



## PENGARUH *INITIAL MOISTURE CONTENT* DAN MASSA TEPUNG PADA PROSES PENGERINGAN TEPUNG TAPIOKA MENGUNAKAN PENGERING UNGGUN FLUIDISASI

Ika Permatasari, Laela Khaerunnisa Eugenia, Suherman<sup>\*)</sup>

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jln. Prof Sudharto, Tembalang, Semarang 50239, Telp/Fax : (024)7460058

### Abstrak

*Pada industri tepung tapioka skala home industry, pengeringan tepung tapioka umumnya masih mengandalkan sinar matahari yang menyebabkan kualitas produk tidak seragam dan di bawah standar. Dari kelemahan pengeringan konvensional tersebut, teknologi fluidized bed dryer dapat diterapkan untuk pengeringan tepung tapioka. Tujuan dari penelitian pengeringan tepung tapioka dengan fluidized bed drying adalah untuk membuat kurva pengeringan, mempelajari pengaruh massa umpan dan initial moisture content terhadap pengeringan, dan uji kualitas produk tepung tapioka. Proses pengeringan menggunakan fluidized bed sistem batch dengan umpan tepung tapioka. Pada penelitian ini variabel tetap percobaan antara lain suhu operasi 60 °C, laju alir udara pengering 2,7 m/s, dan waktu operasi 45 menit. Variabel berubahnya antara lain initial moisture content dan massa umpan. Hasil yang didapatkan adalah nilai RH udara pengering keluar dan T udara pengering keluar yang akan ditunjukkan melalui kurva laju pengeringan. Analisa produk dilakukan dengan uji keputihan, kandungan starch, dan kadar air, dan kadar serat. Selama proses pengeringan, relative humidity dan humidity udara keluar pengering semakin menurun, sementara suhu udara keluar pengering semakin naik. Pengaruh massa umpan terhadap profil kandungan uap air produk yaitu semakin sedikit massa tepung yang dikeringkan, maka semakin cepat tepung kering. Pengaruh massa umpan terhadap laju pengeringan produk yaitu semakin sedikit massa tepung yang dikeringkan maka laju pengeringannya semakin tinggi.*

**Kata Kunci :** *Fluidized Bed Drying; Massa Tepung; Tepung Tapioka*

### Abstract

*In tapioca starch home industry, flour drying still using conventional drying which relies on sunlight that cause product quality not uniform and under standard. From conventional drying weakness, fluidized bed drying technology can be applied to flour drying. The purpose of this research is to make drying curve, studied the effect of feed mass and initial moisture content to drying, and quality test of tapioca starch product. In this study, dependent variables are operating temperature 60 °C, drying air flow rate 2,7 m/s, operation time 45 minutes, and humidity inlet air. The independent variables are initial moisture content and feed mass. The result obtained is the value of RH and T air dryer air dryer exit out obtained through the curve will show the rate of drying. Analysis of products made with white test, starch content, moisture content, and fiber content. During drying process, relative humidity and humidity of outlet drying air are decreases, while temperature outlet drying air is increase. The effect of mass feed to moisture content product profile is the less of mass feed to be dried, and flour can dry faster. The effect of mass feed to drying rate is the less mass feed to be dried, the higher drying rate.*

**Keyword :** *Flour Mass; Fluidized Bed Drying; Tapioca Starch*

### 1. Pendahuluan

Pada industri tepung tapioka skala *home industry*, pengeringan tepung umumnya masih menggunakan pengeringan secara konvensional yaitu mengandalkan sinar matahari. Kualitas produk seringkali tidak seragam dan di bawah standar sebagai bahan produk makanan dan kadang hal ini menyebabkan harga produk jatuh karena ditolak oleh pembeli sesampainya di lokasi penjualan. Teknologi *fluidized bed dryer* dapat diterapkan untuk pengeringan tepung tapioka, karena kemampuannya untuk menghasilkan produk bentuk bubuk dari umpan larutan, suspensi, slurries, dan pasta, (Strumillo dkk, 1983; Adamiec dkk, 2007; Kudra dan Mujumdar, 2007; Reyes dkk, 2008). Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat kurva pengeringan tepung tapioka menggunakan pengering unggun fluidisasi, mempelajari pengaruh massa umpan terhadap kurva pengeringan, dan melakukan uji kualitas produk tepung tapioka.

