity of 0.5 m/s was 93824.19 kJ/kg.

Keywords: Ultra violet plastic, forced convection, drying coffee beans

PENDAHULUAN

Proses pengeringan merupakan bagian penting dalam penanganan komoditi hasil pertanian [1]. Proses pengeringan selain bertujuan untuk mengawetkan bahan

makanan, juga untuk menjadikan prosesnya lebih ringkas, lebih mudah diangkut dan lebih luwes untuk diolah [2]. Salah satu metode yang digunakan untuk mengeringkan biji kopi adalah metode pengeringan alami yaitu penjemuran dengan menggunakan sinar matahari. Penggunaan energi matahari sebagai

sumber panas pengeringan masih banyak kelemahan karena panas dari energi matahari tidak terus menerus ada sepanjang hari dan pengeringan tidak dapat dilakukan pada saat musim hujan, kemudian nilai higienis produk juga menjadi kendala karena biasanya penjemuran dilakukan di lahan terbuka, yang hanya dilapisi plastik atau terpal, lantai semen, bahkan ada yang langsung melakukan penjemuran di tanah terbuka tanpa menggunakan alas sehingga mudah terkena kotoran-kotoran, serangga, tanah maupun kerikil.

Pengembangan teknologi pengeringan energi surya merupakan terobosan dalam mengatasi mahal biaya pengeringan [3]. Pemanfaatan energi surya berupa alat pengering efek rumah kaca (ERK) merupakan alternatif untuk mengatasi kendala pengeringan dengan sinar matahari langsung yang umum berlaku dimasyarakat seperti kapasitas yang rendah dan membutuhkan waktu yang lama, serta resiko kontaminasi dan gangguan dari binatang selama proses penjemuran yang menyebabkan hasil pengeringan kurang higienis. *Ultra violet solar dryer* atau biasa juga disebut metode pengeringan dengan menggunakan efek rumah kaca (ERK) merupakan metode pengeringan yang memanfaatkan energi surya sebagai sumber energi utama, dimana radiasi dari sinar matahari diserap langsung oleh plastik *ultra violet* yang dipasang menyelimuti dinding rumah pengering berfungsi sebagai penghantar dan penahan panas sehingga temperatur di dalam ruangan tetap terjaga. Jadi pada saat kondisi cuaca sedang mendung ataupun hujan proses pengeringan yang ada di dalamnya tetap berlangsung. Selain itu karena metode ini juga memanfaatkan efek rumah kaca untuk meningkatkan temperatur di dalam ruang pengering, sehingga proses pengeringan menjadi lebih cepat [4][5][6].

Pengeringan biji kopi menggunakan plastik *ultra violet* dengan penggunaan *exhaust fan* untuk sirkulasi aliran udara membuat kadar air yang tinggi berkurang lebih cepat ketika dikeringkan dalam rumah pengering kopi jika dibandingkan dengan menggunakan metode tradisional.

Penggunaan *exhaust fan* dapat menciptakan proses perpindahan panas konveksi paksa, udara hangat akan mentransferkan panas melalui perpindahan panas yang dapat menaikkan temperatur biji kopi sekaligus kadar airnya. Perpindahan panas radiasi dipancarkan langsung ke biji kopi sehingga dapat menaikkan temperatur bahan. Uap air yang ada pada biji kopi kemudian akan menguap dan akhirnya kadar air dalam biji kopi menjadi berkurang. Ratna Sary [7], melakukan penelitian melalui eksperimental sistem konveksi paksa pengeringan biji kopi dengan menggunakan mekanisme suplai udara panas dari ruang bakar ke ruang pengering. Hasil studi tersebut menunjukkan melalui tiga variasi kecepatan udara dengan temperatur rata-rata 60°C dapat mempercepat waktu pengeringan biji kopi dan mengurangi 36 % nilai kadar air selama 4 jam. Hasil penelitian ini menunjukkan semakin cepat kecepatan udara semakin cepat pula proses pengeringan atau penurunan kadar air biji kopi dan untuk menghasilkan kadar air sesuai standar Indonesia 12 % pada proses pengeringan dengan menggunakan kecepatan udara 4,03 m/s membutuhkan waktu sekitar 3 jam. Solahuddin, dkk, [8], melakukan penelitian dengan simulasi rancangan mesin pengering efek rumah kaca tipe terowongan untuk pengeringan komoditi hasil pertanian. Penelitian ini mengembangkan model matematik dalam menduga efektivitas perpindahan panas dan massa mesin pengering efek rumah kaca (ERK) tipe terowongan, serta menunjukkan performansi mesin pengering dengan dimensi seperti ketinggian bangunan dan kecepatan aliran udara mempengaruhi masukan dalam persamaan matematik yang disusun berdasarkan kesetimbangan panas dan massa.

