

ANALISA ALAT PENERING BIJI KOPI MENGGUNAKAN UDARA PANAS VARIASI 3 LUBANG

Syahputra Brema Barus¹⁾, Abdul Haris Nasution²⁾

^{1,2)}Program Study TeknikMesin, FakultasTeknik UISU

Email : -

Abstrak

Salah satu cara untuk mengolah biji kopi hasil pertanian adalah dengan pengeringan. Dimasa ini bermuculan pengeringan dengan menggunakan alat mekanis/ pengeringan buatan untuk mengatasi kekurangan – kekurangan pengeringan dengan penjemuran dibawah terik sinar matahari. Pada penelitian ini dilakukan pengeringan biji kopi menggunakan alat pengering model oven, dengan memanfaatkan udara panas dari tungku pembakaran.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki berapa jumlah holeter baik terhadap pengeringan biji kopi menggunakan udara panas. Variasi jumlah hole yang digunakan adalah 300, 350, 400 hole.

Sebagai hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa waktu pengeringan selama 2 jam untuk pengeringan biji kopi menggunakan udara panas, kadar air biji kopi yang berkurangadalah37,67%, dariasumsikadar air awal± 60 % dengan efisiensi pengeringan36,68 %. Efisiensi variasi jumlah hole terbaik terjadi pada 400 hole. kadar air akhir biji kopi 38,59%.

Kata Kunci :Analisa Pengereng Biji Kopi Menggunakan Udara Panas

I.Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang penduduknya sebagian besar adalah petani, diantaranya petani kopi. Pada pengolahan pascapanen hasil pertanian yang masih membutuhkan penanganan yang tepat untuk menghasilkan bahan pertanian yang dapat diolah dan disimpan dengan kualitas yang tidak berbeda dibandingkan sesaat setelah panen.

Pengeringan sudah dikenal sejak dulu sebagai salah satu metode pengawetan bahan. Tujuan dasar pengeringan adalah untuk mengurangi kadar air bahan secara termal sampai ke tingkat tertentu, dimana kerusakan akibat mikroba dan reaksi kimia dapat diminimalisasi, sehingga kualitas produk keringnya dapat dipertahankan.

Pengeringan kopi merupakan proses untuk mengurangi kadar air dengan tujuan menghasilkan kopi yang berkualitas. Metode pengeringan kopi ada dua metode yaitu pengeringan alami dan pengeringan buatan. Pengeringan alami dapat dilakukan dengan bergantung pada cuaca dan membutuhkan tenaga manusia pada saat pengeringan. Selain itu proses pengeringan tersebut membutuhkan waktu hampir 2 minggu dan membutuhkan lahan yang luas serta tergantung kondisi alamnya juga. (*mahmudbada, 2010*)

Oleh sebab itu penulis merancang alat pengering dengan menggunakan udara panasyang sangat cocok untuk mengeringkan biji kopi. Dengan menggunakan udara panas, biji kopi akan dikeringkan dengan memanfaatkan aliran udara panas dengan kecepatan tertentu yang dilewatkan menembus bahan sehingga bahan tersebut memiliki sifat seperti fluida. Pada penelitian ini dilakukan pemodelan untuk fluida panas yang digunakan yaitu udara panas pembakaran. Aliran udara panas dalam

ruang pengereng berlangsung secara paksa dengan bantuan blower. Oleh karena itu, distribusi aliran udara panas dirancang melalui setiap rak pengereng.

Jumlah rak pada ruang pengereng sebanyak tiga buah. Setiap rak dipenuhi dengan lubang-lubang kecil, proses pengeringan akan dilakukan secara rotary. Masalah yang sering terjadi pada alat pengereng ini adalah distribusi panas yang tidak efisien yang mempengaruhi lamanya waktu pengeringan, maka perlu diperhatikan model lubang-lubang pada setiap rak, begitu juga dengan jumlah lubang yang efisien untuk mempercepat pengeringan biji kopi dan material bahan yang dapat menghantar panas yang baik dikombinasikan dengan laju aliran massa dengan panas spesifik fluida sehingga menjadi satu kuantitas yang disebut kapasitas panas rata rata.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan permasalahan yang dapat dirumuskan untuk diselesaikan adalah bagaimana melakukan perancangan mesin pengereng dengan mekanisme aliran udara panas, masuk ke lemari pengereng dan proses pengeringan secara masal.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mekanisme kerja mesin pengereng biji kopi.
2. Variasi suhu yang dibutuhkan untuk mengeringkan kopi.
3. Kapasitas kopi yang dikeringkan
4. Mengetahui jumlah bahan bakar yang dibutuhkan

1.4 Metodologi Penulisan

Penulisan laporan dilaksanakan dengan menggunakan metode studi kasus, yaitu melihat dan mengaplikasikan. Alat-alat sederhana menjadi peralatan modern dengan menggunakan rekayasa

teknologi untuk hasil yang efektif dan efisien. Dari metode studi kasus tersebut penulis menggunakan metode:

1. Mengumpulkan dan mempelajari bahan tentang metode dan alat yang digunakan selama penelitian.
2. Melakukan studi kepustakaan (literatur) melalui buku-buku atau informasi yang berhubungan dengan Tugas Akhir.
3. Melakukan percobaan, pengambilan data dan pengujian alat setelah dimodifikasi.
4. Melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Prinsip Pengeringan

Pengeringan adalah terjadinya penguapan air ke udara karena perbedaan kandungan uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan. Dalam hal ini kandungan uap air udara lebih sedikit atau udara mempunyai kelembaban nisbi yang rendah sehingga terjadi penguapan (*Adawyah, 2014*).

