

**ANALISIS COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD) DAN
OPTIMALISASI UNTUK REDESAIN PROSES AKHIR PENGERINGAN
KOPRA DI USAHA KOPERASI BERSAMA KOPRA PUTIH SONIA
KABUPATEN PRINGSEWU**

A.Yudi Eka Risano, A. Su'udi, dan Eko Nurdianto
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
Email: yudi_95@yahoo.com, ekonurdianto93@gmail.com

Abstrak

Kopra merupakan daging buah kelapa yang dikeringkan untuk proses pembuatan minyak kelapa maupun bahan baku kosmetik. Proses akhir pengeringan kopra di Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia Kabupaten Pringsewu adalah proses setelah pelepasan daging buah kelapa dari tempurungnya lalu menurunkan kadar air buah kelapa tersebut dari kadar 35% menjadi 7%. Dikarenakan alat pengering kopra yang ada saat ini pembuatannya tanpa memperhitungkan proses perpindahan panas yang terjadi maka proses pengeringan membutuhkan waktu yang cukup lama yaitu selama 48 jam, untuk itu dilakukan redesign dari alatnya agar mengoptimalkan waktu pengeringan kopra tersebut. Metode penelitian yang dilakukan adalah merancang ulang dan menganalisis model yang sesuai dari alat pengering tersebut menggunakan simulasi komputer melalui *software Computational Fluid Dynamics* (CFD) yang bisa digunakan untuk evaluasi dalam berbagai model desain mekanik, *thermal*, maupun model aliran fluida. Berdasarkan simulasi dan optimalisasi pemodelan didapatkan desain yang sesuai agar sebaran suhu didalam ruangan alat pengering merata dengan dimensi alat pengering 540 cm x 180 cm x 180 cm, panjang pipa 134,4 m, diameter pipa 2,54 cm, dimensi rak 230 cm x 170 cm, jumlah rak 10 buah, material dinding adalah seng dilapisi asbes sebagai isolator, dan material pipa adalah tembaga. Kapasitas total alat pengering adalah sebesar 1357 buah. Suhu rata-rata pengeringan dari alat pengering adalah sebesar 74,41°C. Waktu yang dibutuhkan untuk satu kali proses pengeringan kopra pada proses akhir adalah selama ± 10 jam.

Kata kunci: alat pengering kopra, proses akhir pengeringan kopra, waktu pengeringan, sebaran suhu, *software Computational Fluid Dynamics* (CFD)

Pendahuluan

Kopra adalah daging buah kelapa yang dikeringkan. Kopra merupakan salah satu produk turunan kelapa yang sangat penting, karena merupakan bahan baku pembuatan minyak kelapa dan turunannya. Untuk membuat kopra yang baik diperlukan kelapa yang telah berumur sekitar 300 hari dan memiliki berat sekitar 3-4 kg [4].

Proses pembuatan kopra di Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia, Kabupaten Pringsewu sudah tidak lagi dilakukan secara tradisional yang menggunakan panas matahari sebagai media pengeringnya, tetapi sudah menggunakan

alat pengering kopra dengan model seperti oven sebagai alat untuk mengeringkan dan menurunkan kadar air buah kelapa itu sendiri untuk menjadikannya kopra.

Alat pengering yang dimiliki tersebut terbagi dalam dua proses, dimana proses pertama adalah proses menurunkan kadar air buah kelapa tersebut dari kadar air sebesar 57% menjadi sebesar 35%, kemudian dilanjutkan proses yang terakhir dengan pelepasan daging buah kelapa dari tempurungnya lalu menurunkan kadar air buah kelapa tersebut dari kadar 35% menjadi sebesar 7%. Akan tetapi karena pembuatan alat pengering kopra yang dilakukan

pengusaha kopra di Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia, Kabupaten Pringsewu ini tanpa menggunakan perhitungan dan perancangan yang baik, maka dalam proses akhir pengeringan buah kelapa menjadi kopra dibutuhkan waktu yang cukup lama yaitu sekitar 48 jam. Hal ini disebabkan karena kecilnya suhu yang digunakan untuk proses akhir pengeringan kopra tersebut yang hanya menggunakan suhu dengan kisaran 45°C - 60°C serta tidak tersebar meratanya suhu dalam alat pengeringan kopra tersebut.