Sari Farah Dina, dkk, [9], melakukan rancang bangun dan ujicoba pengering surya tipe kolektor tabung vakum dengan mekanisme konveksi paksa terlihat distribusi temperatur dalam ruang pengering sangat fluktuatif, namun Suhendra dan Feby Nopriandy [10] menunjukkan kinerja pengering tipe efek rumah kaca dengan saluran pengarah udara panas dengan distribusi temperatur yang seragam melalui

penggunaan kipas atau *exhaust fan*. Endri Yani dan Suryadi Fajrin [8] melakukan penelitian tentang karakteristik pengeringan biji kopi berdasarkan variasi kecepatan aliran udara pada solar dryer dengan menambahkan sebuah blower atau *exhaust fan* untuk mengatur kecepatan udara pengering. Penelitian ini menunjukkan bahwa laju pengeringan meningkat dengan peningkatan kecepatan aliran. Berdasarkan bentuk fisik dari hasil pengeringan didapatkan bahwa biji kopi yang dikeringkan dengan menggunakan *solar dryer* tipe aktif lebih hitam dan berkerut daripada pengeringan secara tradisional.

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini akan mengkaji rumah pengering tipe *green house* (efek rumah kaca) sebagai pengering biji kopi (gelondong merah). Penelitian melalui rancang bangun dan analisis kinerja rumah pengering kopi menggunakan plastik ultra violet (*UV solar dryer*) dengan mekanisme konveksi paksa dan menguji performansi rumah pengering kopi melalui eksperimen.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode perancangan dan eksperimen, dimana rumah pengering kopi menggunakan plastik ultra violet (*UV Solar Dryer*) untuk menyerap panas dari radiasi sinar matahari. Panas radiasi sinar matahari yang diserap oleh plastik UV kemudian didistribusikan menggunakan mekanisme perpindahan panas konveksi paksa melalui bantuan *exhaust fan*. Bangunan pengering kopi tipe *green house* (efek rumah kaca) ini merupakan ruang yang tertutup oleh dinding dan atap transparan (plastik ultra violet) sehingga radiasi sinar matahari dapat masuk ke dalamnya. Rancangan pengering kopi terdiri dari atas lantai beton, rangka baja ringan, dan plastik ultra violet. Lantai cor beton berfungsi untuk mencegah kehilangan panas. Rangka bangunan terbuat dari baja ringan yang dibentuk menyerupai rumah dan berfungsi untuk menahan plastik ultra violet. Plastik ultra violet yang digunakan dengan tebal 0,20 mm dan *ultra violet protection* 6%.

Rumah pengering ini dilengkapi dengan dua unit *exhaust fan* yang berfungsi untuk mensirkulasikan udara pengering dalam proses pengeringan dengan konveksi paksa (Gambar 1).

Kondisi rancangan rumah pengering dalam penelitian ini terdiri dari struktur atap berbentuk segitiga ditutup dengan palstik ultra violet dengan ukuran bangunan, panjang 5,5 m, lebar 2,9 m, tinggi 1,9 m seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Laju sirkulasi aliran udara dalam rumah pengering diatur melalui *exhaust fan* yang dipasang pada sisi outletnya. Parameter penelitian meliputi laju pengeringan bahan, konsumsi energi spesifik (KES), dan efisiensi termal rumah pengering dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 1 hingga Persamaan 12 berikut:

a. Energi total pengeringan

Energi total pengeringan merupakan energi yang digunakan dalam penguapan sejumlah massa air dari udara panas selama proses pengeringan.

$$Q_{TP} = \frac{qu}{v} (h_3 - h_1) \times 3600t \quad (1)$$

b. Energi surya

Energi surya dihitung melalui radiasi sesaat yang dikaliakn dengan jumlah penyinaran selama proses pengeringan.

$$Q_S = 3,6I_h A_p (\sigma\alpha)t \quad (2)$$

c. Energi listrik

Energi listrik merupakan sumber penggerak motor yang digunakan oleh Exhaust Fan.

$$Q_L = 3,6.V.i.t \quad (3)$$

d. Energi total sistem

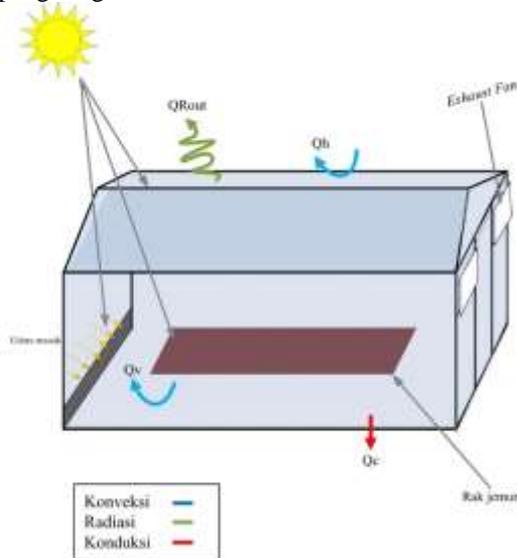
Energi yang dibutuhkan dalam sistem pengeringan merupakan penjumlahan dari energi surya dan energi listrik dalam persamaan berikut ini :

$$Q_{TS} = Q_S + Q_L \quad (4)$$

e. Energi berguna

Energi berguna merupakan energi atau panas yang terlibat langsung dalam memanaskan suhu bahan, menguapkan air

bahan dan panas yang pindah ke udara pengering



Gambar 1. Ilustrasi perpindahan panas pada rumah pengering kopi.