Kemampuan udara membawa uap air bertambah besar jika perbedaan antara kelembaban nisbi udara pengering dengan udara sekitar bahan semakin besar. Salah satu faktor yang mempercepat proses pengeringan adalah kecepatan angin atau udara yang mengalir. Udara yang tidak mengalir menyebabkan kandungan uap air disekitar bahan yang dikeringkan semakin jenuh sehingga pengeringan semakin lambat. Kelembaban udara berpengaruh terhadap proses pemindahan uap air. Apabila kelembaban udara tinggi, maka perbedaan tekanan uap di dalam dan di luar menjadi kecil sehingga menghambat pemindahan uap air dalam bahan ke luar. Kemampuan bahan untuk melepaskan air dari permukaan akan semakin besar dengan meningkatnya suhu udara pengering yang digunakan. Peningkatan suhu juga menyebabkan kecilnya jumlah panas yang dibutuhkan untuk menguapkan air bahan (*Adawyah, 2014*).

Menurut *Rohman (2008)*, pengeringan merupakan proses penghilangan sejumlah air dari material. Dalam pengeringan, air dihilangkan dengan prinsipperbedaan kelembaban antara udara pengering dengan bahan makanan yang dikeringkan. Material biasanya dikontakkan dengan udara kering yang kemudian terjadi perpindahan massa air dari material ke udara pengering.

Tujuan pengeringan untuk mengurangi kadar air bahan sampai batas perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau bahkan terhenti sama sekali. Dengan demikian, bahan yang dikeringkan mempunyai waktu simpan lebih lama (*Adawyah, 2014*).

Menurut *Momo (2008)*, terdapat 2 faktor utama yang mempengaruhi pengeringan, yaitu:

1. Faktor yang berhubungan dengan udara pengering, di antaranya:
 - a. Suhu.
Semakin tinggi suhu udara maka pengeringan akan semakin cepat
 - b. Kecepatan aliran udara.
Semakin cepat udara maka pengeringan akan semakin cepat
 - c. Kelembaban udara.
Semakin lembab udara, proses pengeringan akan semakin lambat
 - d. Arah aliran udara.
Semakin kecil sudut arah udara terhadap posisi bahan, maka bahan semakin cepat kering.
2. Faktor yang berhubungan dengan sifat bahan, diantaranya:
 - a. Ukuran bahan.
Semakin kecil ukuran bahan, pengeringan akan makin cepat
 - b. Kadar air.
Semakin sedikit air yang dikandung, pengeringan akan semakin cepat.

2.2 Jenis – Jenis Alat Pengering Rotary Drum Dryer

Pengering ini digunakan untuk mengeringkan zat-zat berbentuk cairan, misalnya susu atau air buah. Alatnya terdiri dari pipa silinder yang besar, adayang hanya satu ada yang dua, bagian dalamnya berfungsi menampung dan mengalirkan uappanas.

Pengeringan dengan drum secara luas digunakan dalam pengeringan komersial diindustri pangan untuk berbagai jenis produk makanan berpati, makanan bayi, maltodekstrin, suspensi dan pasta dengan viskositas tinggi (heavy pastes), dan dikenal sebagai metode pengeringan yang paling hemat energi untuk jenis produk tersebut. Karena terpapar pada suhu tinggi hanya dalam beberapa detik, drum drying sangat cocok untuk kebanyakan produk yang sensitif terhadap panas. Dan drum dryer dalam pembuatan bubuk melibatkan system kominusi. Dalam operasional pengeringan, cairan, bubur, atau materi yang dihaluskan diletakan sebagai lapisan tipis pada permukaan luar drum berputar yang dipanaskan oleh uap. Setelah sekitar tiga perempat dari titik putaran, produk sudah kering dan dipindahkan dengan pisau statis. Produk kering kemudian ditumbuk menjadi serpih atau bubuk. Pengeringan drum adalah salah satu metode pengeringan yang paling hemat energi dan khususnya efektif untuk mengeringkan cairan dengan viskositas tinggi atau bubur makanan.

Perbedaan penggunaan drum dryer jika dibandingkan dengan oven dalam pengolahan pangan yang mengandung pati adalah tidak merusak bahan karena suhuyang digunakan berkisar antara 80°C dalam waktu yang cepat, yaitu: hanya sekaliputaran drum. sedangkan penggunaan oven

dalam pengeringan dapat merusak bahan karena suhu yang digunakan tinggi dalam waktu yang relatif lama.

Bagian drum berfungsi sebagai suatu evaporator. Beberapa variasi dari jenis drum tunggal adalah dua drum yang berputar dengan umpan masuk dari atas atau bagian bawah kedua drum tersebut. Terdiri dari gulungan logam panas yang berputar. Pada bagian luar terjadi penguapan lapisan tipis zat cair atau lumpur untuk dikeringkan. Padatan kering dikeluarkan dari gulungan yang putarannya lebih diperlambat.

Drum dryer memiliki mekanisme kerja yaitu: cairan yang akan dikeringkan disiramkan pada silinder pengering tersebut dan akan keluar secara teratur dan selanjutnya menempel pada permukaan luar silinder yang panas sehingga mengering, dan karena silinder tersebut berputar dan dibagian atas terdapat pisau pengerik (skraper) maka tepung-tepung yang menempel akan terkerik dan berjatuh masuk ke dalam penampung, sehingga didapat tepung sari hasil tanaman yang kering dan memuaskan (Ahmad, 2010).