Dalam hal ini dibutuhkan analisis dan perancangan yang tepat untuk perhitungan serta model yang sesuai dari proses akhir alat pengering kopra itu sendiri agar alat pengering kopra tersebut dapat lebih optimal dalam proses pengeringan buah kelapa menjadi kopra. Salah satu alat analisis dengan metode simulasi komputer adalah melalui *software Solidwork Flow Simulation* yang bisa digunakan untuk evaluasi dalam berbagai model desain mekanik, *thermal*, maupun model aliran fluida. Maka dari itu dengan memanfaatkan *tool* yang ada dan untuk meningkatkan ketelitian dalam desain alat pengering kopra maka penulis akan menganalisis dan merancang alat pengering kopra untuk proses akhir pengeringan kopra yang lebih optimal dalam prosesnya di Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia Kabupaten Pringsewu dengan menggunakan *software Computational Fluid Dynamics (CFD)*.

Metodologi Penelitian

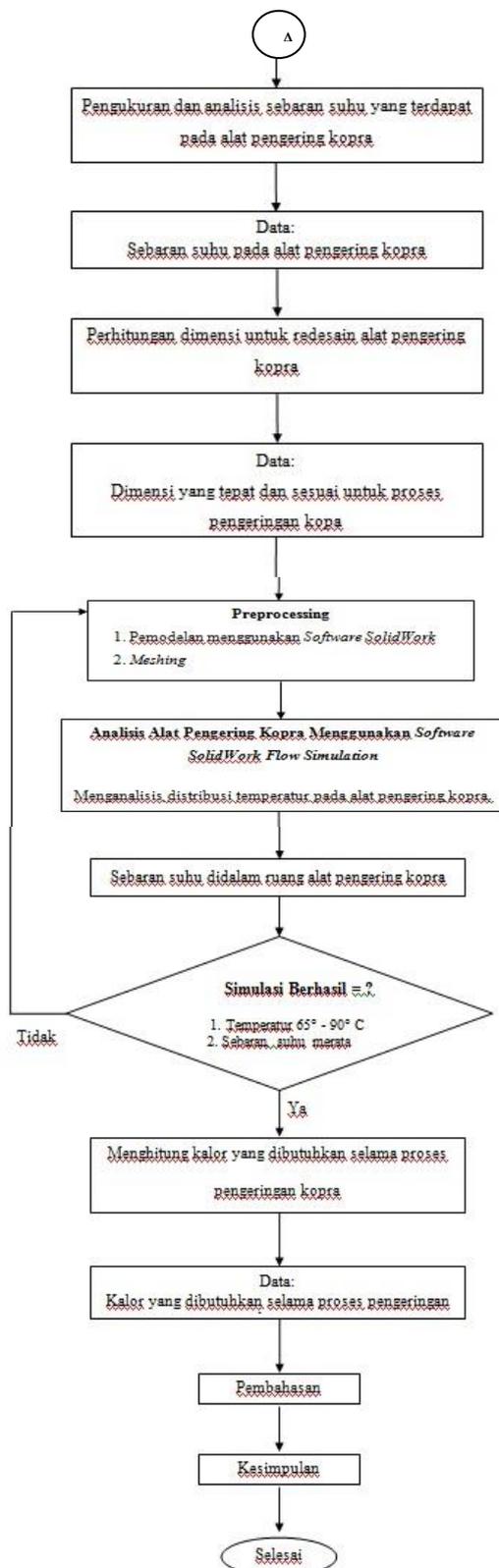
Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan dan analisis proses akhir pengeringan pada alat pengering kopra yang terdapat di Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia Kabupaten Pringsewu Provinsi Lampung.

Perhitungan dan analisis ini dilakukan setelah proses pencungkilan daging buah kelapa dari tempurungnya dimana kadar air telah menurun dari 35% menjadi 7% dan dilanjutkan proses pengeringan didalam alat selama 48 jam.

Setelah didapatkan hasil perhitungannya lalu membuat rancangan alat pengering kopra ini dengan *software Computational Fluid Dynamics (CFD)* yaitu menggunakan *software Solidwork Flow Simulation* untuk mendapatkan simulasi dari perpindahan panas dan distribusi temperatur dari aliran panas yang terjadi didalam alat pengering tersebut agar didapat sebuah rancangan alat pengering kopra yang lebih optimal dalam proses pengeringannya.