Gambar 2. Hasil rancang bangun rumah pengering kopi menggunakan plastik ultra violet.

Panas yang diterima udara pengering

$$Q_{Ud} = \frac{q_u}{v_u} C_{pu} (T_r - T_1) \cdot 3600t \quad (5)$$

Panas untuk menaikkan suhu bahan

$$Q_{Sp} = m_{Oj} C_{pj} (T_r - T_1) \quad (6)$$

f. Panas untuk menguapkan air bahan

$$Q_{uap} = m_{uap} H_{fg} \quad (7)$$

g. Panas untuk menaikkan dan menguapkan air bahan

$$Q_{TP} = \frac{qu}{v} (h_3 - h_1) \times 3600t \quad (8)$$

h. Laju pengeringan bahan

Laju pengeringan adalah banyaknya air yang diuapkan persatuan waktu atau perubahan kadar air bahan dalam satu satuan waktu.

$$\frac{dW}{dT} = \frac{W_i - W_t}{\Delta t} \quad (9)$$

i. Panas yang hilang karena radiasi, konduksi dan konveksi

$$Q_{loss} = Q_{rad,out} + Q_h + Q_v \quad (10)$$

j. Konsumsi energi spesifik (KES)

Konsumsi energi spesifik (KES) merupakan jumlah energi yang diterima dibandingkan dengan satu satuan massa air bahan yang diuapkan.

$$KES = \frac{Q_{TS}}{m U_{ap}} \quad (11)$$

k. Efisiensi penggunaan energi

Efisiensi termal sistem pengering merupakan perbandingan antara energi panas yang masuk dalam sistem yang digunakan untuk memanaskan udara pengering.

$$\eta_t = \frac{Q_{Sp} + Q_{Uap}}{Q_s + Q_l - Q_{loss}} \times 100\% \quad (12)$$

Data rancangan sebagai variabel kontrol dalam data rancangan rumah pengering sebagai berikut:

- Data radiasi sinar matahari menggunakan data dari BMKG Kota Kupang.
- Bahan biji kopi (gelondong merah) dengan berat awal 53,37 kg dan kadar air awal 60% serta target kadar air akhir 12%.
- Waktu pengeringan 4 jam (mulai jam 11.00-15.00).
- Temperatur lingkungan diasumsikan 30°C, sementara temperatur bahan sebelum proses pengeringan diasumsikan sama dengan

temperatur lingkungan. Sedangkan temperatur akhir di dalam rumah pengering setelah proses pengeringan adalah 50°C,

- Kelembaban awal dalam rumah pengering diasumsikan sama dengan lingkungan 60% dan kelembaban akhir 20%,
- Kecepatan udara dan debit aliran udara yang melewati *exhaust fan* divariasikan dengan tiga variasi kecepatan yaitu 1,36 m/s; 1,0 m/s dan 0,5 m/s.



Gambar 3. Foto rak jemur dengan biji kopi dan penempatan alat ukur temperatur dalam rumah pengering.

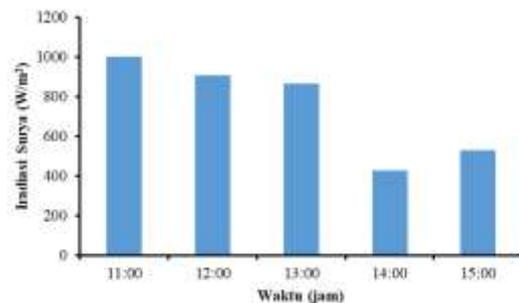
Gambar 3 menunjukkan penempatan rak jemur (tiga unit) dengan biji kopi dan alat ukur temperatur dan kelembaban udara di dalam rumah pengering (empat unit) dan di luar ruangan 1 unit masing-masing diukur menggunakan alat ukur temperatur-kelembaban Elitech RC-4H. Di dalam ruangan ditempatkan empat alat ukur masing-masing pada posisi horisontal yang berbeda dengan ketinggian 1,5 m dari permukaan lantai. Rak jemur yang terdiri atas tiga rak di dalam rumah pengering dan satu rak di luar sebagai tempat biji kopi dikeringkan dengan beban pengeringan yang sama (7,76 kg/m²).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan Rumah Pengering