<sup>\*)</sup> Penulis Penanggung Jawab (Email: [suherman@undip.ac.id](mailto:suherman@undip.ac.id))

## 2. Metodologi

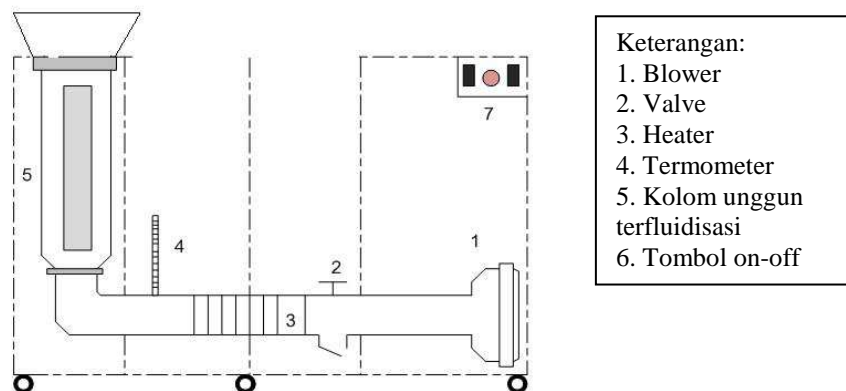
### Kalibrasi Alat

Jalankan alat fluidized bed dryer tanpa diisi umpan, mula-mula dihitung temperatur gas dan laju alir gas menggunakan anemometer selama 1 menit sekali hingga tiga kali konstan.

### Persiapan Bahan Baku

Tepung tapioka ditimbang sesuai variabel yang digunakan. Sebelumnya untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam tepung dapat diketahui dengan cara memasukkan 5 gram tepung ke dalam oven bersuhu 110 °C selama 3 jam.

### Tahap Pengeringan dalam Fluidized Bed Dryer



Gambar 1. Alat Pengering Fluidisasi

Tepung tapioka yang sudah ditimbang sesuai variabel dimasukkan ke dalam kolom fluidized bed dryer. Setelah alat dijalankan, operasi berjalan selama 45 menit. Setiap 30 detik diukur temperatur dan *relative humidity* menggunakan humiditymeter. Setelah 45 menit, tepung dalam kolom ditimbang beratnya kemudian diambil 5 gram untuk dioven selama 3 jam agar diketahui berapa kadar air minimum yang terkandung dalam tepung tersebut.

### Pembuatan Kurva Pengeringan

Dalam proses pengeringan tepung tapioka, suhu udara pengering yang masuk dan yang keluar diukur dengan thermometer digital. Selain itu, data lain yang diperoleh adalah humiditi udara masuk dan udara keluar yang diukur dengan alat humidity meter.

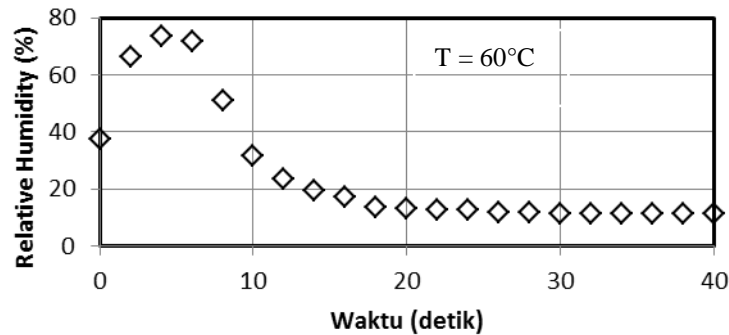
Dari pengukuran humiditi udara, maka kandungan uap air pada padatan dapat dihitung dengan rumus:

$$X(t) = X_o - \frac{M_d}{M_{s,dry}} \int_{t=0}^t (Y_{out}(t) - Y_{in}(t)) dt \quad (1)$$

Di mana  $M_{s,dry}$  adalah masa padatan kering,  $\dot{M}_g$  adalah laju alir massa udara. Sedangkan laju pengeringan masih dihitung dalam bentuk  $dX/dt$ .