Lebih jauh, langkah-langkah yang akan dilakukan peneliti guna memenuhi tujuan penelitian dan penyelesaian rumusan masalah di atas seperti terlihat pada Gambar 1 berikut:





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Teknis

Berikut ini adalah data teknis dari alat pengering kopra yang terdapat di Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia Kabupaten Pringsewu untuk proses pengeringan kopra:

1. Spesifikasi Alat Pengering

Panjang Alat Pengering	: 270 cm
Lebar Alat Pengering	: 180 cm
Tinggi Alat Pengering	: 180 cm
Jumlah Rak	: 5 buah
Ukuran Rak	: 230 cm x 170 cm
Material Dinding	: Seng
Panjang Pipa	: 3 m
Diameter Pipa	: 85,1 cm
Material Rak	: Kawat Jaring
Kapasitas Total Alat	: 1357 buah

2. Data Kopra

Kelapa yang akan dibuat menjadi kopra terlebih dahulu dibelah menjadi dua bagian dan airnya dipisahkan sebelum dimasukkan ke ruang pengeringan. Setelah proses awal pengeringan selesai maka buah kelapa tersebut akan dicungkil dari tempurungnya untuk masuk proses akhir pengeringan dengan kadar air dari kelapa tersebut adalah sebesar 35%.

Berikut adalah data rata-rata kopra sebagai berikut :

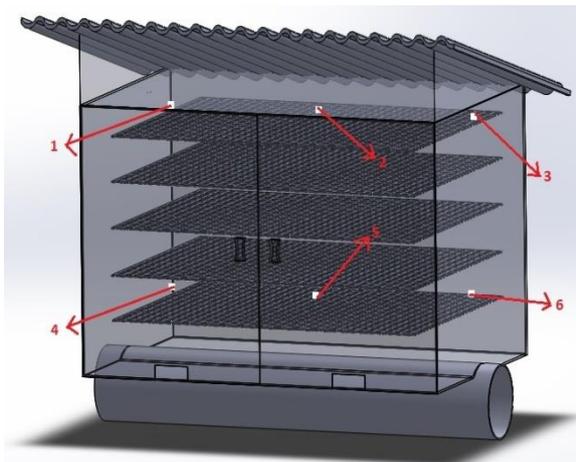
Diameter Penampang Kopra	: 12 cm
Berat Kopra (Kadar Air 35%)	: 0,4 kg
Berat Kopra (Kadar Air 7%)	: 0,26 kg

B. Analisis Sebaran Suhu Dalam Ruang Pengering Untuk Redesain Alat Pengering Kopra

Untuk membuat redesain dari alat pengering kopra sebelumnya dilakukan pengukuran dan analisis pada alat pengering tersebut. Pengukuran langsung yang dilakukan di Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia Kabupaten Pringsewu menggunakan termokopel dalam ruang pengering adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Titik Pengukuran Suhu Ruang
Alat Pengering

Nomor	Temperatur (°C)
1	53,1
2	52,1
3	50,5
4	45
5	54.8
6	60.6



Gambar 2. Titik Pengukuran Suhu Pada Alat Pengering Sebelum Diredesain

Dari data diatas didapat nilai rata-rata temperatur dari dalam ruang pengering adalah sebesar 52,68°C sehingga dapat disimpulkan bahwa desain alat pengering yang dimiliki Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia Kabupaten Pringsewu kurang baik untuk proses pengeringan kopra dikarenakan sebaran suhu yang kurang merata dan juga suhu yang dibutuhkan untuk proses pengeringan kopra menjadi kopra putih dirasa kurang panas karena tidak sampai 60°C. Oleh sebab itu perlu dilakukan redesain alat pengering dan simulasi CFD agar mempermudah mendapatkan pandangan sebaran suhu dalam ruang pengering tersebut dalam proses pembuatan rancangan alatnya.