Desain rumah pengering dengan ukuran 5,5 m x 2,9 m x 1,9 m dan selimut atau cover berupa plastik UV. Beban pengeringan biji kopi adalah 7,76 kg/m² masing-masing untuk di dalam rumah pengering terdapat tiga buah rak dengan ukuran masing-masing rak adalah

3,5 m x 0,5 m x 0,85 m dan di luar rumah pengering dengan ukuran 1,0 m x 1,0 m x 0,85 m. Proses pengeringan dengan mekanisme konveksi paksa melalui pemasangan dua buah *exhaust fan* dengan ukuran 0,35 m x 0,22 m x 0,395 m masing-masing dengan daya 30 W. Dengan dinding transparan maka rumah pengering memiliki efek panas rumah kaca dari radiasi sinar matahari. Hal ini dapat memberikan keuntungan energi untuk mengeringkan bahan dari radiasi sinar matahari yang maksimal. Laju pengeringan diperoleh dari perubahan kadar air bahan dalam satu satuan waktu. Semakin tinggi nilai perubahan kadar air dalam bahan, maka laju pengeringan yang diperoleh pun akan semakin tinggi. Untuk mendapatkan laju pengeringan yang besar, terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi, yaitu suhu udara, tekanan udara, kelembaban udara dan kecepatan aliran udara di dalam rumah pengering.



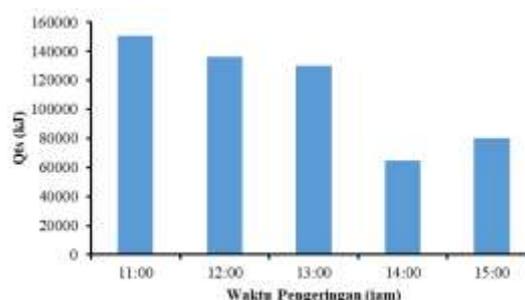
Gambar 4. Rata-rata radiasi matahari setiap jam di Kota Kupang bulan Maret mulai pukul 11.00-15.00 WITA.

Data radiasi sinar matahari dalam penelitian ini menggunakan data dari BMKG El-tari Kota Kupang bulan Maret setiap jam seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Gambar 4 menunjukkan bahwa lama penyinaran matahari di Kota Kupang yang dapat menghasilkan radiasi matahari berlangsung selama 5 jam dalam sehari mulai pukul 11.00-15.00 WITA. Nilai rata-rata radiasi sinar matahari setiap jam, yakni pada pukul 11.00, 12.00, 13.00, 14.00, dan 15.00 masing-masing adalah 1000 W/m², 906 W/m², 864 W/m², 427 W/m², dan 530 W/m².

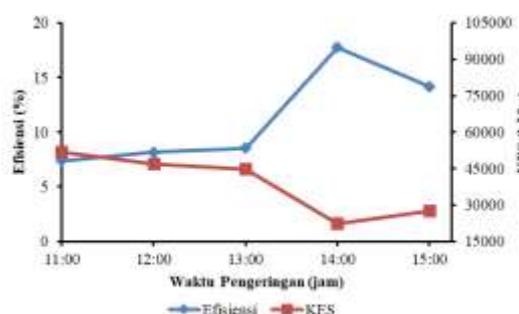
Kecepatan Udara 1,36 m/s

Hasil analisis dengan beban pengeringan biji kopi adalah $7,76 \text{ kg/m}^2$ terhadap pengaruh waktu pengeringan terhadap energi total sistem pada kecepatan udara $1,36 \text{ m/s}$ ditunjukkan pada Gambar 5. Energi total sistem merupakan jumlah penggunaan energi surya dan energi listrik di dalam rumah pengering. Pada Gambar 5 menunjukkan pada pukul 11.00 energi total sistem yang dihasilkan sebesar $150385,4 \text{ kJ}$ dan semakin menurun sampai pada pukul 14.00 yaitu sebesar $64708,33 \text{ kJ}$. Dari gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa energi total sistem kembali mengalami peningkatan pada pukul 15.00 yaitu sebesar $80109,27 \text{ kJ}$.

