

ANALISIS EFISIENSI TERMAL MESIN OVEN *ROTARY* TIPE NFX-320 PADA PROSES PENGERINGAN BAHAN DASAR ROTI

Tito Septiana

*Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Majalengka
Jl. K.H. Abdul Halim No. 103 Majalengka 45418
Email: titoseptiana2211@gmail.com*

ABSTRAK

Pengeringan didefinisikan sebagai proses pengurangan kadar air bahan hingga mencapai kadar air tertentu sehingga menghambat laju kerusakan bahan akibat aktifitas biologis dan kimia. Pada sebuah industri, pengeringan umumnya menggunakan bahan bakar. Termasuk pada mesin oven *rotary* tipe NFX-320 yang menggunakan bahan bakar gas LPG yang dikonversikan menjadi api untuk kemudian panasnya digunakan untuk mengeringkan sekaligus mengubah bentuk adonan roti menjadi roti. Mesin oven *rotary* adalah mesin yang digunakan untuk menheringkan suatu material (umumnya bahan dasar makanan) hingga mencapai kadar air yang dikehendaki, dengan sistem PLC (*Programable Logic Control*) yang secara otomatis akan menggerakkan sistem *rotary* dan temperatur ruang pemanasan. Perhitungan panas yang digunakan yaitu dengan perpindahan panas konveksi dan efisiensi termal. Konveksi adalah perpindahan panas melalui aliran yang zat perantaranya ikut berpindah, misalnya temperatur air yang naik turun ketika mendidih. Sedangkan efisiensi termal adalah ukuran tanpa dimensi yang menunjukkan performa peralatan termal. Dari hasil perhitungan dengan data yang didapat dari lapangan, didapat nilai efisiensi termal sebesar 59%. Dari hasil ini adapat disimpulkan bahwa mesin oven *rotary* tipe NFX-320 yang diteliti masih memerlukan perbaikan, karena nilai efisiensi termal untuk sebuah konstruksi adalah minimal 65%.

Kata Kunci

Efisiensi, Oven, Panas, Pengeringan.

1. PENDAHULUAN

Menurut Syafriyudin (2009) Pengeringan merupakan proses pengurangan kadar air bahan hingga mencapai kadar air tertentu sehingga menghambat laju kerusakan bahan akibat aktifitas biologis dan kimia. Dalam proses pengeringan, dikenal beberapa metode diantaranya; pengeringan alamiah menggunakan panas matahari, pengeringan menggunakan bahan bakar dan pengeringan gabungan (Made Adi K : 2018).

Pada saat ini polusi udara, khususnya di kota-kota besar dan kawasan industri sangatlah tinggi, sehingga sebuah perusahaan makanan tidak mungkin untuk mengeringkan bahan makanan dengan metode alamiah (menggunakan sinar matahari langsung) karena faktor higienisitas adalah faktor utama dalam keberhasilan produksi makanan. Juga lamanya waktu pengeringan dengan metode alamiah juga menjadi pertimbangan sendiri suatu perusahaan makanan menggunakan mesin untuk mengeringkan bahan atau produknya, karena perusahaan pada umumnya menargetkan hasil produksi yang tinggi.

Penggunaan mesin dalam pengeringan tentunya akan menambah biaya produksi sebuah perusahaan makanan, karena penggunaan mesin merupakan metode pengeringan

dengan menggunakan bahan bakar. Secara otomatis perusahaan harus membeli bahan bakar untuk kelangsungan proses pengeringan. Oleh karena itu perlu dilakukan pengukuran efektifitas mesin, agar diketahui sejauh mana bahan bakar tersebut diserap oleh objek pengeringan. Apabila nilai efektifitas mesin tersebut rendah, maka perlu dilakukan evaluasi agar biaya penggunaan bahan bakar bisa lebih ditekan.