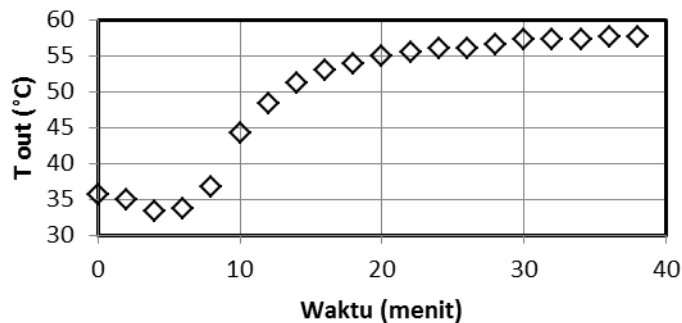
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Tipikal Kurva Pengeringan



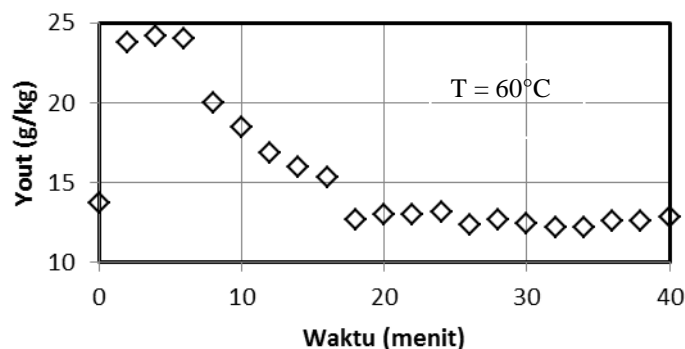
Gambar 2. Profil *relative humidity* (RH) udara keluar pengering ( $60^{\circ}\text{C}$ , massa umpan 200 gram)

Gambar 2 menunjukkan profil *relative humidity* udara keluar pengering. Pada awal pengeringan *relative humidity* (RH) naik dengan cepat. Hal ini menunjukkan adanya perpindahan massa uap air dari bahan ke udara pengering. Kemudian dengan berjalannya waktu pengeringan, RH turun karena perpindahan uap air dari bahan semakin berkurang. Ketika kandungan uap air dari bahan semakin kecil, maka RH udara keluar pengering mendekati konstan karena sudah tidak terjadi perpindahan massa pada pengeringan.



Gambar 3. Profil suhu udara keluar pengering ( $60^{\circ}\text{C}$ , massa umpan 200 gram)

Gambar 3 menunjukkan profil suhu udara keluar pengering. Mula-mula suhu operasi konstan karena terjadi periode laju pengeringan konstan. Pada periode ini, uap air yang terkandung dalam bahan berdifusi ke udara pengering. Suhu udara keluar pengering naik dengan cepat menandakan kandungan uap air dari bahan semakin kecil (Pronyk, 2010). Periode ini disebut periode laju pengeringan menurun. Kemudian suhu udara keluar pengering naik mendekati suhu udara masuk ( $60^{\circ}\text{C}$ ). Hal ini menunjukkan tidak ada perpindahan massa uap air dari bahan ke udara pengering, dalam arti lain padatan sudah mendekati kering.



Gambar 4. Profil *humidity* (Y) udara keluar pengering ( $60^{\circ}\text{C}$ , massa umpan 200 gram)

Gambar 4. menunjukkan profil *humidity* udara keluar pengeringan. Percobaan mendapatkan data suhu dan *relative humidity*, dari data suhu yang diperoleh, didapat tekanan uap saturasi menggunakan rumus Antoine (2) :

