

Rancang ulang alat pengering kakao tipe *drawer dryer* pada usaha mandiri Kakao Desa Wiyono Kabupaten Pesawaran

A. Yudi Eka Risano^{1*}, Novri Tanti², Andreas Paska W.³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
Jln. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Gedung H FT Lt. 2 Bandar Lampung
Telp. (0721) 3555519, Fax. (0721) 704947
^{*}Corresponding author: yudi_95@yahoo.com

Abstract

Cocoa is a commodity that has a high economic value. According to the 2013 FAO, Indonesia ranks third as the largest cocoa producing country in the world and accounts for 17% of world cocoa production with an area of 1,774,303.97 ha of plantations. In Lampung province, many cocoa farmers process their own garden products into dry cocoa using conventional processes and the results are judged to be less efficient so that the quality of the dried cocoa beans produced is not good. In the conventional drying process requires firewood up to 1 cubic, drying time is 10 hours, and cocoa must be stirred every 30 minutes. This study aims to redesign conventional cocoa dryers in one of Wiyono village's independent businesses to be better in terms of heat distribution, fuel consumption, and drying time. In this research, MATLAB computation and simulation software are used to simplify the design process. The design that was carried out only modified the existing dryer without changing the total dryer system by adding a heating pipe into the drying chamber to produce better quality cocoa. From the results of simulations that have been carried out on the longitudinal axis alignment pipe design, the results of heat distribution are more evenly distributed than that of the widest axis directional pipeline arrangement. With the design of the longitudinal axis arrangement of the pipe, an estimated drying time of 7.9 hours is obtained, fuel consumption is between 0.15-0.28 m³ firewood, and there is no need for stirring during the drying process.

Keywords: Cocoa, redesign, dryer, MATLAB.

Abstrak

Kakao merupakan komoditas yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi. Menurut FAO 2013, Indonesia menempati urutan ketiga sebagai negara penghasil kakao terbesar di dunia dan menyumbang produksi kakao dunia sebesar 17% dengan luas area perkebunan 1.774.303,97 ha. Di daerah Lampung banyak petani kakao yang mengolah hasil kebunnya sendiri menjadi kakao kering menggunakan proses konvensional dan hasilnya dinilai kurang efisien sehingga mutu biji kakao kering yang dihasilkan kurang baik. Pada proses pengeringan konvensional membutuhkan kayu bakar hingga 1 meter³, waktu pengeringan selama 10 jam, dan kakao harus diaduk setiap 30 menit. Penelitian ini bertujuan untuk merancang ulang alat pengering kakao konvensional pada salah satu milik usaha mandiri desa wiyono menjadi lebih baik dalam segi sebaran panas, konsumsi bahan bakar, dan waktu pengeringan. Dalam penelitian ini digunakan *software* simulasi dan komputasi MATLAB untuk mempermudah proses perancangan. Perancangan yang dilakukan hanya memodifikasi alat pengering yang sudah ada tanpa merubah total sistem alat pengering tersebut dengan menambahkan pipa pemanas masuk ke dalam ruang pengering untuk menghasilkan kakao yang bermutu lebih baik. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan pada desain susunan pipa searah sumbu memanjang didapatkan hasil sebaran panas yang lebih merata daripada susunan pipa searah sumbu melebar. Dengan desain susunan pipa searah sumbu memanjang didapatkan

estimasi waktu pengeringan 7,9 jam, konsumsi bahan bakar antara 0,15-0,28 m³ kayu bakar, dan tidak perlu pengadukan selama proses pengeringan.

Kata kunci: Kakao, rancang ulang, pengering, MATLAB.

Pendahuluan

Kakao merupakan salah satu hasil perkebunan di Indonesia. Dengan iklim tropis yang dimiliki, Indonesia berpotensi menghasilkan kakao. Karena tanaman ini dapat berbuah sepanjang tahun. Indonesia menempati urutan ketiga sebagai negara penghasil kakao dengan luas area perkebunan 1.774.303,97 ha dan menyumbang produksi kakao dunia sebesar 17% [4].