Perhitungan efektifitas mesin adalah dengan cara mencari nilai efisiensi termal. Perhitungan efisiensi termal pada mesin oven *rotary* menjadi sangat penting untuk dapat mengevaluasi kinerja mesin. Apabila nilai efisiensi termal rendah maka dapat diartikan bahwa bahan bakar yang terbuang lebih besar daripada yang termanfaatkan oleh objek pengeringan, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap konstruksi mesin tersebut. Sedangkan apabila mesin nilai efisiensi thermal tersebut tinggi maka dapat diartikan bahwa bahan bakar yang terbuang lebih kecil dan lebih banyak panas yang diserap oleh objek pengeringan, sehingga dapat dikatakan bahwa mesin tersebut layak untuk kegiatan produksi.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Pengeringan

Pengeringan secara umum didefinisikan sebagai pengambilan sejumlah kecil air dari bahan yang dikeringkan dengan menggunakan panas. Operasi pengeringan dilakukan dengan menghembuskan udara panas yang tidak jenuh pada bahan yang akan dikeringkan. Udara panas tersebut disebut media pengering yang menyediakan panas untuk penguapan air dan sekaligus membawa uap air keluar. Berbeda dengan evaporasi dimana pada proses ini air yang teruapkan dari bahan memiliki jumlah yang relatif besar. Dalam evaporasi air teruapkan pada titik didihnya, sementara dalam operasi pengeringan, air yang terambil berada dalam keadaan uap.

Pengering dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Pengering berdasarkan kondisi operasinya Pengering berdasarkan kondisi operasinya dibagi dua yaitu pengering yang beroperasi secara batch dan pengering yang beroperasi secara kontinyu.
2. Pengering berdasarkan perpindahan panasnya Pengering yang berdasarkan perpindahan panasnya diklasifikasikan menjadi:
 - a. Pengering adiabatik (pengering langsung) Pengering yang dalam prosesnya bahan yang akan dikeringkan dikontakkan secara langsung dengan media pengering. Media pengering yang digunakan dapat berupa udara hasil pembakaran ataupun hasil pemanasan udara dengan alat pemanas.
 - b. Menurut Mc.Cabe & Smith, (1993) pengering non adiabatik (pengering tidak langsung) adalah pengering yang prosesnya panas berpindah menuju bahan dari medium luar. Dalam pengering ini gas yang harus dikeluarkan adalah uap air/uap zat pelarut.

(Maulana, Ajat : 2018)

2.2 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah Ilmu yang mempelajari tentang laju perpindahan panas diantara material/benda karena adanya perbedaan suhu (panas dan dingin). Panas akan mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ketempat yang suhunya lebih rendah. Pada pengeringan roti dengan menggunakan mesin oven *rotary* menggunakan prinsip perpindahan panas konveksi. Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas karena adanya gerakan atau aliran atau pencampuran dari bagian panas ke bagian yang dingin. Persamaan perpindahan panas konveksi adalah :

$$Q = h.A.\Delta T \quad (1)$$

Dimana :

- Q = Kalor yang dipindahkan
 T = Waktu
 h = Koefisien konveksi
 A = Luas Penampang Melintang
 ΔT = Perubahan Suhu

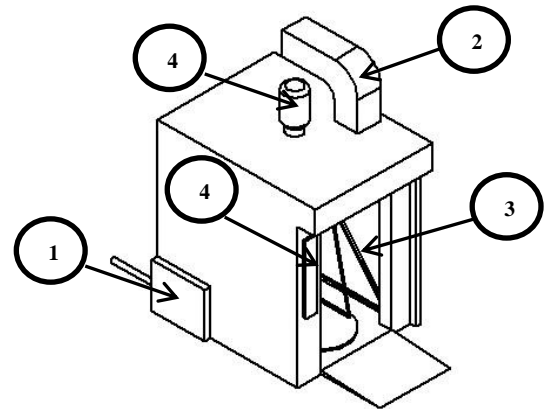
(J.P. Holman:1995)