$$\ln P_{v \text{ sat}} = A - \frac{B}{T} \quad (2)$$

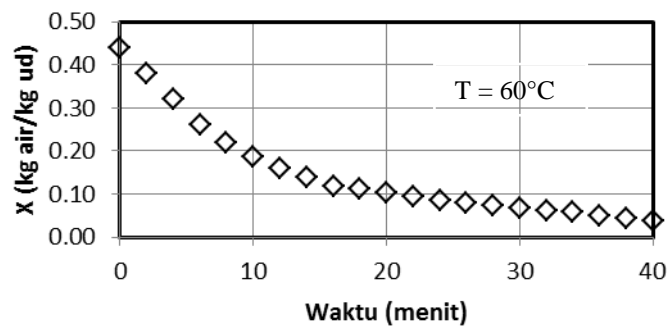
Setelah didapat harga  $P_{v \text{ sat}}$ , didapat harga  $P_v$  dengan menggunakan rumus (3) :

$$P_v = \frac{RH \times P_{v \text{ sat}}}{100} \quad (3)$$

Diketahui harga  $P_v$ , *humidity* udara keluar pengering dapat dihitung menggunakan rumus (4) :

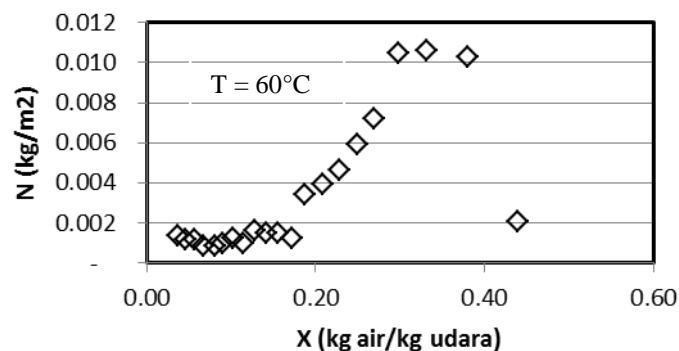
$$Y = 0.622 RH \frac{P_{v^*}}{(P - RH P_{v^*})} \quad (4)$$

Terdapat dua periode dalam proses pengeringan, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4 pada awal pengeringan *humidity* udara keluar pengering konstan yang menunjukkan laju pengeringan konstan. Periode kedua yaitu pada menit ke 8 sampai 18 terjadi penurunan *humidity* secara drastis karena laju pengeringan menurun. Proses penguapan pada tiap variabel massa tepung terjadi dengan cepat yang kemudian humiditas udara pada keluaran menurun dengan sangat lambat Periode ketiga yaitu pada menit ke-18 dan seterusnya *humidity* mendekati konstan. Hal ini disebabkan laju pengeringan mendekati nol.



Gambar 5. Profil kandungan uap air produk selama proses pengeringan (60°C, massa umpan 200 gram)

Gambar 5 menunjukkan profil kandungan uap air produk selama proses pengeringan. Kadar air mula-mula yang terkandung dalam umpan diukur menggunakan oven selama 3 jam pada suhu 110°C (SNI 01-2891-1992). Setelah dilakukan pengovenan, didapat kadar air mula-mula pada umpan adalah 44% (basis basah). Pada awal proses pengeringan, kadar air bahan menurun drastis dengan kemiringan konstan kemudian menurun landai dan akhirnya hampir konstan. Proses pengeringan dibagi menjadi dua tahapan yaitu laju pengeringan konstan dan laju pengeringan menurun. Disebabkan oleh proses perpindahan massa berupa air baik secara konveksi maupun difusi. Semakin lama proses pengeringan berlangsung, semakin sedikit kandungan uap air pada bahan karena telah terikat oleh udara pengering. Proses pengeringan dilakukan selama 40 menit yang pada akhirnya didapat produk dengan kadar uap air sebesar 3%.



Gambar 6. Profil laju pengeringan (N) pada suhu 60°C pada variabel massa umpan 200 gram