Kakao merupakan komoditas yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi. Sebagian besar petani memproduksi hasil kakaonya menjadi kakao kering karena kakao kering memiliki harga yang relatif lebih tinggi dari pada kakao basah. Kakao kering memiliki kadar air 7 % dari total beratnya. proses pengeringan ini dapat memakan waktu cukup lama yaitu hingga 3 hari dengan memanfaatkan sinar matahari dan kurang lebih 10 jam dengan menggunakan alat pengering kakao. Perbedaan waktu yang signifikan ini menjadikan petani memilih mengeringkan kakaonya dengan menggunakan mesin, karena dinilai lebih cepat dan terlindung dari cuaca buruk. Metode pengeringan yang banyak digunakan para petani adalah dengan pengasapan dan pengeringan diatas api.

Proses pengeringan kakao yang ada di Kabupaten Pesawaran, Lampung sudah menggunakan proses pengeringan tersebut, namun prosesnya masih dinilai kurang efisien. Karena penyebaran panas yang terjadi tidak merata dan gas asap pembakaran dialirkan langsung melalui kakao sehingga kualitas kakao menurun. Oleh karena itu dibutuhkan analisis termal dan perancangan alat pengering kakao yang tepat untuk model yang sesuai dari alat pengering kakao itu sendiri agar penyebaran panas alat pengering kakao dapat merata dan memiliki nilai efisiensi

yang tinggi serta menghemat waktu dalam proses pengeringannya tanpa mengurangi kualitas produk kakao.

Untuk meningkatkan ketelitian serta kemudahan dalam proses desain mesin pengering kakao maka penulis akan menganalisis dan merancang mesin pengering kakao dengan menggunakan *software drawing* dan *MATLAB*.

Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Desa Wiyono Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran. Tahap awal dari penelitian ini adalah pengumpulan data-data di lapangan dan literature beserta kendala utama yang dialami petani setempat. Setelah data-data terkumpul, maka ditentukan beberapa desain alat pengering kakao yang dianggap lebih efisien tanpa merubah total sistem yang sudah ada. Lalu menganalisa dan mengestimasi energi, waktu pengeringan, dan kebutuhan bahan bakar

Hasil dan Pembahasan

1. Data Hasil Pengamatan

Setelah dilakukan pengamatan pada usaha mandiri kakao di Desa Wiyono Kabupaten Pesawaran didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengamatan Lapangan

Unit	Keterangan
Kadar Air Kakao	55%
Panjang Alat	240 cm
Lebar Alat	120 cm
Tinggi Alat	75 cm
Waktu pengeringan	± 10 Jam
Kayu Bakar yang Digunakan	1 meter ³
Temperatur Rata –rata Pengeringan	114.64 °C

Selain data diatas juga didapatkan kendala utama pada proses pengeringan kakao, yaitu:

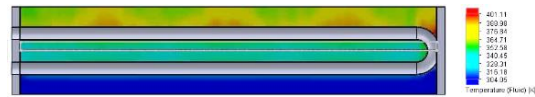
- 1) Kualitas mutu kakao yang dihasilkan kurang baik
- 2) Sebaran panas yang tidak merata pada alat pengering
- 3) Proses pengeringan yang memakan waktu lama.

2. Pemilihan Desain

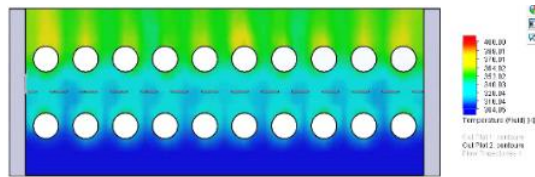
Kurangnya mutu kakao hasil pengeringan dengan alat konvensional dikarenakan kakao berbau asap. Hal ini terjadi karena pada saat proses pengeringan kakao dengan menggunakan alat pengering konvensional yang ada, gas hasil pembakaran kayu bakar dialirkan langsung ke dalam ruang pengering sehingga terjadi kontak langsung antara kakao dan asap dari pembakaran kayu bakar. Kendala lain yang terjadi adalah tidak meratanya sebaran panas pada alat pengering konvensional yang ada, hal ini terjadi karena udara panas yang dihembuskan oleh kipas tidak sampai ke ujung ruang pengering, dan panas yang dialirkan sebagian besar terdistribusi hanya di tengah dan di sisi dekat ruang bakar alat pengering. Dan hal ini pula yang menjadi salah satu faktor lamanya durasi pengeringan kakao, karena setiap 15-30 menit harus dilakukan pengadukan.