2.3 Efisiensi termal

Efisiensi termal adalah ukuran tanpa dimensi yang menunjukkan performa peralatan termal seperti mesin pembakaran dalam dan sebagainya (id.m.wikipedia.org). Panas yang masuk adalah energi yang didapatkan dari sumber energi. Keluaran yang diinginkan dapat berupa panas atau kerja, untuk perhitungan efisiensi termal panas dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$\eta_t = \frac{\text{Panas yang dimanfaatkan}}{\text{panas input}} \times 100 \% \quad (2)$$

2.3 Prinsip Kerja Mesin Oven *Rotary* Tipe NFX-320



Gambar 1 Sistem kerja mesin oven rotary tipe NFX-320
Keterangan :

1. Saluran gas LPG (udara panas masuk)
2. Cerobong asap (udara panas keluar)
3. Ruang pengeringan (roti masuk dan keluar)
4. Motor penggerak trolley
5. Sistem kontrol PLC

Mesin oven *rotary* pada awalnya bekerja dengan perintah sistem kontrol PLC (*Programable Logic Controlled*), sistem kontrol PLC pada mesin oven rotary diantaranya pengaturan waktu dan pengaturan temperatur. pada gambar tertera di nomor 5.

Setelah waktu dan temperature diatur, maka udara panas yang berasal dari gas LPG (pada gambar tertera di nomor 1) akan masuk melalui saluran gas LPG menuju ruang pengeringan. Ruang pengeringan temperaturnya akan menyesuaikan sesuai dengan perintah yang tertera pada sistem kontrol PLC.

Motor penggerak (pada gambar tertera di nomor 4) yang berada di bagian atas mesin oven *rotary* akan secara otomatis berputar menggerakkan trolley tempat penyimpanan roti yang berada dalam ruangan pengeringan setelah sistem kontrol PLC diatur temperatur dan waktunya. Trolley yang membawa roti akan berputar pada temperatur dan waktu yang telah ditentukan (160°C selama 45 menit). Udara panas akan keluar

melalui cerobong asap di bagian atas mesin oven rotary. Pada gambar tertera di nomor 2.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Berikut ini adalah metode yang digunakan dalam penelitian :

1. Mulai
2. *Study Literature*
3. Analisa Mesin
4. Pengambilan Data
5. Pengolahan Data
6. Kesimpulan
7. Selesai

3.1 Metodologi Pengambilan Data

Berikut ini adalah metode dalam pengambilan data :

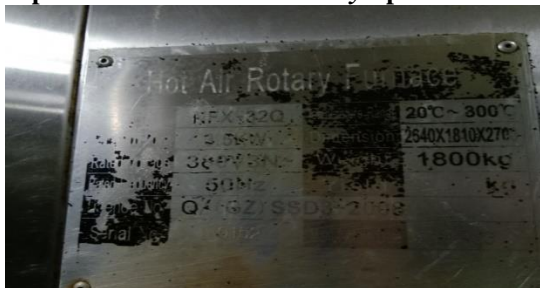
1. Mulai
2. *Study Literature*
3. Pengambilan data, meliputi :
 - a. Spesifikasi mesin
 - b. Pengukuran temperatur masuk dan keluar
 - c. Monitor Mesin Oven Rotary
4. Pengolahan Data
5. Kesimpulan
6. Selesai

3.1.1 Mesin Oven Rotary tipe NFX-320



Gambar 2 Mesin Oven Rotary Tipe NFX-320

3.1.2 Spesifikasi Mesin Oven Rotary tipe NFX-320



Gambar 3 Spesifikasi Mesin Oven Rotary tipe NFX-320

3.1.3 Pengukuran Temperatur Masuk dan Keluar



Gambar 4 Mengukur Temperatur Masuk dan Keluar dengan Menggunakan Thermometer Inframerah

3.1.4 Monitor Mesin Oven Rotary tipe NFX-320



Gambar 5 Monitor Mesin Oven Rotary Tipe NFX-320 yang Menunjukkan Temperatur dalam Ruang Pengeringan Oven