C. Redesain Alat Pengering

Dalam perencanaan redesain alat pengering yang dilakukan adalah bagaimana membuat udara panas yang terdapat didalam

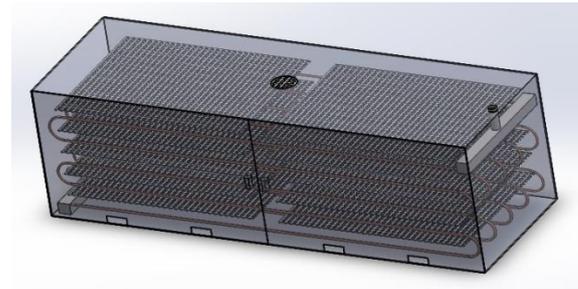
alat pengering tersebut tersebar dengan merata secara alami tanpa menggunakan bantuan alat lain. Maka dari itu penelitian ini hanya akan menambahkan pipa didalam ruang alat pengering tersebut dengan merubah dalam bentuk sebelumnya, yang hanya menggunakan pipa dari drum berbentuk seperti gambar 2. sebagai media penghantar panasnya, menjadi pipa yang terdapat didalam alat pengering seperti gambar 4. dengan menggunakan pipa tembaga. Untuk material dari dinding rancangan redesain alat pengering masih tetap menggunakan material seng tetapi akan dilapisi dengan material asbes sebagai isolatornya agar panas yang ada tetap terjaga didalam ruang pengering. Untuk ukuran dimensi alat pengering proses akhir kopra dibuat menjadi lebih besar yaitu dua kali lipat dari besar awal agar kapasitas nya pun menjadi dua kali lipat dari sebelumnya, sehingga proses nya menjadi berlangsung secara kontinu dari proses awal menuju proses akhir pengeringan kopra. Untuk bahan dari rak kopra pun masih tetap sama dengan bahan sebelumnya yaitu menggunakan kawat yang berbentuk jaring-jaring akan tetapi karena ukuran dimensi dibuat menjadi dua kali lipat, sehingga untuk jumlah rak nya pun bertambah menjadi 10 buah rak dari sebelumnya hanya terdapat 5 rak.

Tahap awal dari simulasi CFD adalah membuat gambar CAD seperti gambar 3.7 yang menunjukkan gambar CAD alat rancangan pengeringan pertama. Parameter yang dimasukkan dalam input simulasi CFD tersaji pada Tabel 4.3 dan langkah langkah simulasi CFD terdapat pada Lampiran D.

Hasil simulasi CFD rancangan pertama pada Gambar 3. memberikan gambaran sebaran suhu pada ruang pengering masih tidak merata. Oleh karena itu, alat pengering perlu dimodifikasi untuk mendapatkan rancangan alat pengering yang memiliki sebaran suhu tersebar merata didalam ruang pengeringannya.

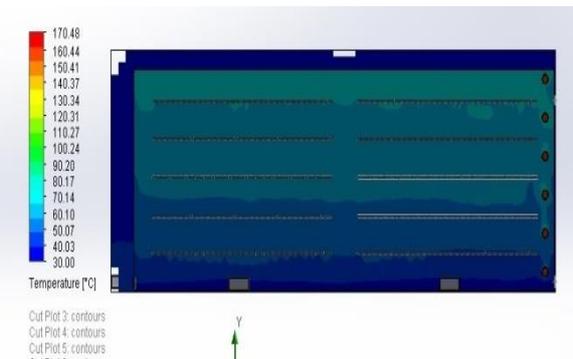
Tabel 2. Parameter input simulasi CFD

Parameter	Nilai
Temperatur Masuk Pipa	170°C
Debit Udara Masuk	0,052
Kecepatan Udara Masuk	m^3/s
Ruangan	0,1 m/s
Temperatur Awal Alat	30°C
Pengering	30°C
Temperatur Lingkungan	1 atm
Tekanan Udara	



(b)

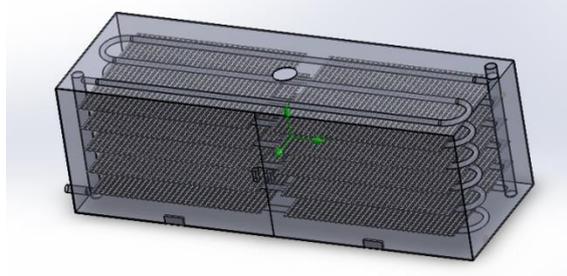
Gambar 4 (a) Ruang Pengering Sebelum Modifikasi dan (b) Sesudah Modifikasi



Gambar 3. Hasil Simulasi CFD Rancangan Pertama

D. Modifikasi Rancangan Alat Pengering

Tujuan dari modifikasi ini adalah untuk menyeragamkan sebaran suhu dalam ruang pengering. Bentuk modifikasi adalah dengan merubah bentuk pipa yang terdapat didalam ruang pengering tersebut, yang bertujuan agar suhu dalam ruang pengering yang terdapat dibawah menjadi seragam panasnya dengan suhu bagian atas ruangan pengering. Gambar 4. menunjukkan perbedaan bentuk pipa di dalam ruang pengering sebelum dan sesudah modifikasi.