Setelah menimbang beberapa desain maka penulis menentukan desain yang dianggap sesuai dengan alat pengering kakao di unit usaha mandiri kakao di Desa Wiyono Kabupaten Pesawaran adalah dengan membuat udara panas hasil pembakaran kayu bakar tidak langsung dialirkan ke dalam ruang pengering dan kontak langsung dengan kakao, melainkan ditampung oleh pipa besar yang kemudian dialirkan melalui pipa-pipa yang melewati ruang pengering di bawah rak pengering dan atas pengering. Untuk susunan pipa dalam ruang pengering dapat disusun searah sisi lebar ruang pengering atau pipa disusun searah sisi panjang ruang pengering. Untuk mengetahui desain terbaik diantara keduanya perlu dilakukan

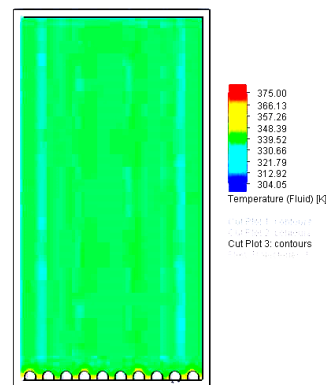
simulasi panas, dalam hal ini penulis melakukan simulasi menggunakan *software drawing*. Simulasi penyebaran panas akan dilakukan secara 3 dimensi yaitu dalam sumbu x , y , dan z . sehingga hasil yang akan dianalisa adalah penyebaran panas hasil simulasi tegak lurus terhadap sumbu x , y dan z .



Gambar 1. Hasil simulasi susunan pipa searah sisi panjang tegak lurus sumbu x



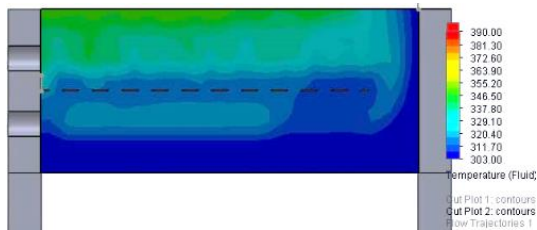
Gambar 2. Hasil simulasi susunan pipa searah sisi panjang tegak lurus sumbu y



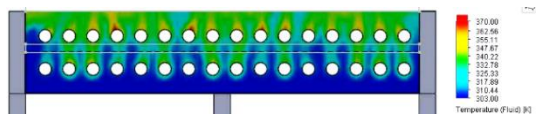
Gambar 3. Hasil simulasi susunan pipa searah sisi panjang tegak lurus sumbu z

Pada Gambar 1 terlihat sebaran panas dalam ruang pengering dengan pipa disusun searah sisi panjang. Temperatur terendah berada di sekitar 304 K yang mana ditunjukkan oleh bagian berwarna biru gelap. Temperatur tertinggi berada pada sekitar 389 K yang mana ditunjukkan oleh bagian berwarna oranye tepatnya diatas pipa bagian atas. Sedangkan temperatur pada arak pengering berada sekitar 340 K yang ditunjukkan oleh warna hijau. Gambar 2 menunjukkan temperatur terendah berada di sekitar 304 K yang mana ditunjukkan oleh bagian berwarna biru gelap. Temperatur tertinggi berada pada sekitar 376 K yang mana ditunjukkan oleh bagian berwarna kuning-oranye tepatnya diatas pipa bagian atas. Sedangkan temperatur pada rak

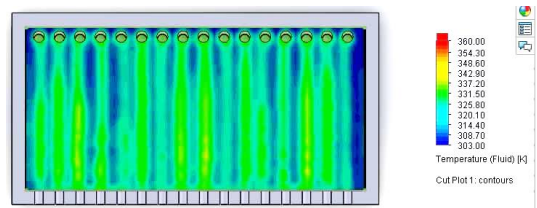
pengering berada sekitar 340 K yang ditunjukkan oleh warna hijau. Gambar 3 menunjukkan sebaran panas diatas rak pengering dengan rancangan pipa disusun searah sisi panjang. Temperatur tertinggi berada pada sekitar 357 K yang mana ditunjukkan oleh bagian berwarna kuning tepatnya pada bagian sekitar dinding pipa belokan. Sedangkan temperatur diatas rak pengering berada sekitar 340 K yang ditunjukkan oleh warna hijau.