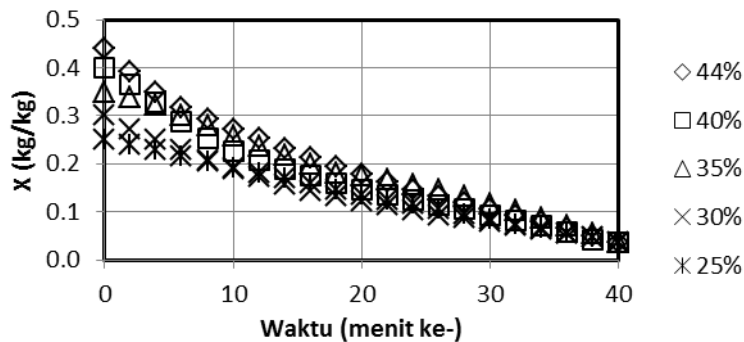
Gambar 6 menunjukkan profil laju pengeringan. Proses pengeringan terjadi dalam dua tahapan, yaitu laju pengeringan konstan dan laju pengeringan menurun. Periode laju pengeringan menurun dibagi menjadi dua yaitu permukaan bahan sebagian basah dan permukaan bahan kering. Bagian ketiga menunjukkan bahwa permukaan bahan sudah kering sehingga pengeringan mengalami laju yang konstan (Keey, 1992).

Laju pengeringan konstan dapat dilihat pada awal proses pengeringan di kadar uap air bahan 40 % sampai 30 %. Sehingga dapat dikatakan kadar uap air kritis pada 30%. Setelah mencapai kadar uap air kritis, proses pengeringan berubah menjadi laju pengeringan menurun disebabkan karena kandungan uap air permukaan sudah habis. Laju pengeringan terus turun sampai mencapai kadar uap air 3%. Setelah mencapai titik kritis kedua yaitu pada kadar uap air 18%, pengeringan mulai memasuki periode kedua laju pengeringan menurun. Menghitung laju pengeringan menggunakan rumus (5):

$$N = - \frac{M_s dX}{A dt} \quad (5)$$

Dimana N merupakan laju pengeringan ( $\text{kg/m}^2 \text{detik}$ ),  $M_s$  merupakan massa bahan yang dikeringkan (kg), A merupakan luas kolom pengeringan ( $\text{m}^2$ ), X merupakan kandungan uap air ( $\text{kg/kg}$ ), dan t merupakan waktu dalam satuan detik.

**Pengaruh *initial moisture content* terhadap profil kandungan uap air produk**

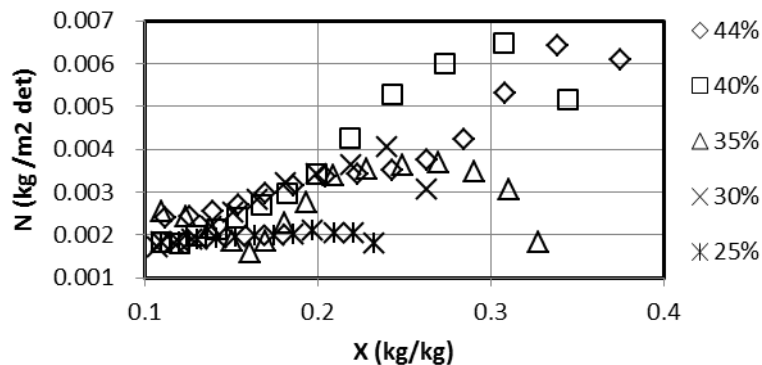


Gambar 7. Pengaruh *initial moisture content* terhadap profil kandungan uap air produk

Gambar 7 menunjukkan pengaruh *initial moisture content* terhadap profil kandungan uap air produk. Semakin lama waktu operasi maka kandungan uap air dalam tepung menurun. Dalam kasus pengeringan secara konveksi, kandungan uap air dipengaruhi oleh kinetika pengeringan, hal ini merupakan efek lanjutan dari pengaruh perubahan temperatur pada bahan karena evaporasi kandungan uap air (Garcia, 1992). Variabel *initial moisture content* pada pengeringan bahan berbentuk bubuk halus tidak berpengaruh karena air menguap hanya pada permukaan bahan saja (Kim, 2008).

Semakin sedikit kandungan uap air yang harus dihilangkan, maka perubahan temperatur juga semakin kecil, dapat dikatakan bahwa variabel *initial moisture content* tidak terlalu berpengaruh dalam proses pengeringan. Hal ini dikarenakan energi, laju udara pengering, suhu operasi yang digunakan sama, begitu juga beban umpan yang harus dikeringkan, *initial moisture content* hanya berpengaruh pada mula-mula proses pengeringan, untuk selanjutnya variabel ini tidak berpengaruh.