Gambar 6 menunjukkan hasil analisis waktu pengeringan terhadap konsumsi energi listrik (KES) dan efisiensi penggunaan energi pada kecepatan udara $1,36 \text{ m/s}$. Pada pukul 11.00, konsumsi energi spesifik (KES) dan efisiensi masing-masing diperoleh $51857,04 \text{ kJ}$ dan $7,36 \%$. Untuk konsumsi energi spesifik (KES) menunjukkan adanya penurunan sampai pada pukul 14.00 yaitu $22313,22 \text{ kJ}$ dan kembali meningkat pada pukul 15.00 sebesar $27623,89 \text{ kJ}$. Sementara efisiensi semakin meningkat sampai pada pukul 14.00 yaitu $17,77 \%$ dan kembali menurun pada pukul 15.00 sebesar $14,17 \%$. Gambar 6 tersebut memperlihatkan bahwa semakin lama waktu pengeringan maka konsumsi energi spesifik akan semakin menurun sementara efisiensi semakin tinggi. Peningkatan efisiensi ini diakibatkan oleh semakin menurunnya konsumsi energi spesifik dimana untuk mengeringkan bahan biji kopi, konsumsi energi yang dibutuhkan tidak terlalu tinggi sehingga efisiensi akan meningkat. Namun pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa pada jam 15.00 terjadi penurunan efisiensi seiring dengan meningkatnya konsumsi energi. Hal ini dikarenakan radiasi matahari pada pukul 15.00 kembali meningkat sehingga energi surya mengalami peningkatan. Peningkatan energi surya ini memberikan dampak terhadap energi total sistem dan konsumsi energi spesifik (KES).



Gambar 5. Waktu pengeringan terhadap energi total sistem (Q_{ts}) pada kecepatan udara $1,36 \text{ m/s}$.

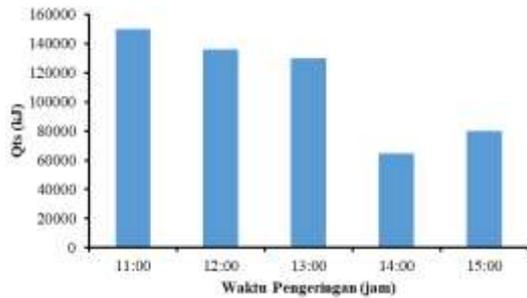


Gambar 6. Waktu pengeringan terhadap konsumsi energi spesifik (KES) dan efisiensi pada kecepatan udara $1,36 \text{ m/s}$.

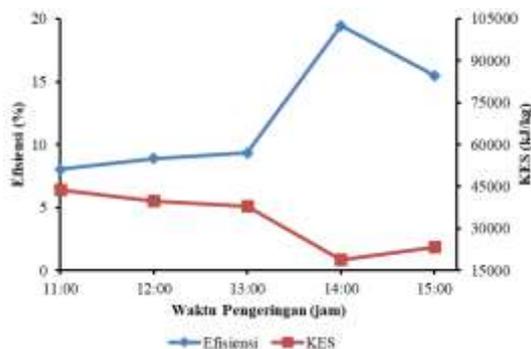
Kecepatan Udara 1,0 m/s

Gambar 7 menunjukkan waktu pengeringan bahan terhadap energi total keseluruhan sistem (Q_{ts}) pada kecepatan $1,0 \text{ m/s}$. Pada gambar tersebut terjadi penurunan energi total pada sistem seiring dengan bertambahnya waktu pengeringan. Namun, ketika sampai pada pukul 15.00 terjadi peningkatan nilai energi total pada sistem. Hal tersebut dikarenakan peningkatan radiasi matahari berbanding lurus dengan peningkatan energi surya. Salah satu faktor yang mempengaruhi energi total pada sistem adalah pengamatan energi rata-rata radiasi sinar matahari (energi surya). Sehingga ketika radiasi matahari meningkat maka energi total pada sistem akan meningkat pula begitu juga sebaliknya. Pada gambar tersebut, energi total pada sistem (Q_{ts}) mulai mengalami penurunan pada pukul 11.00 sebesar $150243,5 \text{ kJ}$ dan terus menurun sampai pada pukul 14.00 sebesar $64566,4 \text{ kJ}$. Kemudian terjadi

peningkatan energi total sistem pada pukul 15.00 sebesar 79967,35 kJ akibat dari peningkatan rata-rata radiasi sinar matahari pada waktu tersebut.



Gambar 7. Waktu pengeringan terhadap energi total sistem (Q_{TS}) pada kecepatan udara 1,0 m/s.



Gambar 8. Waktu pengeringan terhadap konsumsi energi spesifik (KES) dan efisiensi pada kecepatan udara 1,0 m/s.

Konsumsi energi spesifik (KES) dan efisiensi pada kecepatan udara 1,0 m/s pun telah dianalisis terhadap waktu pengeringan pada Gambar 8. Dari gambar tersebut, kedua parameter yang diuji terhadap waktu pengeringan memberikan hasil yang saling berbanding terbalik. Konsumsi energi spesifik (KES) terjadi penurunan sampai pada pukul 14.00 dan kembali terjadi peningkatan pada pukul 15.00. Sementara efisiensi yang diperoleh mengalami peningkatan sampai pada pukul 14.00 dan kembali menurun pada pukul 15.00. Pada pukul 11.00, konsumsi energi spesifik (KES) yang diperoleh sebesar 43903,84 kJ dan terus menurun sampai pada pukul 14.00 sebesar 18879 kJ lalu kembali