Gambar 4. Hasil simulasi susunan pipa searah sisi lebar tegak lurus sumbu x



Gambar 5. Hasil simulasi susunan pipa searah sisi lebar tegak lurus sumbu y



Gambar 6. Hasil simulasi susunan pipa searah sisi lebar tegak lurus sumbu z

Pada Gambar 4 temperatur terendah berada pada 303K yang mana ditunjukkan oleh daerah yang berwarna biru gelap. Temperatur tertinggi berada pada sekitar 355 K yang ditunjukkan oleh bagian berwarna hijau. Temperatur pada arak pengering berada di sekitar 338 K. Pada Gambar 5 temperatur terendah berada pada 303 K yang ditunjukkan oleh daerah yang berwarna biru gelap. Temperatur tertinggi berada pada sekitar 360 K yang mana ditunjukkan oleh bagian berwarna hijau. Temperatur pada rak pengering berada di sekitar 340 K. Pada Gambar 6 temperatur tertinggi berada pada sekitar 337 K yang mana ditunjukkan oleh bagian berwarna hijau. Temperatur terendah berada pada

313K yang mana ditunjukkan oleh daerah yang berwarna biru.

Jika hasil simulasi kedua rancangan di atas dibandingkan maka rancangan dengan susunan pipa searah sisi memanjang lebih baik daripada rancangan dengan susunan pipa searah sisi lebar. Hal ini ditunjukkan dari hasil sebaran panas yang lebih merata, terutama pada sebaran panas diatas rak pengering. Sesuai dengan kriteria rancangan yang sudah ditetapkan maka penulis memilih rancangan alat pengering dengan susunan pipa searah sisi panjang sebagai pilihan terbaik.

Semua hasil simulasi di atas dimaksudkan untuk mengetahui sebaran panas dalam ruang pengering dari kedua rancangan. Untuk besarnya perpindahan panas yang terjadi di dalam ruang pengering perlu dilakukan perhitungan lebih lanjut dikarenakan masih ada beberapa parameter yang dapat diubah-ubah untuk mencapai kondisi yang diinginkan.

3. Perhitungan Kebutuhan Panas Untuk Pengeringan Kakao

Perhitungan kebutuhan panas untuk mengetahui seberapa besar panas yang dibutuhkan untuk mengurangi kadar air kakao dari 55% menjadi 7%. Kebutuhan kalor untuk proses pengeringan adalah hasil jumlah antara kebutuhan kalor pemanasan kakao dan air dalam kakao serta kebutuhan kalor untuk menguapkan air dalam kakao. Alat pengering kakao didesain untuk kapasitas 100 kg untuk sekali proses pengeringan.

Total berat air dalam kakao

$$\begin{aligned} W_i &= W_{kb} \cdot K_i \\ &= 100 \text{ Kg} \cdot 55\% \\ &= 55 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Berat kakao dengan kadar air 0%,

$$\begin{aligned} W_{ko} &= W_{kb} - W_i \\ &= 100 \text{ kg} - 55 \text{ kg} \\ &= 45 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sehingga total berat kakao kering dengan kadar air 7%,

$$K_f = \frac{W_{kk} - W_{ko}}{W_{kk}} 100\%$$

$$K_f = 1 - \frac{W_{ko}}{W_{kk}} 100\%$$

$$0.07 = 1 - \frac{W_{ko}}{W_{kk}}$$

$$1 - 0.07 = \frac{45}{W_{kk}}$$

$$0.93 = \frac{45}{W_{kk}}$$

$$W_{kk} = \frac{45}{0.93}$$

$$W_{kk} = 48,38 \text{ Kg}$$

Jadi berat air yang perlu diuapkan adalah sebesar:

$$W_r = W_i - W_{kk}$$

$$W_r = 100 \text{ Kg} - 48,38 \text{ Kg}$$

$$W_r = 51,62 \text{ Kg}$$

Dalam proses pengeringan tentunya dibutuhkan energi, dimana energi panas digunakan untuk memanaskan air dalam kakao, menguapkan air dalam kakao, dan memanaskan kakao itu sendiri.