**Pengaruh *initial moisture content* terhadap profil laju pengeringan produk**



Gambar 8. Pengaruh *initial moisture content* terhadap profil laju pengeringan produk

Gambar 8 pengaruh *initial moisture content* terhadap profil laju pengeringan produk menunjukkan bahwa tiap variabel memiliki fenomena yang sama. Walaupun pengeringan dimulai dengan kandungan uap air mula-mula yang berbeda-beda, namun pada akhirnya laju pengeringan cenderung menuju ke arah yang sama. Namun

kinetika laju pengeringan pada variabel 35% mengalami penyimpangan karena uap air pada bahan tidak terdistribusi secara merata.

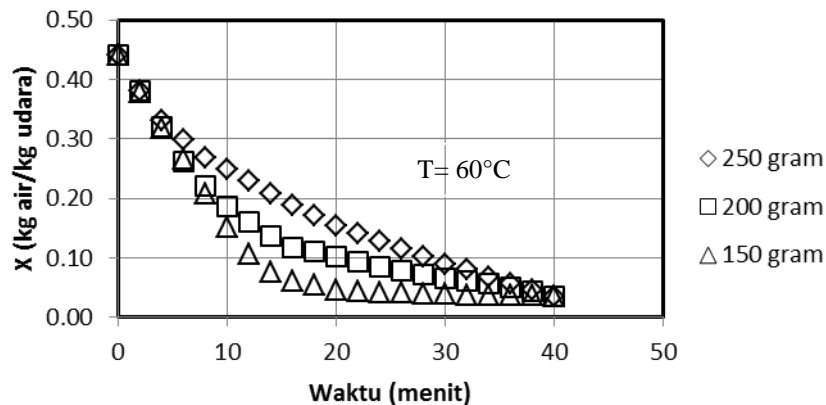
Hal ini disebabkan oleh gaya kohesi-adhesi dan elektrostatis yang terjadi. Kohesi terjadi karena adanya gaya tarik menarik antara tepung dengan air yang menyebabkan partikel saling melekat. Kandungan uap air berpengaruh terhadap kelengketan bahan. Kenaikan laju kohesi berbanding lurus dengan penurunan kandungan uap air bahan, hal ini sesuai dengan percobaan pada makanan berkadar gula atau mengandung maltodekstrin (Goula, 2007). Saat proses pengeringan berlangsung, lapisan bahan menebal dan permukaan bahan menjadi *glassy*. Dapat disimpulkan bahwa *initial moisture content* yang rendah dapat meningkatkan gaya kohesi atau tarik menarik antara tepung dengan air. Pada variabel 35% mengalami laju pengeringan paling rendah disebabkan gaya tarik menarik yang besar antara tepung dengan air.

Ketidakteraturan laju pengeringan tersebut dapat juga disebabkan ketidak homogenan kandungan uap air yang terserap dalam bahan. Gaya elektrostatis juga dapat mempengaruhi ketidakseragaman laju pengeringan ini karena banyaknya tepung yang sudah kering tarik menarik dengan dinding kolom sehingga penyebaran bahan dalam kolom tidak merata.

Jika dilihat dari hidrodinamika fluidisasi, semakin sedikit kadar *initial moisture content*, bahan akan lebih cepat kering dan mudah terfluidisasi. Hal ini menyebabkan perpindahan uap air dari bahan ke udara lebih cepat sehingga laju pengeringan akan terjadi lebih cepat pula.

Kim (2008), menjelaskan bahwa pengaruh variabel *initial moisture content* pada pengeringan bahan berbentuk bubuk halus, tidak berpengaruh menaikkan laju pengeringan selama air berada dalam permukaan bahan, maka air menguap hanya pada permukaan bahan saja.