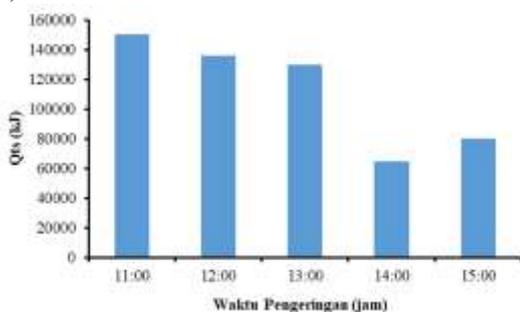
meningkat pada pukul 15.00 sebesar 23382,26 kJ. Sementara efisiensi yang diperoleh pada pukul 11.00 sebesar 8,04% dan terus meningkat sampai pada pukul 14.00 sebesar 19,44% lalu kembali menurun pada pukul 15.00 sebesar 15,49%.

Kecepatan Udara 0,5 m/s

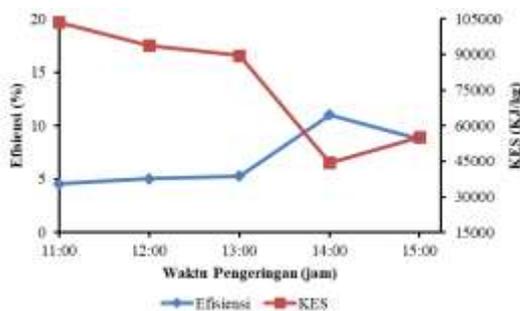
Gambar 9 menunjukkan hasil analisis energi total sistem terhadap waktu pengeringan bahan. Grafik tersebut menunjukkan hasil yang sama seperti variasi-variabel kecepatan 1,0 m/s di atas. Penurunan penggunaan energi total pada sistem terjadi pada pukul 11.00 sampai pukul 14.00 dan kembali meningkat pada pukul 15.00. Pada pukul 11.00 energi total sistem yang diperoleh sebesar 150100,3 kJ dan terus menurun sampai pukul 14.00 sebesar 64423,21 kJ kembali meningkat pada pukul 15.00 sebesar 79824,15 kJ. Penurunan tersebut terjadi karena penurunan radiasi matahari sebagai akibat dari analisis energi surya. Energi total sistem berbanding lurus dengan energi surya dan energi listrik. Karena energi listrik yang didapat bersifat tetap, maka penyebab penurunan energi total tersebut terjadi pada energi radiasi surya. Salah satu faktor yang menyebabkan penurunan dan peningkatan energi surya tersebut adalah rata-rata radiasi sinar matahari tiap jam yang berubah-ubah. Dimana hubungan energi surya dan radiasi matahari saling proporsional sehingga ketika terjadi penurunan atau peningkatan radiasi matahari maka energi surya yang diperoleh semakin tinggi dan energi total sistem pun turut bervariasi.

Hasil analisis konsumsi energi spesifik (KES) dan efisiensi penggunaan energi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10 di bawah ini. Hasil analisis dari kedua parameter ini juga sama seperti kedua variasi kecepatan 1,36 m/s di atas. Dimana konsumsi energi spesifik (KES) mengalami penurunan dan peningkatan terjadi efisiensi penggunaan energi. Pada pukul 11.00, konsumsi energi spesifik (KES) yang diperoleh sebesar 103517,45 kJ dan terus menurun sampai pada pukul 14.00 sebesar 44429,79 kJ lalu kembali meningkat pada

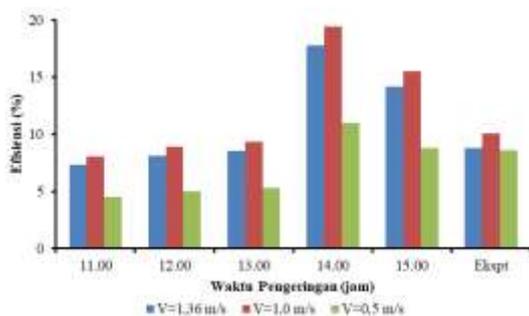
pukul 15.00 sebesar 55051,14 kJ. Sementara efisiensi yang diperoleh pada pukul 11.00 sebesar 4,54% dan terus meningkat sampai pada pukul 14.00 sebesar 16,21% kemudian kembali menurun pada pukul 15.00 sebesar 8,77%.



Gambar 9. Waktu pengeringan terhadap energi total sistem (Qts) pada kecepatan udara 0,5 m/s.



Gambar 10. Waktu pengeringan terhadap konsumsi energi listrik (KES) dan efisiensi pada kecepatan udara 0,5 m/s.



Gambar 11. Hubungan efisiensi rumah pengering terhadap waktu pengeringan.