(a)



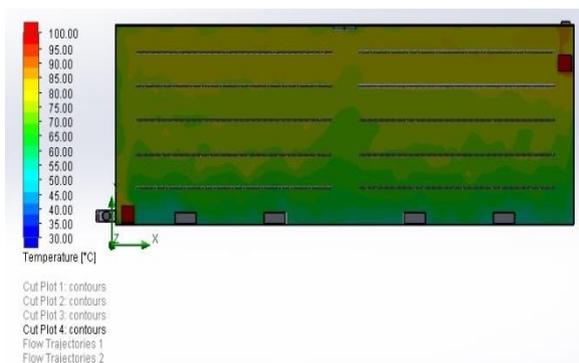
Gambar 5. Hasil Simulasi CFD Setelah Modifikasi

E. Optimalisasi Suhu Ruang Pengering 65°C - 90°C

Tujuan optimalisasi ini adalah agar suhu udara dalam ruang pengering mempunyai kisaran suhu 65°C - 90°C.

Metode yang dilakukan adalah dengan membuat pipa langsung dari ruang pembakaran menuju alat pengering proses akhir kopra sehingga temperatur yang masuk ke dalam pipa pada alat pengering bertambah suhunya. Dimana temperatur pembuangan dari alat pengering proses awal adalah 170°C dan ditambah temperatur didalam pipa langsung dari ruang pembakaran sebesar 235°C .

Dengan demikian diharapkan suhu dalam ruang pengering akan naik seiring bertambahnya temperatur yang masuk kedalam pipa tersebut. Setelah dilakukan simulasi CFD maka didapat hasil sebagai gambar yang ditunjukkan pada gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 6. Hasil Simulasi CFD Setelah di Optimalisasi

Setelah hasil simulasi CFD yang di optimalisasi berhasil yaitu suhu yang terdapat didalam ruangan pengering baik yang diatas maupun dibawah telah memenuhi standar pengeringan kopra yang diinginkan yaitu kisaran suhu 65°C - 90°C maka selanjutnya yang akan dilakukan adalah menganalisa suhu yang terdapat dimasing tiap tingkatan rak, dimana terdapat 10 rak dengan dibagi menjadi 5 tingkatan rak nya.

1. Analisa Rak Tingkat Pertama

Setelah dilakukan simulasi CFD pada alat pengering sehingga diperoleh hasil sebaran suhu pada rak tingkat pertama (paling bawah) seperti terlihat pada gambar 7. dibawah ini.



Gambar 7. Hasil Simulasi CFD Pada Rak Tingkat Pertama

Dari gambar 7. diatas dapat dilihat sebaran suhu yang terdapat pada rak tingkat pertama merata dengan warna dominan adalah hijau, dan pada rak tingkat pertama ini pengambilan titik parameter terdapat 9 titik pengambilan yang diambil pada setiap ujung-ujung rak maupun dari tengah rak itu sendiri. Pada rak tingkat pertama ini suhu rata-rata yang didapat adalah $67,64^{\circ}\text{C}$ dengan toleransi perbedaan suhu yang terdapat adalah $4,51^{\circ}\text{C}$.

2. Analisa Rak Tingkat Kedua

Setelah dilakukan simulasi CFD pada alat pengering sehingga diperoleh hasil sebaran suhu pada rak tingkat kedua seperti terlihat pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Hasil Simulasi CFD Pada Rak Tingkat Kedua

Dari gambar 8. diatas dapat dilihat sebaran suhu yang terdapat pada rak tingkat kedua merata dengan warna dominan adalah hijau agak kekuning-kuningan, dan pada rak tingkat kedua ini pengambilan titik parameter terdapat 9 titik pengambilan yang diambil pada setiap ujung-ujung rak maupun dari tengah rak itu sendiri. Pada rak tingkat kedua ini suhu rata-rata yang didapat adalah

73,89°C dengan toleransi perbedaan suhu yang terdapat adalah 6,11°C.

3. Analisa Rak Tingkat Ketiga

Setelah dilakukan simulasi CFD pada alat pengering sehingga diperoleh hasil sebaran suhu pada rak tingkat ketiga seperti terlihat pada gambar 9 dibawah ini.