Pengering drum diklasifikasikan menjadi 3, yaitu single drum dryer, double drum dryer, dan twin drum dryer. Double drum dryer memiliki dua drum yang berputar terhadap satu sama lain pada bagian atas. Gap antara dua drum akan mengontrol ketebalan lapisan bahan yang diletakkan pada permukaan drum. Twin drum dryer juga memiliki dua drum, tetapi berputar berlawanan satu sama lain pada bagian atas.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Selanjutnya pada akhir penelitian membuat kolerasi dengan hasil penelitian sebelumnya.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan pengukuran langsung meliputi pengukuran suhu dan kelembaban pada biji kopi.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengumpulan data sebagai berikut:

1. Menentukan lokasi untuk pengukuran dan merekam variasi temperatur yang didapat dari titik-titik pengukuran.
2. Menentukan berapa kilogram penggunaan cangkang kelapa sawit untuk membuang kadar air dalam biji kopi dan berapa banyak kadar air biji kopi yang terbang.
3. Menghitung berapa panas yang dibutuhkan untuk mengurangi kadar air biji kopi.

3.3 Metode Eksperimen

1. Persiapan

Sebelum melakukan penelitian ini terlebih dahulu melakukan persiapan. Persiapan-persiapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan study pustaka untuk merencanakan apa yang akan diteliti
 - b. Menyediakan alat-alat ukur bahan dan perlengkapannya dengan melakukan survey bahan-bahan yang diperlukan di lapangan.
2. Melakukan pengujian terhadap biji kopi dengan memperkirakan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengurangi kadar air pada biji kopi demi mendapatkan hasil yang efektif.
 - a. Melihat perubahan yang terjadi pada biji kopi dengan lama waktu yang digunakan pada proses pengeringan.
 - b. Banyaknya biji kopi sangat mempengaruhi hasil dari eksperimen karena semakin banyak biji kopi yang dikeringkan, maka akan semakin lama pula waktu yang dibutuhkan dalam proses pengurangan kadar air pada biji kopi

3.4 Variabel Yang Diamati

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan tiga macam percobaan, yaitu lamanya waktu, temperatur, dan efisiensi. Dari ketiga hal tersebut menghasilkan pengurangan kadar air pada biji kopi. Karakteristik dari alat ini menggambarkan jalannya lintasan udara panas dari tungku pembakaran melewati pipa.

Adapun variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah :

1. Mengurangi kadar air pada biji kopi.
2. Mengetahui pengaruh udara panas setelah dilakukan pengeringan dari hasil pembakaran.
3. Meneliti variasi lubang pada rak pengering

3.5 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian termasuk diantaranya persiapan awal, penempatan dan perakitan alat uji sesuai gambar rancangan proses kalibrasi dan pengambilan data. Urutan prosedur dalam pelaksanaan pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Tungku pembakaran, sebagai sumber panas yang dilakukan untuk mengurangi kadar air pada biji kopi.
2. Screw digunakan untuk mentransfer bahan bakar ketungku pembakaran
3. Menjalankan eksperimen alat uji untuk mengetahui kualitas udara panas yang dihasilkan dari tungku pembakaran untuk mengurangi kadar air pada biji kopi.

3.6 Indikasi Yang Akan Dilakukan

Adapun indikasi yang dilakukan pada pengujian ini dilihat pada alat ukur yang tersedia seperti: Termokopel yang difungsikan untuk mengukur temperatur pada rak pengeringan kopi.

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Hasil Dan Desain Alat Pengering



Gambar 1. Alat Pengering Biji Kopi Menggunakan Udara Panas Yang Digunakan

Pengambilan data dalam pengujian alat pengering biji kopi berbahan bakar cangkang kelapa sawit. dengan bahan bakar 8kg sekali percobaan.

1. Percobaan Pertama 300 Lubang

Menghitung Panas Yang Dibutuhkan Untuk Mengurangi Kadar Air Biji Kopi.

Panas yang dibutuhkan untuk proses pengeringan/ jam dengan bahan bakar dihitung sebagai berikut :

a. Energi panas yang dibutuhkan untuk pengeringan biji kopi (Q), dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Noviansyah, Cikal 2015):

$$Q = Q1+Q2+Q3$$

Dimana :

Q= Jumlah panas yang digunakan untuk pengeringan biji kopi (KJ)

Q1= Jumlah panas yang digunakan untuk memanaskan biji kopi (KJ)

Q2= Panas yang digunakan untuk menaikkan suhu air didalam biji kopi (KJ)

Q3= Jumlah panas yang digunakan untuk menguapkan air biji kopi (KJ)

b. Jumlah panas yang digunakan untuk memanaskan biji kopi (Q1) dapat dihitung dengan rumus:

$$Q1 = Wkb . Cp . (T_2 - T_1)$$

Dimana :

Panas jenis kopi (KJ/Kg°C)

$$= 0,651 \text{ Kkal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$= 2,734 \text{ KJ/Kg}$$

Wkb = Berat biji kopi basah (Kg)

Cp = Panas jenis kopi dari tabel 4.15 (KJ/Kg°C)

T₂ = Temperatur akhir kopi (°C)