Konsumsi energi spesifik adalah perbandingan antara energi total pada sistem dan massa uap air. Konsumsi energi spesifik

memiliki hubungan yang proporsional dengan energi total sistem. Sehingga ketika terjadi penurunan/peningkatan energi total pada sistem maka konsumsi energi spesifik pun ikut mengalami penurunan/peningkatan. Sementara efisiensi penggunaan energi yang diperoleh memiliki peningkatan pada pukul 11.00 sampai pukul 14.00 dan menurun pada pukul 15.00. Efisiensi penggunaan energi dipengaruhi oleh panas untuk menaikkan suhu bahan, panas untuk menguapkan air bahan, energi total sistem serta kerugian energi selama pengeringan. Efisiensi penggunaan energi berbanding lurus dengan panas untuk menaikkan suhu bahan dan panas untuk menguapkan ari bahan sedangkan berbanding terbalik dengan energi total sistem dan kerugian energi. Oleh karena itu, ketika terjadi penurunan/peningkatan konsumsi energi spesifik (KES), maka efisiensi penggunaan energi pun akan mengalami penurunan atau peningkatan.

Perbandingan data asumsi dan eksperimen untuk efisiensi penggunaan energi dapat dilihat pada Gambar 9 di atas. Pada gambar tersebut terdapat tiga variasi kecepatan yang dapat mempengaruhi penurunan atau peningkatan nilai efisiensi penggunaan energi. Dari gambar diatas, nilai efisiensi penggunaan energi untuk ketiga variasi kecepatan udara mengalami peningkatan dari pukul 11.00 sampai pukul 14.00 dan kembali menurun pada pukul 15.00. Kecepatan udara 1,0 m/s memiliki nilai efisiensi penggunaan energi yang paling besar untuk tiap-tiap jam diikuti oleh kecepatan udara 1,36 m/s dan 0,5 m/s. Sementara untuk data eksperimen, hasil yang serupa juga diperoleh dimana nilai efisiensi penggunaan energi tertinggi adalah kecepatan udara 1,0 m/s dan diikuti oleh 1,36 m/s dan 0,5 m/s.

SIMPULAN

Penelitian tentang efek penambahan plastik ultra violet dengan mekanisme konveksi paksa. Desain rumah pengering kopi dengan cover berupa plastik UV telah dibuat dengan ukuran 5,5 m x 2,9 m x 1,9 m. Dari

hasil penelitian yang telah diperoleh, variasi kecepatan udara pada *exhaust fan* dapat mempengaruhi konsumsi energi spesifik (KES) dan efisiensi penggunaan energi. Dimana hubungan antara konsumsi energi spesifik (KES) dan efisiensi penggunaan energi adalah saling berbanding terbalik sehingga ketika terjadi peningkatan konsumsi energi spesifik maka efisiensi penggunaan energi akan mengalami penurunan begitu juga sebaliknya. Efisiensi pengeringan yang dicapai pada pengujian di pukul 14.00 dengan kecepatan udara 1,0 m/s cenderung lebih besar dari pada pengujian dengan kecepatan 1,36 m/s dan 0,5 m/s di pukul 11.00, 12.00, 13.00 dan 15.00 dengan nilai efisiensi tertinggi 19,448 %. Sedangkan untuk nilai konsumsi energi spesifik (KES) tertinggi pada pengujian di pukul 12.00 dengan kecepatan udara 0,5 m/s adalah 93824,19 kJ/kg.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. <https://m.bisnis.com/papua/read/20171011/250/697883/komoditas-unggulan-daerah-kopi-bajawa-nasibmu-kini>.
- [2]. Haryadi, 2011, Teknologi Modifikasi Tepung Kasava, *AGRITECH*, Vol. 31 (2): 86 – 92.
- [3]. Prasojo D, 2009, Efisiensi Proses Pengeringan Tapioka di PT. Umas Jaya Agrotama, Terbanggi Besar, Lampung Tengah, *Skripsi Fateta IPB. Bogor*.
- [4]. Sri Mulato, <https://www.cctcid.com/2020/04/14/rancangan-rumah-kaca-greenhouse-untuk-pengeringan-kopi/>, akses tanggal 25 Desember 2020.
- [5]. Mulato S, Atmawinata O, Handaka Y, dan Meuhlbaeur W., 1998, The Solar Building on Smallholders Cocoa Processing Unit. Bogor, *Workshop on Industrial Dryng*.
- [6]. Wijayanti, F., & Hariani, S., 2019, Pengaruh Pengeringan Biji Kopi dengan Metode Rumah Kaca dan Penyinaran Sinar Matahari Terhadap Kadar Air Biji Kopi Robusta (Coffea Robusta), *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, Vol. 2, No. 1.
- [7]. Sary, R., 2016, Kaji Eksperimental Pengeringan Biji Kopi Dengan Menggunakan Sistem Konveksi Paksa, *Jurnal Polimesin*, Vol. 14 (2): 13-18.
- [8]. Sholahudin., Nelwan, L.O., Angkat, A.R., 2016, Simulasi Rancangan Mesin Pengereng Efek Rumah Kaca Tipe Terowongan Untuk Pengeringan Komoditi Hasil Pertanian, *Seminar Nasional II Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Universitas Tanjungpura*, Hal. 61-68.
- [9]. Sari Farah Dina, Siti Masriani Rambe, Azwardi, Edwin Harianto Sipahutar, 2018, Rancang Bangun Dan Ujicoba Pengereng Surya Tipe Kolektor Tabung Vakum (Evacuated Tube Collector), *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, Vol. 29 (1): 74-83.
- [10]. Suhendra, Feby Nopriandy, 2017, Rancang Bangun dan Uji Kinerja Pengereng Tipe Efek Rumah Kaca Dengan Saluran Pengarah Udara Panas, *Rona Teknik Pertanian*, Vol. 10 (2): 45-55.
- [11]. Endri, Y dan Suryadi, F., 2013, Karakteristik Pengeringan Biji Kopi Berdasarkan Variasi Kecepatan Aliran Udara Pada Solar Dryer, *Jurnal Teknik*, Vol. 20 (1): 17–22.
- [12]. Agriana, D. 2006, Kinerja Lapang Alat Pengereng Surya Hibrid Tipe Efek Rumah Kaca Untuk Pengeringan Dendeng Jantung Pisang, *Departemen Teknik Pertanian. IPB. Bogor*.
- [13]. Adelaja . A. O and Babatope. B. I. 2013, Analysis And Testing Of A Natural Convection Solar Dryer For The Tropics, *Journal of Energy*.
- [14]. Tahir. Muh Dan Amiruddin. 2013, Desain Dan Uji Sistem Pengeringan Serta Karakterisasi Pengeringan Komoditas Unggulan Daerah Gorontalo. *Laporan penelitian Hibah Pekerti universitas negeri Gorontalo*.
- [15]. Larasati Dewi. 2009, Uji Performansi Pengereng Efek Rumah Kaca (Erk)-