Gambar 9. Hasil Simulasi CFD Pada Rak Tingkat Ketiga

Dari gambar 9. diatas dapat dilihat sebaran suhu yang terdapat pada rak tingkat ketiga merata dengan warna dominan adalah hijau dan kuning, dan pada rak tingkat kedua ini pengambilan titik parameter terdapat 9 titik pengambilan yang diambil pada setiap ujung-ujung rak maupun dari tengah rak itu sendiri. Pada rak tingkat kedua ini suhu rata-rata yang didapat adalah 74,05°C dengan toleransi perbedaan suhu yang terdapat adalah 5,64°C.

4. Analisa Rak Tingkat Keempat

Setelah dilakukan simulasi CFD pada alat pengering sehingga diperoleh hasil sebaran suhu pada rak tingkat keempat seperti terlihat pada gambar 10 dibawah ini.

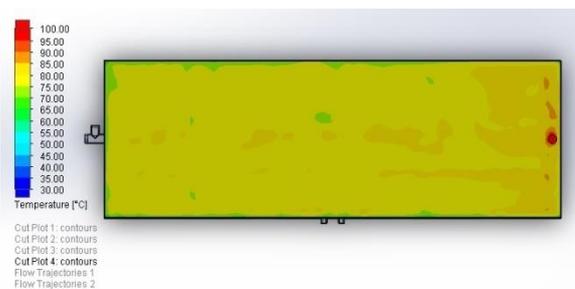


Gambar 10. Hasil Simulasi CFD Pada Rak Tingkat Keempat

Dari gambar 10. diatas dapat dilihat sebaran suhu yang terdapat pada rak tingkat keempat merata dengan warna dominan adalah kuning dan masih terdapat sedikit warna hijau, dan pada rak tingkat keempat ini pengambilan titik parameter terdapat 9 titik pengambilan yang diambil pada setiap ujung-ujung rak maupun dari tengah rak itu sendiri. Pada rak tingkat kedua ini suhu rata-rata yang didapat adalah 77,55°C dengan toleransi perbedaan suhu yang terdapat adalah 4,86°C.

5. Analisa Rak Tingkat Kelima

Setelah dilakukan simulasi CFD pada alat pengering sehingga diperoleh hasil sebaran suhu pada rak tingkat kelima seperti terlihat pada gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11. Hasil Simulasi CFD Pada Rak Tingkat Kelima

Dari gambar 11. diatas dapat dilihat sebaran suhu yang terdapat pada rak tingkat lima merata dengan warna dominan adalah kuning agak kemerah-merahan, dan pada rak tingkat kelima ini pengambilan titik parameter terdapat 9 titik pengambilan yang diambil pada setiap ujung-ujung rak maupun dari tengah rak itu sendiri. Pada rak tingkat kedua ini suhu rata-rata yang didapat adalah 79,38°C dengan toleransi perbedaan suhu yang terdapat adalah 5,84°C.

Dari semua rak yang terdapat didalam alat pengering semua suhunya tersebar cukup merata dengan suhu rata-rata didalam alat pengering adalah 74,41°C , yang membedakan hanya perbedaan besarnya suhu yang terdapat pada tiap tingkatan raknya, dimulai dari rak pertama yang terletak paling bawah lebih kecil suhunya dibandingkan rak kedua, rak yang kedua

suhunya lebih kecil dibandingkan rak yang ketiga, dan begitu juga seterusnya hingga rak kelima yang paling atas adalah yang paling panas suhunya. Hal ini disebabkan karena temperatur yang terapat didalam ruang pengering akan bergerak mengalir kearah atas karena lubang masuknya udara terapat dibawah tepatnya di lubang bawah pintu dari alat tersebut, sehingga udara akan masuk dan bergerak keatas menuju lubang udara keluar yang terapat dibagian atas alat pengering tersebut.