T₁ = Temperatur awal kopi (°C)

$$Q1 = Wkb . Cp . (T_2 - T_1)$$

$$= 2,000\text{Kg} \times 2,734 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}$$

$$(34,1-26,5)^\circ\text{C}$$

$$= 41,5 \text{ KJ}$$

c. Berat biji kopi awal *W_i* dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$W_i = Wkb - Wkk$$

Dimana :

W_i = Berat Biji Kopi (Kg)

W_{kb} = Berat biji kopibasah (Kg)

W_{kk} = Berat biji kopi kering (Kg)

$$W_i = Wkb - Wkk$$

$$= 2,000 \text{ Kg} - 1,545 \text{ Kg}$$

$$= 0,455 \text{ Kg} = 455 \text{ g}$$

d. Panas yang digunakan untuk menaikkan suhu air didalam biji kopi (Q2) dapat dihitung dengan rumus:

$$Q2 = W_i . Cp \text{ air} (T_2 - T_1)$$

$$= 0,455 \text{ Kg} \times 4,18 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C} (34,1 - 26,5)$$

$$= 14,4 \text{ KJ}$$

e. Berat air yang dihilangkan dari berat biji kopi awal ke berat biji kopi akhir, selama proses pengeringan (*W_r*) dapat dihitung dengan rumus: $W_r = W_i - W_f$

Dimana:

W_i = Berat air biji kopi (Kg)

W_f = kadar air biji kopi yang diperkirakan (%)

$$W_f = 60 \% \times Wkk$$

$$= 60 \% \times 1,545 \text{ Kg}$$

$$= 0,927 \text{ Kg} = 927 \text{ g}$$

$$= 0,927 \text{ Kg} \times 60\%$$

$$= 0.556 \%$$

$$W_r = W_i - W_f$$

$$= 0,455 \text{ Kg} - 0,556\text{kg}$$

$$= 0,452 \text{ Kg}$$

Jadi berat air yang dihilangkan selama proses pengeringan biji kopi adalah 0,452 Kg

f. Jumlah panas yang digunakan untuk menguapkan air biji kopi (Q3) dapat dihitung dengan rumus :

$$Q3 = W_r \times hfg$$

Dimana :

hfg = Panas laten air dari table 4.17 (KJ/Kg)

$$Q3 = W_r \times hfg$$

$$= 0,680 \text{ Kg} \times 2260 \text{ KJ/Kg}$$

$$= 10,2152 \text{ KJ}$$

g. Maka didapat panas yang dibutuhkan untuk pengeringan biji kopi (Q)

$$Q = Q1+Q2+Q3$$

$$= 41,5 \text{ KJ} + 14,4 \text{ KJ} + 1021,52 \text{ KJ}$$

$$= 1077,53 \text{ KJ}$$

Jadi panas yang dibutuhkan untuk pengering biji kopi adalah 1077,53 KJ

Mengetahui Kebutuhan Bahan Bakar Yang Digunakan

a) Kebutuhan bahan bakar selama proses pengeringan biji kopi adalah :

Kebutuhan bahan bakar

$$/ \text{jam} = \frac{\text{Kebutuhan total bahan bakar}}{N}$$

Dimana :

N = Lama pengeringan Kebutuhan bahan bakar

$$/ \text{jam} = \frac{8 \text{ Kg}}{120 \text{ menit}} = 0,06 \text{ Kg/ menit}$$

Jadi kebutuhan bahan bakar cangkang / jam untuk mengeringkan biji kopi adalah:

$$= 0,06 \text{ Kg /menit.} \times 60 \text{ menit}$$

$$= 4 \text{ Kg / jam}$$

Lama waktu pengeringan biji kopi = 2 jam
 Jadi, perkiraan bahan bakar yang dibutuhkan selama pengeringan biji kopi = 4 Kg bahan bakar x 2 jam = 8 Kg / 2 jam

Mengetahui Efisiensi Variasi Jumlah Lubang Tabung Pengaduk Pengereng Biji Kopi.

Berikut data hasil pengamatan yang diperoleh pada 300 lubang :

1. Massa bahan bakar (m) = 8 Kg
2. Temperatur tungku pembakaran awal (T_{min}) = 34°C
3. Temperatur tungku pembakaran akhir (T_{max}) = 431°C
4. Temperatur lemari pengering awal (T_{in}) = 34°C
5. Temperatur rata-rata lemari pengering (T_m) = 65,°C
6. Asumsi kadar air awal biji kopi (min) = 60 %
7. Lama waktu pengeringan (t) = 2 jam
8. Berat biji kopi basah (W_{kb}) = 2,000 Kg
9. Berat biji kopi kering (W_{kk}) = 1,545 Kg
10. Temperatur awal kopi (T₁) = 26,5°C
11. Temperatur akhir kopi (T₂) = 34,1°C
12. Temperatur udara keluar lemari pengering (T_{out}) = 90°C

Tabel 1 Data Hasil Pengujian Pada Lemari Pengereng Biji Kopi 300 lubang.