#### Pengaruh massa umpan terhadap profil kandungan uap air produk



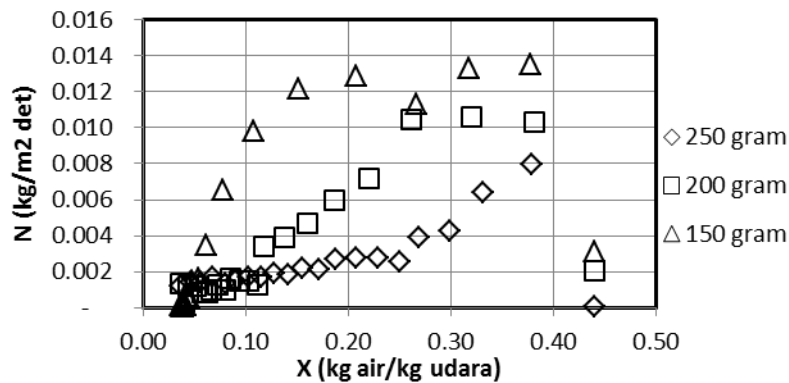
Gambar 9. Pengaruh massa umpan terhadap profil kandungan uap air produk

Gambar 9 menunjukkan pengaruh massa umpan terhadap profil kandungan uap air produk. Pada pengeringan ini terjadi dua periode yaitu periode laju pengeringan konstan dan periode laju pengeringan menurun. Periode laju pengeringan konstan diatur sepenuhnya oleh laju pemanasan eksternal dan perpindahan massa air pada permukaan penguapan. Sebagian besar bahan makanan memiliki periode laju pengeringan konstan yang singkat (Murthy, 2007).

Pada awal pengeringan, kandungan uap air dari bahan menurun dengan cepat karena terjadi perpindahan massa uap air dari bahan ke udara pengering. Dalam zat padat berpori, kebanyakan dari air yang dikeluarkan pada periode laju konstan berasal dari bagian dalam zat padat (Mujumdar, 2004). Kemudian kandungan uap air dari bahan turun landai. Hal ini menunjukkan kandungan uap air dari bahan semakin kecil sehingga perpindahan uap air dari bahan ke udara pengering sangat kecil.

Pengaruh massa umpan terhadap profil kandungan uap air produk yaitu semakin sedikit massa tepung yang dikeringkan, maka semakin cepat tepung kering yang ditandai dengan menurunnya kandungan uap air pada bahan. Pada menit yang sama, menit ke-20, laju pengeringan massa umpan 150 gram lebih cepat jika dibandingkan dengan massa umpan 200 gram dan 250 gram.

#### Pengaruh massa umpan terhadap profil laju pengeringan produk



Gambar 10. Pengaruh massa umpan terhadap profil laju pengeringan produk

Gambar 10 menunjukkan hubungan antara massa umpan terhadap profil laju pengeringan. Pada proses pengeringan ini terjadi dua periode laju pengeringan yaitu laju pengeringan konstan dan laju pengeringan menurun. Awal pengeringan mula-mula terjadi laju pengeringan konstan. Kemudian laju pengeringan menjadi menurun karena kandungan uap air pada bahan semakin kecil. Laju pengeringan suatu bahan tergantung pada parameter prosesnya. Pada percobaan ini parameter prosesnya adalah massa umpan yang berbeda (McMinn, 2005).

Pada variabel massa umpan 150 gram, laju pengeringannya lebih tinggi jika dibandingkan laju pengeringan variabel massa umpan 200 gram dan 250 gram. Pada massa umpan 150 gram, kandungan air yang terdapat pada bahan lebih sedikit sehingga laju pengeringannya lebih cepat. Sedangkan pada variabel massa umpan 250 gram, kandungan uap air pada bahan lebih banyak sehingga laju pengeringannya lebih lambat bila dibandingkan variabel lain. Hal ini karena adanya pengaruh hidrodinamika fluidisasi. Semakin berat umpannya, maka fluidisasi akan semakin lama.