Energi yang diperlukan untuk pemanasan kakao

$$\begin{aligned} Q_h &= W_{ko} \cdot cp.Kakao \cdot \Delta T \\ &= 45 \text{ kg} \cdot 0,539 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \cdot 40^\circ\text{C} \\ &= 970,2 \text{ kcal} \\ &= 4062,03 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Kebutuhan energi pemanasan air

$$\begin{aligned} Q_w &= W_i \cdot cp.Air \cdot \Delta T \\ &= 55 \text{ kg} \cdot 4,1855 \text{ J/g}^\circ\text{C} \cdot 40^\circ\text{C} \\ &= 9210,96 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Energi untuk penguapan air

$$\begin{aligned} Q_l &= W_r \cdot h_{fg} \\ &= 51,62 \text{ kg} \cdot 2345,4 \text{ kJ/kg} \\ &= 121069,548 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Sehingga total energi panas yang dibutuhkan untuk pengeringan kakao

$$\begin{aligned} Q_d &= Q_h + Q_w + Q_l \\ &= 4062,03 \text{ kJ} + 9210,96 \text{ kJ} + \\ &\quad 121069,548 \text{ kJ} \\ &= 134342,538 \text{ kJ} \end{aligned}$$

4. Perhitungan estimasi suplai panas ke dalam alat pengering kakao

Menurut departemen perindustrian, proses pengeringan sebaiknya dilakukan pada temperatur 55-65°C [2]. Oleh karena itu alat pengering kakao akan didesain bekerja pada temperatur 65°C. Panas berasal dari pembakaran kayu dalam tungku, lalu gas hasil pembakaran dialirkan melalui pipa-pipa yang masuk ke ruang

pengering. Di dalam ruang pengering terjadi perpindahan panas secara konveksi alami dari pipa horizontal ke udara dalam ruang pengering. Dalam perhitungan ini akan diasumsikan bahwa:

- 1) Perpindahan panas yang terjadi dalam kondisi *steady*
- 2) Temperatur dinding pipa seragam
- 3) Permukaan dinding pipa halus
- 4) Temperaatur gas hasil pembakaran tungku 200°C
- 5) Kecepatan aliran gas 5 m/s
- 6) Pipa yang digunakan berbahan baja dengan $k = 54 \text{ W/mK}$, memiliki diameter dalam 2.9 in dan diameter luar sebesar 3,5 in, seta memiliki jari-jari kelengkungan 100 mm pada belokan.

Untuk mengetahui laju perpindahan panas ke dalam ruang pengering perlu diketahui dahulu koefisien perpindahan panas konveksi dari gas ke dinding pipa bagian dalam (h_1), lalu mencari koefisien perpindahan panas konveksi dari dinding pipa luar ke udara dalam ruang pengering (h_2).

Dari tabel properti udara pada temperatur 200°C didapatkan:

ρ	= 0.74719	kg/m ³
C_p	= 1.024748	kJ/kg.C
μ	= 2.5962E-05	kg/m.s
ν	= 3.5334E-05	m ² /s
K	= 0.038864	W/m.C
Pr	= 0.68462	

Dengan begitu nilai reynold dapat dicari

$$\begin{aligned} Re_d &= \frac{u \cdot d_h}{\nu} \\ &= \frac{5 \cdot (2,9 \times 0,0254)}{3,5334E-05} \\ &= 10423,3882 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Nu_d &= 0,023 Re_d^{0,8} Pr^{0,4} \\ &= 0,023 \cdot (10423,3882)^{0,8} \cdot \\ &\quad (0,68462)^{0,4} \\ &= 32,3828 \end{aligned}$$

Karena adanya belokan 180° pada pipa, dalam penelitian Batterhan menyatakan adanya peningkatan perpindahan panas pada belokan maupun pipa pipa lurusnya bergantung pada *Reynolds number* (10000-100000) dan

radius ratio. Pengaruh belokan menurun seiring dengan meningkatnya Reynolds number (Re), dan secara signifikan meningkat kemudian turun dengan meningkatnya radius ratio (R/r) [1].

$$R/r = \frac{100}{0.07366/2} = 2.624$$

Dengan $Re = 10782.81542$, maka didapatkan

$$\begin{aligned} \text{Bend effect} &= 2.260 \times Re^{-0.040} - 0.57 \times 10^{-2} \times (R/r) \\ &= 2.260 \times (11969.4962)^{-0.040} - 0.57 \times 10^{-2} \times (2.624) \\ &= 1.5454 \end{aligned}$$