ybrid Tipe Rak Berputar Secara Vertikal Untuk Pengeringan Rosela (*Hibiscus abdariffa L*), *Skripsi Institut Pertanian Bogor*

Daftar Notasi

Notasi (Satuan)

Gr = Grashof Number

C_p = Panas jenis udara (kJ/kg°C)

ν = Viskositas kinematik (m²/s)

μ = Viskositas dinamik (kg/m.s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

T_r = Temperatur ruangan (°C)

T_l = Temperatur lingkungan (°C)

L = Panjang rumah pengering (m)

k = Konduktivitas termal (W/m°C)

β = Koefisien ekspansi termal (°C⁻¹)

Nu = Bilangan Nusselt

Pr = Bilangan Prandtl

Ra_L = Bilangan Reynold

$\sum R_h$ = Total hambatan perpindahan panas (°C/W)

ρ = Massa jenis udara (kg/m³)

h = Koefisien perpindahan panas (W/m².°C)

Q_h = Panas yang keluar dari ruangan ke arah horizontal (kJ)

Q_v = Panas yang keluar dari ruangan ke arah vertikal (kJ)

$Q_{rad,Out}$ = Perpindahan panas radiasi keluar (kJ)

Q_{loss} = Total energi panas yang dilepaskan (kJ)

W_i = Kadar air awal (%)

W_t = Kadar air akhir (%)

ΔT = Lama pengeringan (Jam)

Q_{TP} = Energi total pengeringan (kJ)

q_u = Debit udara (m/s)

v_u = Volume spesifik udara (m³/kg)

h_3 = Entalpi akhir (kJ/kg)

h_1 = Entalpi awal (kJ/kg)

t = Lama pengeringan (Jam)

Q_{TS} = Energi total sistem (kJ)

Q_s = Energi surya (kJ)

Q_L = Energi Listrik (kJ)

I_h = Total Iradisi surya harian (W/m²)

A_p = Luas permukaan pengering m²)

α = Absorsivitas dinding

σ = Transmisivitas

V = Tegangan terpakai (Volt)

i = Arus rata-rata nominal (amp)

Q_{ud} = Panas yang diterima udara pengering (kJ)

C_{pu} = Panas jenis udara (kJ/kg°C)

Q_{SP} = Panas untuk menaikkan suhu bahan (kJ)

m_{oj} = Massa awal bahan (kg)

C_{pj} = Panas jenis bahan (kJ/kg°C)

T_j = Suhu bahan (°C)

Q_{uap} = Panas untuk menguapkan air bahan (kJ)

m_{uap} = Massa air yang diuapkan (kg)

H_{fg} = Panas laten penguapan produk (kJ/kg)

η_t = Efisiensi rumah pengering (%)

KES = Konsumsi energi spesifik (kJ/kg)