#### Hasil Analisa Produk

Tujuan terakhir dari penelitian ini adalah analisa yang dibandingkan dengan parameter yang sudah distandardisasi oleh SNI seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisa Tepung Tapioka

Analisa	Produk Tepung Tapioka		
	Kualitas AAA	Uji I	Uji II
Tingkat Keputihan	Min 95,5	95,37	95,38
Starch (%)	>70	87,58	87,24
Kadar air	12 – 15%	10,45	10,72
Serat	Negatif	Tidak terdefinisi	Tidak terdefinisi

Sumber: Uji di Lab Pangan UGM

Tabel 1 menunjukkan perbandingan antara hasil analisa dengan parameter yang telah distandardisasi oleh SNI. Melalui dua kali pengujian, didapat bahwa tingkat keputihan produk dan kadar pati telah memenuhi SNI. Namun pada kadar air, dua kali pengujian menunjukkan bahwa kadar air produk masih dibawah SNI. Sedangkan untuk kandungan serat tidak terdefinisi.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Produk tepung tapioka dapat dikeringkan dari  $X_o = 44\%$  sampai  $X = 5\%$  dalam waktu 45 menit. Kualitas produk tepung tapioka memenuhi SNI ( $X = 11\%$ ) seperti derajat keputihan, kadar pati, tingkat kehalusan dan lain-lain. Kurva pengeringan tepung tapioka memiliki dua periode laju pengeringan, yaitu laju pengeringan konstan dan laju pengeringan menurun dengan  $X_c = 0,3$ . Semakin banyak massa umpan waktu pengeringan semakin lama. Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk memasang *additional equipment* pada alat fluidisasi untuk meningkatkan efisiensi pengeringan. Selain itu, proses pengeringan diharapkan dapat menggunakan sumber panas yang *renewable energy* dan mencoba proses pengeringan yang beroperasi secara *continue*.



#### DAFTAR PUSTAKA

- Adamiec, J., Kamisnski, W., Markowski, A., and Strumillo, C. 2007. *Drying of Biotechnological Products*. Handbook of Industrial Drying. A.S. Mujumdar (ed.) 3<sup>rd</sup> edition. Taylor & Francis, Boca Raton, FL, pp. 905 – 929.
- Badan Standar Nasional. 1992. *Cara Uji Makanan dan Minuman*. SNI 01-2891-1992. p. 04. Jakarta: BSN.
- Garcia, A., Iglesias, O., Roques, M., and Bueno, J. L. 1992. *Microwave Drying of agar gels: Kinetic parameters*. In *Drying*. pp 595 – 606.
- Goula, A. M., Thodoris, D. K., and Konstantinos, G. A. 2007. *Characterization of Tomato Pulp Stickiness during Spray Drying using a Contact Probe Method*. *Journal Drying Technology*, pp 25, 595.
- Kim, O. S., Dong, H. L., and Sang, D. K. 2008. *Drying Characteristics of Fine Powders in an Inert Medium Circulating Fluidized Bed*. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, Vol. 41. No.7, pp 705-709.
- Key, R. B. 1992. *Drying of Loose and Particulate Material*. New York: Hemisphere Publishing Corporation.
- Kudra, T. and Mujumdar, A. S. 2007. *Special Drying Techniques and Novel Dryers*. Handbook of Industrial Drying. A. S. Mujumdar (ed.) 3<sup>rd</sup> edition. Taylor & Francis, Boca Raton, FL, pp. 453 – 517.
- McMinn. 2005. *Thin-Layer Modeling of Microwave, Microwave-Convective, and Microwave-Vacuum Drying of Pharmaceutical Powders*. *Drying Technology*. hal. 518.
- Mujumdar, A. S. 2004. *Guide to Industrial Drying*. National University of Singapore. pp 4, 12, 92, 94.
- Murthy, Z. P. V., and Joshi, D. 2007. *Fluidized Bed Drying of Aonla (Embllica officinalis)*. *Journal of Drying Technology*. pp. 25, 886.
- Pronyk, C., Cenkowski, W.E., and Muir. 2010. *Drying Kinetics of Instant Asian Noodles Processed in Superheated Steam*. *Drying Technology*. pp 304.
- Reyes, A. Herrera, N., and Vega, R. 2008. *Drying Suspension in a Pulsed Fluidized Bed of Inert Particles*. *Drying Technology*. pp 122 – 131.
- Strumillo, C., Markwoski, A., and Kaminski, W. 1983. *Modern Development in Drying of Paste Materials*. In : *Advances in Drying*. A. S. Mujumdar (Ed). Vol.2. Hemisphere Publishing Corporation, Amsterdam. pp 193 – 232.