Maka, nilai Nu_d meningkat menjadi $1.5454 \times 32.3828 = 50.077$

$$Nu_d = \frac{h_1 D}{k}$$

$$h_1 = 26.4053 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Untuk mencari koefisien perpindahan panas konveksi dari dinding pipa luar ke udara dalam ruang pengering (h_2) digunakan rumus yang telah disederhanakan:

$$\begin{aligned} h_2 &= 1,32 \left(\frac{\Delta T}{d} \right)^{\frac{1}{4}} \\ &= 1,32 \left(\frac{T_{w2} - T_d}{d} \right)^{\frac{1}{4}} \end{aligned}$$

Sementara,

$$Q = \left(\frac{\Delta T}{R} \right)$$

Dan,

$$R = \frac{1}{h_1 A} \quad (\text{untuk konveksi})$$

$$R = \frac{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{2\pi k} \quad (\text{untuk konduksi radial})$$

Untuk perpindahan panas yang terjadi dapat diasumsikan sebagai perpindahan panas satu dimensi. Mula - mula udara panas masuk ke dalam pipa, lalu terjadi perpindahan panas secara konveksi paksa dari udara panas ke dinding dalam pipa, selanjutnya terjadi konduksi dari dinding dalam pipa ke dinding luar pipa, setelah itu terjadi perpindahan panas secara konveksi alami dari dinding luar pipa ke udara dalam ruang pengering.

$$\begin{aligned} R_{iw1} &= \frac{1}{h_1 A_1} \\ &= \frac{1}{26.4053 \times 1.1108} \\ &= 0.03408 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{w1w2} &= \frac{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{2\pi k} \quad ,k \text{ steel} = 54 \text{ W/m.C} \\ &= \frac{\ln(3.5/2.9)}{2\pi (54)} \\ &= 0.0005425 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{w2d} &= \frac{1}{h_2 A_2} \\ &= \frac{1}{1,32 \left(\frac{T_{w2} - T_d}{d} \right)^{\frac{1}{4}} \times 1.3406} \\ &= \frac{1}{1.76959 \left(\frac{T_{w2} - T_d}{3.5 \times 0.0254} \right)^{\frac{1}{4}}} \\ &= \frac{0.3086}{(T_{w2} - T_d)^{\frac{1}{4}}} \end{aligned}$$

Dengan persamaan kesetimbangan energi didapatkan rumus:

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_2 = Q_3 \\ \left(\frac{T_i - T_{w1}}{R_{iw1}} \right) &= \left(\frac{T_{w1} - T_{w2}}{R_{w1w2}} \right) = \left(\frac{T_{w2} - T_d}{R_{w2d}} \right) \\ \left(\frac{T_i - T_{w1}}{0.0341} \right) &= \left(\frac{T_{w1} - T_{w2}}{0.0005425} \right) = \left(\frac{T_{w2} - T_d}{\frac{0.3086}{(T_{w2} - T_d)^{\frac{1}{4}}}} \right) \end{aligned}$$

Dengan melakukan iterasi maka didapatkan:

$$T_{w2} = 166.9146 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{w1} = 167.4963 \text{ }^\circ\text{C}$$

Maka:

$$\begin{aligned} h_2 &= 1,32 \left(\frac{166.9146 - 65}{3.5 \times 0.0254} \right)^{\frac{1}{4}} \\ &= 7.6808 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \end{aligned}$$

Laju aliran panas yang masuk ke dalam ruang pengering

$$\begin{aligned} Q &= h_2 \cdot A_2 \cdot \Delta T \cdot 10 \\ &= 7.6808 \times 1.34112 \times (166.9146 - 65) \times 10 \\ &= 10498.085 \text{ W} \end{aligned}$$