No	Waktu (Menit)	Bahan Bakar (Kg)	Putaran Kran (Derajat)	T3			Berat Awal	Berat Akhir
				Pipa Distribusi (°C)	T _u (°C)	Pipa rak 1 (°C)		
1	0	0	360	34	34	34	2000	
2	120	8	360	195	90	65		1,545

a. Energi panas yang dibutuhkan untuk pengeringan biji kopi (Q), dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Noviansyah, Cikal 2015) :

$$Q = Q1 + Q2 + Q3$$

Dimana :

Q = Jumlah panas yang digunakan untuk pengeringan biji kopi (KJ)

Q1 = Jumlah panas yang digunakan untuk memanaskan biji kopi (KJ)

Q2 = Panas yang digunakan untuk menaikkan suhu air didalam biji kopi (KJ)

Q3 = Jumlah panas yang digunakan untuk menguapkan air biji kopi (KJ)

b. Jumlah panas yang digunakan untuk memanaskan biji kopi (Q1) dapat dihitung dengan rumus :

$$Q1 = Wkb \cdot Cp \cdot (T_2 - T_1)$$

Dimana :

Panas jenis kopi (KJ/Kg°C) =

0,651 Kkal/Kg°C

= 2,734 KJ/Kg

Wkb = Berat biji kopi basah (Kg)

Cp = Panas jenis kopi dari tabel 4.15 (KJ/Kg°C)

T₂ = Temperatur akhir kopi (°C)

T₁ = Temperatur awal kopi (°C)

$$Q1 = Wkb \cdot Cp \cdot (T_2 - T_1) = 2,000 \text{ Kg} \times 2,734 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C} (34,1 - 26,5)^\circ\text{C} = 41,5 \text{ KJ}$$

c. Berat biji kopi awal *Wi* dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Wi = Wkb - Wkk$$

Dimana :

Wi = Berat Biji Kopi (Kg)

Wkb = Berat biji kopibasah (Kg)

Wkk = Berat biji kopi kering (Kg)

$$Wi = Wkb - Wkk = 2,000 \text{ Kg} - 1,545 \text{ Kg} = 0,455 \text{ Kg} = 455 \text{ g}$$

d. Panas yang digunakan untuk menaikkan suhu air didalam biji kopi (Q2) dapat dihitung dengan rumus:

$$Q_2 = Wi \cdot Cp \text{ air} (T_2 - T_1) = 0,455 \text{ Kg} \times 4,18 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C} (34,1 - 26,5)^\circ\text{C} = 14,45 \text{ KJ}$$

e. Berat air yang dihilangkan dari berat biji kopi awal ke berat biji kopi akhir, selama proses pengeringan (*Wr*) dapat dihitung dengan rumus:

$$Wr = Wi - Wf$$

Dimana:

Wi = Berat air biji kopi (Kg)

Wf = kadar air biji kopi yang diperkirakan (%)

$$Wf = 60 \% \times Wkk = 60 \% \times 1,545 \text{ Kg} = 0,927,7 \text{ Kg} = 927 \text{ g} = 0,927 \text{ Kg} \times 60\% = 0,556 \%$$

$$Wr = Wi - Wf = 0,455 \text{ Kg} - 0,556\% = 0,452 \text{ Kg}$$

Jadi berat air yang dipindahkan selama proses pengeringan biji kopi adalah 0,452 Kg

f. Jumlah panas yang digunakan untuk menguapkan air biji kopi (Q3) dapat dihitung dengan rumus :

$$Q3 = Wr \times hfg$$

Dimana :

hfg = Panas laten air dari table 4.17 (KJ/Kg)

$$Q3 = Wr \times hfg = 0,452 \text{ Kg} \times 2260 \text{ KJ/Kg} = 1021,5 \text{ KJ}$$

g. Maka didapat panas yang dibutuhkan untuk pengeringan biji kopi (Q)

$$Q = Q1 + Q2 + Q3 = 41,5 \text{ KJ} + 14,45 \text{ KJ} + 1021,5 \text{ KJ} = 1077,45 \text{ KJ}$$

Jadi panas yang dibutuhkan untuk pengering biji kopi adalah 1077,45 KJ

h. Panas yang diberikan udara untuk memanaskan biji kopi :

Massa jenis udara (ρ g) = 1,29 Kg/m³ dari tabel 4.18

$$\begin{aligned} (C_u) &= 1,007 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C} \text{ dari tabel 4.19} \\ &= \rho \cdot V \cdot C_u(T_{out} - T_{in}) \\ &= 1,29 \text{ Kg/m}^3 \times 98,4 \text{ m}^3 \times 1,007 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C} (90 - 34)^\circ\text{C} \\ &= 7158,174 \text{ KJ} \end{aligned}$$

i. Efisiensi Pengeringan pada rak dengan jumlah lubang 300 :

$$\eta = \frac{\text{Jumlah panas yang dimanfaatkan}}{\text{Panas yang diberikan udara}}$$

$$\eta = \frac{107745 \text{ KJ}}{7158,174 \text{ KJ}} \times 100\%$$

$$\eta = 15,05 \%$$

Kadar air biji kopi setelah dikeringkan dengan bahan bakar cangkang kelapa sawit (Menurut Susanto) :

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

Dimana:

W_f = Kadar air biji kopi yang diperkirakan (%)

W_{kk} = Berat biji kopi kering (Kg)

W_{ko} = Berat biji kopi dengan kadar air 0 % (Kg)

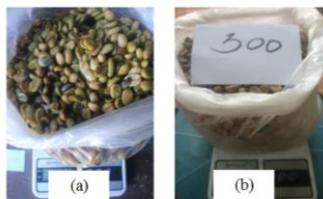
Nilai total kadar air setelah biji kopi dikeringkan (W_f)

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

$$\begin{aligned} W_f &= \frac{1,545 \text{ Kg} - 1,200 \text{ Kg}}{1,545 \text{ Kg}} \times 100 \% \\ &= 22,33\% \\ &= 60\% - 22,33\% \\ &= 37,67\% \end{aligned}$$

Jadi kadar air biji kopi yang berkurang adalah 37,67
Tabel 2 Kondisi Awal dan Akhir Biji Kopi 300 Lubang

No	Kondisi Awal	Kondisi Akhir
1	Berat biji kopi awal 2,000 Kg	Berat biji kopi akhir 1,545 Kg
2	Kadar air awal biji kopi 60%	Kadar air akhir biji kopi 37,67%
3	Suhu awal biji kopi 26,5°C	Suhu akhir biji kopi 34,1°C



Gambar 2. (a) Biji Kopi Sebelum Pengeringan, (b) Biji kopi Setelah Pengeringan.