F. Perhitungan Kalor Yang Dibutuhkan Dalam Proses Pengeringan Kopra

1. Energi Pemanasan Kopra (Q_h)

$$\begin{aligned} Q_h &= W_{kb} \times C_{p_{kopra}} \times (T_d - T_a) \\ &= 542,8 \text{ kg} \times 1,88 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (74,41^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) \\ &= 45.318,80 \text{ kJ} \end{aligned}$$

2. Energi Pemanasan Air Kopra (Q_w)

$$\begin{aligned} Q_w &= W_i \times C_{p_{air}} \times (T_d - T_a) \\ &= 237,47 \text{ kg} \times 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (74,41^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) \\ &= 44.082,45 \text{ kJ} \end{aligned}$$

3. Energi Penguapan Air Kopra (Q_l)

$$\begin{aligned} Q_l &= W_r \times h_{fg} \\ &= 189,98 \text{ kg} \times 2322,06 \text{ kJ/kg} \\ &= 441.144,95 \text{ KJ} \end{aligned}$$

4. Laju Aliran Konveksi Di Dalam Ruang Pengering (Q_{kv})

$$\begin{aligned} Q_{kv} &= h.A.(T_w - T_\infty) \\ &= 10,53 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \times 10,72 \text{ m}^2 \times (202,5^\circ\text{C} - 74,41^\circ\text{C}) \\ &= 14.459,004 \text{ W} \\ &= 52.052,414 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

Untuk mencari waktu proses selama pengeringan kopra dapat dihitung melalui persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Waktu Pengeringan} &= \frac{Q_h + Q_w + Q_l}{Q_{kv}} \\ &= \frac{45.318,80 \text{ kJ} + 44.082,45 \text{ kJ} + 441.144,95 \text{ kJ}}{52.052,414 \text{ kJ/jam}} \\ &= 10,19 \text{ jam (10 jam 11 menit)} \end{aligned}$$

Waktu yang dibutuhkan untuk pengeringan kopra proses akhir di Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia

Kabupaten Pringsewu sebelum alat diredesain adalah 48 jam, akan tetapi setelah setelah diredesain dan dioptimalisasi menggunakan simulasi software CFD dengan ukuran dan kapasitas yang telah diubah menjadi sebesar 2 kali lipat hanya membutuhkan waktu sebesar ± 10 jam. Dalam hal ini tentu akan menghemat waktu dan biaya produksi dari proses pengeringan kopra tersebut.

Untuk 1 siklus pengeringan membutuhkan waktu selama 10,19 jam, maka kalor yang dibutuhkan untuk 1 siklus pengeringan adalah

$$\begin{aligned} Q_{kv} &= 52.052,414 \text{ kJ/jam} \times 10,19 \text{ jam} \\ &= 530.414,098 \text{ kJ} \end{aligned}$$

5. Energi Yang Hilang Dari Dinding Ruang Pengering (Q_{lw})

$$\begin{aligned} Q_{lw} &= U \times A \times \Delta T_{menyeluruh} \\ &= 51,3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \times 19,49 \text{ m}^2 \times (36,64^\circ\text{C} - 35,5^\circ\text{C}) \\ &= 1.139,81 \text{ W} \\ &= 4.103,31 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

Untuk 1 siklus pengeringan membutuhkan waktu selama 10,19 jam, maka kalor yang dibutuhkan untuk 1 siklus pengeringan adalah

$$\begin{aligned} Q_{lw} &= 4.103,31 \text{ kJ/jam} \times 10,19 \text{ jam} \\ &= 41.812,728 \text{ kJ} \end{aligned}$$

6. Total Kalor Yang Dibutuhkan Untuk Proses Pengeringan

$$\begin{aligned} Q_{total} &= Q_h + Q_w + Q_l + Q_{kv} + Q_{lw} \\ &= 45.318,80 \text{ kJ} + 44.082,45 \text{ kJ} + 441.144,95 \text{ kJ} + 530.414,097 \text{ kJ} + 41.812,728 \text{ kJ} \\ &= 1.102.773,025 \text{ kJ} \end{aligned}$$

7. Kebutuhan Bahan Bakar

Untuk mengetahui kebutuhan bahan bakar kayu bakar untuk satu kali proses pengeringan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Bahan Bakar} &= \frac{Q_{total}}{LHV_{kb}} \\ &= \frac{1.102.773,025 \text{ kJ}}{17000 \text{ kJ/kg}} \\ &= 64,869 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dengan asumsi tungku pembakaran yang digunakan adalah tungku tradisional menggunakan dinding dari beton semen dengan efisiensi sebesar 20 % [15], maka didapatkan total kayu bakar yang harus disediakan untuk proses akhir pengeringan kopra adalah sebesar

$$\begin{aligned} \text{Total Kayu Bakar} &= \frac{\text{Kebutuhan Bahan Bakar}}{\eta_{\text{tungku}}} \\ &= \frac{64,869 \text{ kg}}{0,2} \\ &= 324,345 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi, total kebutuhan kayu bakar untuk sekali proses pengeringan kopra pada proses akhir adalah sebesar 324,345 kg.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan simulasi yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