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengukuran

Berikut ini adalah data hasil pengukuran mesin oven rotary tipe NFX-320 untuk dapat mencari nilai efisiensi thermal mesin :

Tabel 1 Data Hasil Pengukuran Mesin Oven Rotary tipe NFX-320

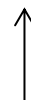
Variabel yang diukur	Hasil Pengukuran
Temperatur udara panas masuk	150 °C
Temperatur udara keluar	110 °C
Temperatur roti masuk	30 °C
Temperatur roti keluar	80 °C
Kadar air roti masuk	40-43%
Kadar air roti keluar	35,16-38,43%
Cp roti	0,43 kJ/kg°C
Laju udara kering masuk	1,78 m ³ /s
Laju udara kering keluar	0,6 m/s

3.2 Pengolahan Data

Dari data-data yang diperoleh, dilakukan langkah perhitungan untuk mendapatkan mencari nilai efisiensi termal mesin oven rotary sebagai berikut:

3.2.2 Neraca panas mesin oven rotary

Q_{loss}





Gambar 6 Neraca panas mesin oven rotary

$$\begin{aligned} \text{Massa masuk} &= \text{Panas Keluar} \\ Q_A &= Q_B + Q_{\text{loss}} \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Q_A &= \text{Laju panas yang berasal dari gas LPG} \\ Q_B &= \text{Panas yang diserap oleh oven} \\ Q_{\text{loss}} &= \text{Laju alir panas yang keluar} \end{aligned}$$

3.2.3 Pengolahan Data

Berikut ini adalah langkah-langkah untuk menentukan nilai efisiensi termal mesin oven rotary :

- Mencari Q dititik Q_A :
Menentukan angka Reynolds titik Q_A aliran udara mesin oven rotary
Menentukan temperatur Film :

$$T_f = \frac{T_w - T_\infty}{2}$$

$$T_f = \frac{160 + 150}{2}$$

$$T_f = 155 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_f = 155 + 273$$

$$T_f = 428 \text{ K}$$

Maka dari temperatur 428 K didapat angka dibawah ini dari tabel A-5 buku perpindahan kalor JP. Holman :

$$v = 0,00002706 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Pr = 0,687$$

$$k = 0,03460 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$C_p = 1,0158 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

Menentukan angka Reynolds:

$$Re_A = \frac{U_m A}{v}$$

$$Re_A = \frac{1,78 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 4,778 \text{ m}^2}{0,00002706 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re_A = 31.429.563 \text{ m}^3$$

Maka angka Reynolds aliran udara adalah 31.429.563 m^3 yang merupakan aliran turbulen

$$\begin{aligned} Nu_A &= \frac{hA}{k} = Pr^{1/3} (0,037 Re_A^{0,8} - 850) \\ &= (0,687)^{1/3} (0,037) (31.429.563)^{0,8} - 850 \\ &= 0,229 \cdot 0,037 \cdot 25.143.650 - 850 \\ &= 212.042 \end{aligned}$$

$$h = Nu_A \frac{k}{A} = \frac{(212.042)(0,03460)}{4,778} = 1529,3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q = h \cdot A \cdot (T_w - T_\infty)$$

$$Q = 1529,3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot 4,778 \text{ m}^2 \cdot (160 \text{ }^\circ\text{C} - 150 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$= 73.070 \text{ W}$$

Total panas masuk di titik Q_A adalah 73.070 W

- Mencari Q dititik Q_B :
Menentukan angka Reynolds titik Q_B aliran udara mesin oven rotary
 $T_f = \frac{T_w - T_\infty}{2}$
 $T_f = \frac{160 + 110}{2}$
 $T_f = 135 \text{ }^\circ\text{C}$
 $T_f = 135 + 273$
 $T_f = 408 \text{ K}$
Maka dari temperatur 408 K didapat angka dibawah ini dari tabel A-5 buku perpindahan kalor JP. Holman :

$$v = 0,00002636 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Pr = 0,688$$

$$k = 0,03337 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$C_p = 1,0145 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