Mengetahui Kecepatan Pengeringan Biji Kopi Menggunakan Mesin Pengering.

Kecepatan pengeringan dapat diketahui dengan rumus :

$$Q_a = \frac{W_{kb} - W_f}{N}$$

Dimana :

Q_a = Kecepatan pengeringan (gr/jam)

W_{kb} = Berat biji kopi basah (g)

W_f = Berat kandungan air biji kopi akhir (g)

N = Durasi pengeringan (Jam)

Laju pengeringan dengan temperatur rata-rata lemari pengering 54,4°C

W_{kb} = 2,000 Kg

W_f = 1,545 Kg

$$\begin{aligned} Q_a &= \frac{W_{kb} - W_f}{N} \\ &= \frac{2,000 \text{ Kg} - 1,543 \text{ Kg}}{2 \text{ jam}} \\ &= 0,228 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

Pengerjaan data berikutnya diselesaikan menggunakan Ms.El

2. Percobaan Pertama 350 Lubang

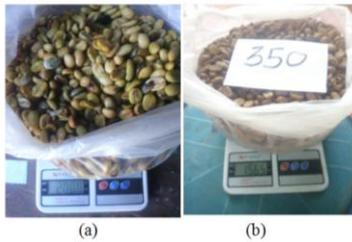
Mengetahui Efisiensi Variasi Jumlah Lubang Tabung Pengaduk Pengering Biji Kopi.

Berikut data hasil pengamatan yang diperoleh pada 350 Lubang:

1. Massa bahan bakar (m) = 8 Kg
2. Temperatur tungku pembakaran awal (T_{min}) = 34°C
3. Temperatur tungku pembakaran akhir (T_{max}) = 455,2°C
4. Temperatur lemari pengering awal (T_{in}) = 34°C
5. Temperatur rata-rata lemari pengering (T_m) = 63,6°C
6. Asumsi kadar air awal biji kopi (min) = 60 %
7. Lama waktu pengeringan (t) = 2 jam
8. Berat biji kopi basah (W_{kb}) = 2,000 Kg
9. Berat biji kopi kering (W_{kk}) = 1,565 Kg
10. Temperatur awal kopi (T_1) = 26,5°C
11. Temperatur akhir kopi (T_2) = 34,1°C
12. Temperatur udara keluar lemari pengering (T_{out}) = 75,4°C

Tabel 3 Data Hasil Pengujian Pada Lemari Pengering Biji Kopi 350 Lubang.

No	Jumlah Lubang	350
1	Q Total (Kj)	1031,6 kj
2	Panas Yang Diberikan Udara (KJ)	5291,93 KJ
3	Efisiensi pengeringan (%)	19,49%
4	Temperatur Rak (°C)	70°C
5	Kadar Air Akhir Biji Kopi (%)	25,52%
6	Kadar Air Biji Kopi Yang Berkurang (%)	36,68%
7	Berat Biji Kopi Basah (kg)	2000
8	Berat Biji Kopi Kering (kg)	1,565 kg
9	Berat Biji Kopi Berkurang (kg)	0,435 kg
10	Laju Pengeringan kg/jam	0,217 kg/jam



Gambar 3. (a) Biji Kopi Sebelum Pengeringan, (b) Biji kopi Setelah Pengeringan.

3. Percobaan Ketiga 400 Lubang
Mengetahui Efisiensi Variasi Jumlah Lubang Tabung Pengaduk Pengereng Biji Kopi.
Berikut data hasil pengamatan yang diperoleh pada 400 lubang:
1. Massa bahan bakar (m) = 8 Kg
2. Temperatur tungku pembakaran awal (T_{min}) = 34°C
3. Temperatur tungku pembakaran akhir (T_{max}) = 331,2°C
4. Temperatur lemari pengering awal (T_{in}) = 34°C
5. Temperatur rata-rata lemari pengering (T_m) = 65,2°C
6. Asumsi kadar air awal biji kopi (min) = 60 %
7. Lama waktu pengeringan (t) = 2 jam
8. Berat biji kopi basah (W_{kb}) = 2,000 Kg
9. Berat biji kopi kering (W_{kk}) = 1,628 Kg
10. Temperatur awal kopi (T_1) = 26,5°C

Tabel 4 Data Hasil Pengujian Pada Lemari Pengereng Biji Kopi 400 Lubang.