5. Perhitungan Estimasi Waktu Pengeringan Kakao

Estimasi waktu pengeringan dapat diperoleh dari kebutuhan kalor untuk pengeringan dibagi dengan laju aliran panas yang disuplai ke dalam ruang

pengering. Namun tidak seluruh energi yang disuplai ke ruang pengering terpakai, Setiap pengering memiliki efisiensi berbeda-beda. Menurut Djaeni, proses pengeringan menggunakan mesin-mesin pengering saat ini efisiensinya berkisar antara 30% - 60% [3]. Jika diasumsikan alat pengering ini memiliki efisiensi 45%, maka:

$$t = \frac{Q_d}{\eta q}$$

$$t = \frac{134342538}{10498.085 \times 45\%}$$

$$t = 28437.4425 \text{ s} = 7.899 \text{ Jam}$$

6. Perhitungan Estimasi Kebutuhan Bahan Bakar

Kebutuhan bahan bakar diperoleh dari total panas yang harus disuplai dibagi dengan nilai kalor bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan adalah kayu bakar dengan LHV sebesar 17 MJ/kg. Namun menurut Yunianto tungku tradisional dengan dinding berbahan beton memiliki efisiensi terendah sebesar 16% [6]. Jadi total bahan bakar yang dibutuhkan adalah:

$$m_{bb} = \frac{t \cdot q}{LHV \cdot \eta_t}$$

$$m_{bb} = \frac{28437.4425 \cdot 10498.085}{17000000 \cdot 16\%}$$

$$m_{bb} = 109.756 \text{ kg}$$

Menurut ICRAF setiap meter³ kayu memiliki berat antara 390 – 720 kg [5], maka bahan bakar yang dibutuhkan adalah sekitar 0.15 - 0.28 meter³ kayu bakar.

7. Program MATLAB

Program MATLAB dibuat menggunakan GUI untuk mempermudah pengubahan variabel-variabel dalam pendesainan.



Gambar 7. Tampilan GUI program MATLAB yang telah dibuat

Program MATLAB yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 7. Program MATLAB ini dapat dijalankan oleh pengguna lain di semua komputer yang telah terinstal aplikasi MATLAB. Namun untuk komputer yang belum terinstal MATLAB cukup dengan menginstal *MyAppInstaller.mcr* untuk dapat menjalankan program MATLAB yang telah dibuat.

Untuk mengetahui program berjalan dengan baik atau tidak maka perlu dilakukan pengujian. Program dijalankan dengan memasukan nilai variabel yang sama dari perhitungan manual. Setelah didapatkan hasilnya, nilai yang berbeda terletak pada suplai energi ke dalam ruang bakar (Q), estimasi waktu pengeringan (t), dan konsumsi bahan bakar (m_{bb}). Selisih nilai Q sebesar 1.87 W, nilai t sebesar 0.00344 jam, dan nilai m_{bb} tidak lebih dari 0.00244 kg. Perbedaan nilai ini terjadi karena pembulatan desimal pada perhitungan manual. Nilai-nilai penyimpangan tersebut nilainya sangat kecil, yaitu kurang dari 0.05%, maka dari itu nilai penyimpangan diatas masih dapat ditoleransi dan program dapat diaplikasikan untuk perhitungan lainnya.

Kesimpulan

Desain alat pengering kakao dengan susunan pipa searah sisi panjang menunjukkan hasil penyebaran panas yang lebih merata, karena jarak antara pipa lebih kecil. Desain alat pengering kakao membutuhkan waktu 7,9 jam dan membutuhkan 0,15 – 0,28 meter³ kayu bakar selama proses pengeringan. Program MATLAB yang dibuat memiliki hasil yang baik dengan nilai penyimpangan yang masih dapat ditoleransi yaitu tidak lebih dari 0.05%.

Referensi

[1]. Batterham, John, 1968. *The effect of return bends on the heat transfer from an internal flowing air stream in smooth tubes*. Department of

- Chemical Engineering University of Melbourne.
- [2]. Departemen Perindustrian. 2007. *Gambaran Sekilas Industri Kakao*. Kementerian Perindustrian. Jakarta.
- [3]. Djaeni, M 2018. *Evaluation of Food Drying With Air Dehumidification*. Department of Chemical Engineering, Diponegoro University. Semarang.
- [4]. FAO, 2018. *Food and Agricultural Organization Trade & Market Statistic Data*. United States
- [5]. ICRAF. 2018. *Wood Density Database*.
- [6]. Yuniarto, Bambang. 2014. *Pengembangan Desain Tungku Bahan Bakar Kayu Rendah Polusi Dengan Menggunakan Dinding Beton Semen*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- [7]. Budiyanto, E., Yuono, L. D., & Farindra, A. (2019). Upaya Peningkatan Kualitas dan Kapasitas Produksi Mesin Pengupas Kulit Kopi Kering. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8(1).