Menentukan angka Reynolds :

$$Re_A = \frac{U_m A}{v}$$

$$Re_A = \frac{1,78 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 4,778 \text{ m}^2}{0,00002636 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re_A = 3.226.418,9 \text{ m}^3$$

Maka angka Reynolds aliran udara adalah 3.226.418,9 m^3 yang merupakan aliran turbulen

$$\begin{aligned} Nu_A &= \frac{hA}{k} = Pr^{1/3} (0,037 Re_A^{0,8} - 850) \\ &= (0,688)^{1/3} (0,037) (3.226.418,9)^{0,8} - 850 \\ &= 0,27 \cdot 0,037 \cdot 2.581.135,1 - 850 \\ &= 25.785 \end{aligned}$$

$$h = Nu_A \frac{k}{A} = \frac{(25.785)(0,03337)}{4,778} = 180,09 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

$$Q = 180,09 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot 4,778 \text{ m}^2 \cdot (160 \text{ }^\circ\text{C} - 110)$$

$$Q = 43.023 \text{ W}$$

Total panas di titik Q_B (yang dimanfaatkan mesin) adalah 43.023 W

- mencari nilai Q di titik Q_{loss}
 $Q_A = Q_B + Q_{\text{loss}}$
 $73.070 = 43.023,5 + Q_{\text{loss}}$
 $Q_{\text{loss}} = 73.070 - 43.023$
 $Q_{\text{loss}} = 30.047$
- Mencari nilai efisiensi termal mesin oven rotary pada pengeringan bahan dasar roti:
Efisiensi termal = $\frac{Q_{\text{masuk total}} - Q_{\text{loss}}}{Q_{\text{masuk total}}} \times 100\%$
Efisiensi termal = $\frac{73.070 - 30.047}{73.070} \times 100\%$
Efisiensi termal = $\frac{43.023}{73.070} \times 100\%$
Efisiensi termal = 59 %

Berdasarkan perhitungan efisiensi termal mesin oven *rotary* tipe NFX-320 pada pengeringan bahan dasar roti adalah 59 %.

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan perhitungan efisiensi termal mesin oven *rotary* tipe NFX-320 dengan menggunakan persamaan perpindahan panas konveksi, nilai efisiensi termalnya adalah 59%. Dari hasil analisis saya menyimpulkan bahwa mesin oven *rotary* tipe NFX-320 masih perlu dilakukan perbaikan pada sumber panasnya, yaitu dengan cara menaikkan temperatur masuk. Apabila temperatur masuk naik, maka secara otomatis efisiensi termal juga akan naik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad Zikri (2015) Uji Kinerja *Rotary Dryer* Berdasarkan Efisiensi Termal Pengeringan Serbuk Kayu Untuk Pembuatan Biopellet. Jurnal Teknik Kimia No. 2, Vol. 21, April 2015, Hal. 50.
- [2] M. Ivan Fadli (2015) Perancangan Alat Teknologi Tepat Guna Mesin Oven Pengering Roti. Jurnal Teknik Mesin Fakultas Teknik - Universitas Wijaya Putra Surabaya No.- Vol.- Tahun 2015 Hal. 2.
- [3] Made Adi K., (2017) Analisa Temperatur Alat Pengering Cengkeh Habrid. Jurnal Jurusan Pendidikan Teknik Mesin No. 2, Vol. 8, Tahun 2017, Hal. 2.
- [4] <https://id.m.wikipedia.org> Diakses pada Senin, 10 Juni 2019 pukul 07.30 WIB.
- [5] Holman, J.P. (1995) Perpindahan Kalor Edisi Keenam. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- [6] Maulana, Ajat (2018) Proses Kerja *Rotary Dyer* Pada Pembuatan Pupuk Organik Berbentuk Granul di PT. Petrosida Gresik Sumedang. Majalengka : Fakultas Teknik Universitas Majalengka.