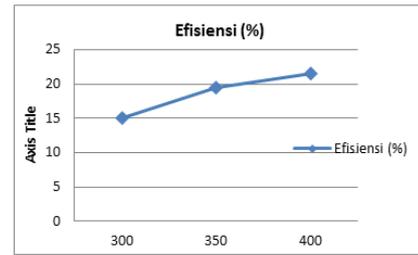
No	Jumlah Lubang	400
1	Q Total (Kj)	1119,2 kj
2	Panas Yang Diberikan Udara (KJ)	5215,24 KJ
3	Efisiensi pengeringan (%)	21,46 %
4	Temperatur Rak (°C)	73°C
5	Kadar Air Akhir Biji Kopi (%)	21,41%
6	Kadar Air Biji Kopi Yang Berkurang (%)	38,59%
7	Berat Biji Kopi Basah (kg)	2000
8	Berat Biji Kopi Kering (kg)	1,527 kg
9	Berat Biji Kopi Berkurang (kg)	0,473 kg
10	Laju Pengeringan kg/jam	0,236 kg/jam



Gambar 4 (a) Biji Kopi Sebelum Pengeringan, (b) Biji kopi Setelah Pengeringan.

Tabel 5 Pengaruh Temperatur Rata-rata di setiap Rak Terhadap Variasi Jumlah Lubang

No	Jumlah Lubang	Temperatur Rata-Rata Setiap Rak (°C)
1	300	65 °C
2	350	70°C
3	400	72°C

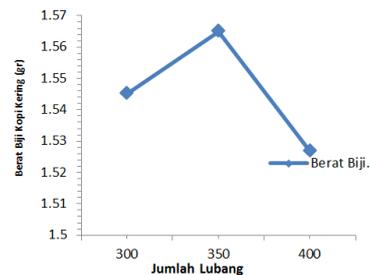


Gambar 5. Grafik Pengaruh Temperatur Rata-Rata Terhadap Variasi Jumlah Lubang

Berdasarkan gambar 5 dapat dilihat bahwa temperature rata-rata pada pipa rak 300 lubang adalah 65°C, dan pada pipa rak 350 lubang adalah 70°C, kemudian pada pipa rak 400 lubang adalah 72°C. Semakin banyak jumlah hole maka semakin cepat pengeringan biji kopi.

Tabel 6 Pengaruh Jumlah Lubang Terhadap Pengeringan Biji Kopi

No	Jumlah Lubang	Berat Biji Kopi Kering (Kg)
1	300	1,545
2	350	1,565
3	400	1,527

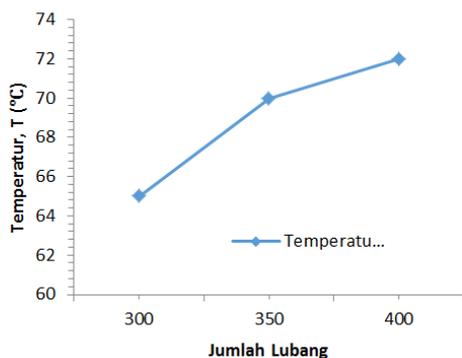


Gambar 6 Grafik Pengaruh Jumlah Lubang Pada Pengeringan Biji Kopi

Berdasarkan gambar 6 dapat dilihat bahwa pada jumlah lubang 400 pengeringan biji kopi awal 2,000 Kg berkurang menjadi 1,527 Kg pada 350 lubang berkurang menjadi 1,565 Kg, kemudian pada 300 lubang berkurang menjadi 1,545 Kg. Berat biji kopi pada 400 lubang mencapai 1,527 Kg. Ini disebabkan oleh jumlah lubang yang banyak, sehingga aliran udara panas yang masuk pada rak 400 lebih banyak. Semakin banyak aliran udara panas yang masuk ke dalam rak, maka semakin banyak kadar air biji kopi berkurang.

Tabel 7 Efisiensi Pengeringan Dengan Jumlah Lubang

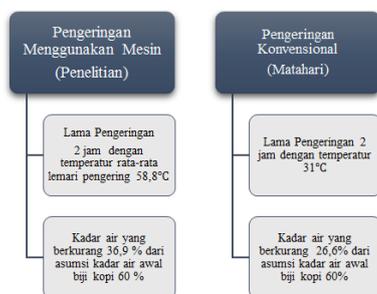
No	Jumlah Lubang	Efisiensi Pengeringan (%)
1	300	15,05
2	350	19,76
3	400	21,46



Gambar 7. Grafik Efisiensi Pengeringan Dengan Jumlah Lubang

Berdasarkan gambar 7 dapat dilihat bahwa efisiensi pengeringan pada jumlah lubang 400 adalah 21,46% dan pada jumlah lubang 350 adalah 19,49%, kemudian pada jumlah lubang 300 adalah 15,05%. Dari sini dapat diambil kesimpulan bahwa semakin banyak jumlah lubang pada rak, maka semakin banyak juga aliran udara panas yang masuk melalui lubang-lubang tersebut. Semakin sedikit jumlah lubang maka semakin sedikit pula udara panas yang masuk ke dalam rak tersebut.

4. Perbedaan Efektivitas Mesin Pengering Biji Kopi Menggunakan Udara Panas Dengan Model Konvensional



4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian pengeringan biji kopi menggunakan udara panas dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Panas yang dibutuhkan untuk mengurangi kadar air biji kopi adalah :
 - a. Pada rak 300 lubang adalah 1592,7KJ, dengan efisiensi pengeringan 15,05 % dan kadar air biji kopi yang berkurang adalah 37,67 % dari asumsi awal kadar air biji kopi ± 60%, sehingga kadar air akhir biji kopi yang dihasilkan 22,33%.
 - b. Pada rak 350 lubang adalah 1031,6 KJ, dengan efisiensi pengeringan 19,49 % dan kadar air biji kopi yang berkurang adalah 36,68% dari asumsi kadar air biji kopi