1. Dari hasil simulasi CFD telah didapat desain yang sesuai agar sebaran suhu didalam ruangan alat pengering merata dengan dimensi alat pengering 540 cm x 180 cm x 180 cm, panjang pipa 134,4 m, diameter pipa 2,54 cm, dimensi rak 230 cm x 170 cm, jumlah rak 10 buah (5 tingkat), material dinding adalah seng dilapisi asbes, material pipa adalah tembaga, dan kapasitas total alat pengering adalah 1357 buah.
2. Dari hasil simulasi CFD telah didapat temperatur dari alat pengering kopra dengan suhu rata-rata pengeringan sebesar 74,41°C.
3. Temperatur yang tertinggi terdapat di bagian atas yaitu pada rak tingkat kelima dengan suhu rata-rata 79,38°C, dan yang terendah terdapat pada rak paling bawah yaitu rak tingkat pertama dengan suhu rata-rata 67,64°C hal ini terjadi karena udara panas yang terdapat dibagian dalam ruangan pengering bergerak alami keatas dan menuju keluar dari alat pengering tersebut.
4. Kalor yang dibutuhkan untuk proses pengeringan kopra pada proses akhir ini adalah sebesar 1.102.773,025 kJ.

5. Waktu yang dibutuhkan untuk satu kali proses pengeringan kopra pada proses akhir adalah selama \pm 10 jam dengan kebutuhan kayu bakar sebesar 324,345 kg.

Daftar Pustaka

- [1] Abdulillah, Kamaruddin. 2000. Pengeringan Industrial. Penerbit IPB Press. Edisi Terjemahan. Bogor.
- [2] Al-Kindi, Hablinur. 2015. Analisis *Computational Fluid Dynamics (CFD)* Aliran Udara Panas Pada Pengering Tipe Rak Dengan Sumber Energi Gas Buang. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- [3] Amanlou Y, Zomorodian A. 2010. *Applying CFD for designing a new fruit cabinet dryer. Journal of Food Engineering.*
- [4] Ashshiddieqy, Ahmad Q . 2010. "Perancangan dan Alat pengering kopra dengan tipe *cabinet dryer* untuk kapasitas 6 kg per-siklus". Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [5] Banwatt, George. 1981. *Basic Food Microbiology*. Connecticut: The Avi Publishing Company, Inc.
- [6] Holman, Jp.1998. *Perpindahan Kalor*. Penerbit Erlangga. Edisi Keenam. Jakarta.
- [7] Incropera, et al. 1986. *Fundamentals of Heat Transfer Sixth Edition*. Willey
- [8] Kiranoudis CT, Maroulis ZB, Marinou-Kouris D, Tsampalis M. 1997. *Design of tray dryer for food dehydration. Journal of Food Engineering.*
- [9] Margaris DP, Ghiaus AG. 2006. *Dried product quality improvemebr by air flowm manipulation in tray dryers. Journal of Food Engineering*
- [10] Mathioulakis E, Karathanos VT, Belessiotis VG. 1998. *Simulation of air movement in a dryer by computationalfluid dynamics: application for the drying of fruits. Journal of Food Engineering.*
- [11] Shaw CT. 1992. *Using Computational Fluid Dynamics*. Prentice Hall, New Jersey, USA

- [12] Sulaeman dan M. Rusyadi. 2013. *Analisa Efisiensi Rooftop Solar Copra Dryer Dengan Susunan Kolektor Secara Seri*. Institut Teknologi Padang.
- [13] Versteeg HK, W Malalasekera. 1995. *An Introduction to Computational Fluid Dynamics The Finite Volume Method, Longman Sc & Technical*. Malaysia.
- [14] Xia B, Sun DW. 2002. *Applications of computational fluid dynamics (CFD) in the food industry: a review. Computers and Electronics in Agriculture*.
- [15] Yuniarto, Bambang dkk. 2014. *Pengembangan Disain Tungku Bahan Bakar Kayu Rendah Polusi Dengan Menggunakan Dinding Beton Semen*. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Diponegoro.