- ±60%, sehingga kadar air akhir biji kopi yang dihasilkan 23,32%.
 - c. Pada rak 400 lubang adalah 1119,2 KJ, dengan efisiensi pengeringan 21,46% dan kadar air biji kopi yang berkurang adalah 38.59% dari asumsi kadar air biji kopi ±60%, sehingga kadar air akhir biji kopi yang dihasilkan 21,41%.
2. Kebutuhan bahan bakar selama proses pengeringan 2 jam dengan menggunakan mesin pengering biji kopi menggunakan udara panas sebanyak 8 Kg. jadi bahan bakar yang dibutuhkan adalah 0,06 Kg/menit dan 2 Kg/jam.
3. Efisiensi variasi jumlah lubang tabung pengaduk pengering biji kopi menggunakan udara panas adalah sebagai berikut :
 - a) Percobaan Pertama, pada jumlah lubang 400 Efisiensi pengeringan pada jumlah lubang 400 didapatkan 21,46%. Kemudian menghasilkan berat biji kopi yang berkurang dari 2,000 Kg menjadi 1,545 Kg, dengan nilai total kadar air yang dikeringkan 22,33% dari asumsi awal 60%, maka didapat kadar air biji kopi yang berkurang 37,67%.
 - b) Percobaan Kedua, pada jumlah lubang 350 Efisiensi pengeringan pada jumlah lubang 350 didapatkan 19,76 %. Kemudian menghasilkan berat biji kopi yang berkurang dari 2,000 Kg menjadi 1,605 Kg, dengan nilai total kadar air yang dikeringkan 25,52% dari asumsi awal 60%, maka didapat kadar air biji kopi yang berkurang 34,48%.
 - c) Percobaan Ketiga, pada jumlah lubang 300 Efisiensi pengeringan pada jumlah lubang 300 didapatkan 15,05 %. Kemudian menghasilkan berat biji kopi yang berkurang dari 2,000 Kg menjadi 1,527 Kg, dengan nilai total kadar air yang dikeringkan 26,41% dari asumsi awal 60%, maka didapat kadar air biji kopi yang berkurang 38,59%.
4. Kecepatan pengeringan biji kopi :
 - a. Pada Percobaan Peratama 300 lubang, dengan temperatur rata-rata lemari pengering biji kopi 65,6°C, dengan berat biji kopi awal 2,000 Kg dan berat biji kopi setelah dilakukan pengeringan dengan menggunakan mesin pengering biji kopi ini berkurang menjadi 1,545 Kg, lama pengeringan 2 jam, dengan kecepatan pengeringan 0,239 Kg/jam.
 - b. Pada Percobaan Kedua 350 lubang, dengan temperatur rata-rata lemari pengering biji kopi 64,2°C, dengan berat biji kopi awal 2,000 Kg dan berat biji kopi setelah dilakukan pengeringan dengan menggunakan mesin pengering biji kopi ini berkurang

menjadi 1,605 Kg, lama pengeringan 2 jam, dengan kecepatan pengeringan 0,202 Kg/jam.

- d. Pada Percobaan Ketiga 400 lubang, dengan temperatur rata-rata lemari pengering biji kopi 60,6°C, dengan berat biji kopi awal 2,000 Kg dan berat biji kopi setelah dilakukan pengeringan dengan menggunakan mesin pengering biji kopi ini berkurang menjadi 1,527 Kg, lama pengeringan 2 jam, dengan kecepatan pengeringan 0,186 Kg/jam.

Daftar Pustaka

- [1] Adawyah, Robiyatul.2014. *Pengolahan dan pengawetan ikan*, Sinar Grafik Offset, Jakarta.
- [2] Fernando Sihombing. “*Study Pembakaran Cangkang Kelapa Sawit Secara Kontinue Pada Pengering Biji Kakao*”.Skripsi : Institut Teknologi Medan
- [3] Holman, Jp. 1998. *Perpindahan Kalor*. Penerbit Erlangga. Edisi Keenam. Jakarta. *Jurnal Dinamis*, Volume II, No. 10 Januari 2012
- [4] Rohman, S. (2008) *Teknologi Pengeringan Bahan Makanan. Jakarta 2008*
- [5] Momo (2008) *Proses Pengeringan*, Jakarta 2008
- [6] Mc.Cabe, L. Warren. 1985. *Operation of Chemical Engineering*. Mc GrawHillBook Inc: New York
- [7] Susanto, T.1994. *Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian*. Bina Ilmu, Surabaya
- [8] Simon, Santo T.Gultom. *Rancang Bangun dan Pengujian Alat Pengering Biji Kopi Tenaga Listrik Dengan Pemanfaatan Energi Surya*. Universitas Sumatera Utara.
- [9] Noviansyah, Cikal. 2015. *Perancangan, Pembuatan dan Pengujian Ruang Pengering Biji Kopi Tipe Cabinet Dryer*. Lampung: Universitas Lampung.
- [10] Muchamad Taufiq. “*Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Pengeringan Jagung Pada Pengering Konvensional Dan Fluidized Bed*”.Skripsi :Universitas Sebelas Maret Surakarta 2004
- [11] Holman, Jp. 1998. *Perpindahan Kalor*. Penerbit Erlangga. Edisi Keenam. Jakarta. *Jurnal Dinamis*, Volume II, No. 10 Januari 2012
- [12] Royman Munte. “*Pemanfaatan udara panas dari hasil pembakaran sebagai pengering biji kakao*”.Skripsi: Institut Teknologi Medan