

RANCANG BANGUN ALAT TIPE *SPRAY DRYER* UNTUK PROSES PENGERINGAN SUSU BUBUK BERBASIS JAGUNG MANIS (*Zea mays saccharata*)

DESIGN OF *SPRAY DRYER* TYPE FOR DRYING PROCESS OF POWDER BASED ON SWEET CORN (*Zea mays saccharata*)

Astri Oktaviana Putri¹, Inez Artemisia Mentari¹, Robby Try Julyantiya¹, Selastia Yulianti¹, Erwana Dewi¹

¹Teknologi Kimia Industri/ Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang, Sumatera Selatan 30139 Telp.0711-353414.

*E-mail : kimia@polsri.ac.id, inezartemisia96@gmail.com.

ABSTRACT

Drying is one of techniques used in food preservation. Spray Dryer is a type of dryer that can change the feed from a fluid state into granules and then convert again into particles which are dried continuously in hot drying media. Spray dryer uses liquid atomization to form droplets, then the droplets formed are dried using dry air with high temperature and pressure. This 31emperat aims to produce high quality corn porridge milk. The drying process is carried out by a batch process where the material is put into a spray dryer and the process is allowed for a certain period of time. The heat transfer process that occurs in this tool is the main variable to determine the efficiency and performance of the tool produced. The drying process of milk powder was carried out at a temperature of 150° C and 160°C in 75 minutes. Based on the analysis, the calculation of heat transfer rate, drying rate, and thermal efficiency obtained a powdered milk product of 0.8 grams with a convection heat transfer rate of 1.6924 kJ, a conduction heat transfer rate of 1.299 kJ, a drying rate of 31.594 kg / hour. And thermal efficiency of 35%.

Keywords: Corn powder milk, Zea Mays Saccharata Sturt, Spray Dryer

1. PENDAHULUAN

Jagung merupakan salah satu bahan makanan dasar yang dapat diolah menjadi produk lain yang memiliki nilai gizi dan ekonomi yang lebih tinggi dan juga merupakan salah satu tanaman pangan dunia yang terpenting, selain gandum dan padi. Jagung manis dikenal juga dengan nama sweetcorn mempunyai nilai gizi yang berbeda dengan jagung biasa. Menurut Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI (2001), kandungan zat gizi sweet corn dan jagung biasa tiap 100 gram berat yang dapat dimakan adalah sebagai berikut: karbohidrat dalam biji jagung mengandung gula pereduksi (glukosa dan fruktosa), sukrosa, polisakarida dan pati. Gula yang disimpan dalam biji sweet corn adalah sukrosa yang dapat mencapai jumlah 11%. Koswara (1992) kadar gula pada endosperm sweet corn sebesar 5-6%, kadar pati 10-11% sedangkan pada jagung biasa hanya 2-3% atau setengah dari kadar gula sweet corn.

Konsumsi susu di Indonesia masih rendah, padahal susu memiliki banyak manfaat. Salah satu 31emper orang tidak mengonsumsi susu adalah karena intoleransi laktosa (tidak tahan terhadap gula susu atau laktosa), dimana lambung tidak bisa mencerna susu. Keberadaan susu kedelai sudah lebih dahulu dikenal dalam masyarakat, namun susu jagung merupakan suatu hal

yang baru. Minuman ini dapat memulihkan 31emper dalam waktu cepat dan menjaga kesehatan mata, hati, lambung usus serta diyakini sebagai minuman bebas kolesterol dan dapat diminum oleh penderita penyakit diabetes karena mengandung gula murni (Satriani, 2006). Sebagaimana halnya susu sapi, susu jagung juga mengandung kadar air yang tinggi, sehingga mudah mendapatkan gangguan mikroorganisme yang mengakibatkan susu ini tidak dapat disimpan lama, untuk mengatasinya maka perlu diupayakan suatu teknologi yang dapat mengolah susu jagung dalam bentuk cair menjadi susu bubuk agar dapat disimpan lama (Zuhra dkk., 2012).

Teknologi yang digunakan pada penelitian ini ialah alat pengering tipe *spray dryer*, *spray dryer* merupakan salah satu jenis alat pengering yang dioperasikan secara kontinyu. Pengerian semprot merupakan pengeringan yang dapat mengubah umpan dari keadaan fluida menjadi butiran-butiran dan kemudian diubah lagi menjadi partikel-partikel kering melalui penyemprotan secara terus menerus dalam media pengering panas (Zuhra dkk., 2012). *spray dryer* menggunakan atomisasi cairan untuk membentuk droplets, selanjutnya droplets yang terbentuk dikeringkan menggunakan udara kering dengan suhu dan tekanan yang tinggi.

Spray dryer yang digunakan ini merupakan prototype alat yang dilengkapi dengan thermocontrol (thermocouple) sebagai alat pengontrol panas, sehingga proses perpindahan panas yang terjadi (konveksi dan konduksi) dapat efisien. Dengan proses perpindahan panas yang baik akan menghasilkan susu bubuk jagung dengan kualitas yang memiliki Standar Nasional Indonesia (SNI, 2006).

Kinerjanya di dalam proses pengeringan akan ditinjau dalam menghasilkan produk susu bubuk jagung yang berkualitas. Proses perpindahan panas yang terjadi merupakan variabel utama untuk menentukan efisiensi dan kinerja alat yang dihasilkan. Adapun variabel yang akan dilakukan pada waktu 75 menit dengan suhu 150°C dan 160°C dengan tekanan pada atomizer 6 bar. Sehingga berdasarkan variabel diatas akan ditentukan besaran laju perpindahan panas (Q konveksi dan Q konduksi), laju pengeringan, dan efisiensi thermal dari proses pengeringan susu bubuk jagung menggunakan alat *spray dryer*.

Tujuan pada penelitian ini ialah membuat prototype alat *spray dryer* untuk pengeringan susu bubuk berbasis jagung manis, menentukan waktu dan laju pengeringan pada alat *spray dryer*, menentukan laju perpindahan panas konduksi dan konveksi dan kinerja alat pada *spray dryer*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah *Spray Dryer*, timbangan digital, gelas merk pirex, saringan kain, corong, oven listrik, cawan porselin, blender.

Bahan yang digunakan berupa jagung, NaHCO_3 , CMC

2.2 Pembuatan Susu Bubuk Jagung

1. Pensortiran
2. Perendaman Air + NaHCO_3
3. Ditiriskan
4. Didihkan 20 menit
5. Dibilas dan direbus selama 30 menit
6. Diblender
7. Bubur Jagung
8. Disaring
9. Filter jagung dipanaskan sampai mendidih ± 20 menit.

2.3 Penentuan Kadar Air dan Kadar Protein

Uji kadar air dengan menggunakan Metode pengeringan (Thermogravimeri) dan uji kadar protein dengan menggunakan metode Kjeldahl (Zuhra dkk, 2012).

Perhitungan kadar air dengan rumus :

$$\% \text{ Kadar air} = \frac{a - [(b+c) - b]}{a} \times 100\%$$

dimana:

a = berat cawan + sampel sebelum dipanaskan (g)

b = berat kertas kering

c = berat cawan + sampel setelah pemanasan (g)

Perhitungan protein dengan rumus:

$$\% \text{ Protein} = \frac{V \times N \times 0,014 \times 6,38}{Y} \times 100\%$$

dimana :

V = Volume titrasi (ml)

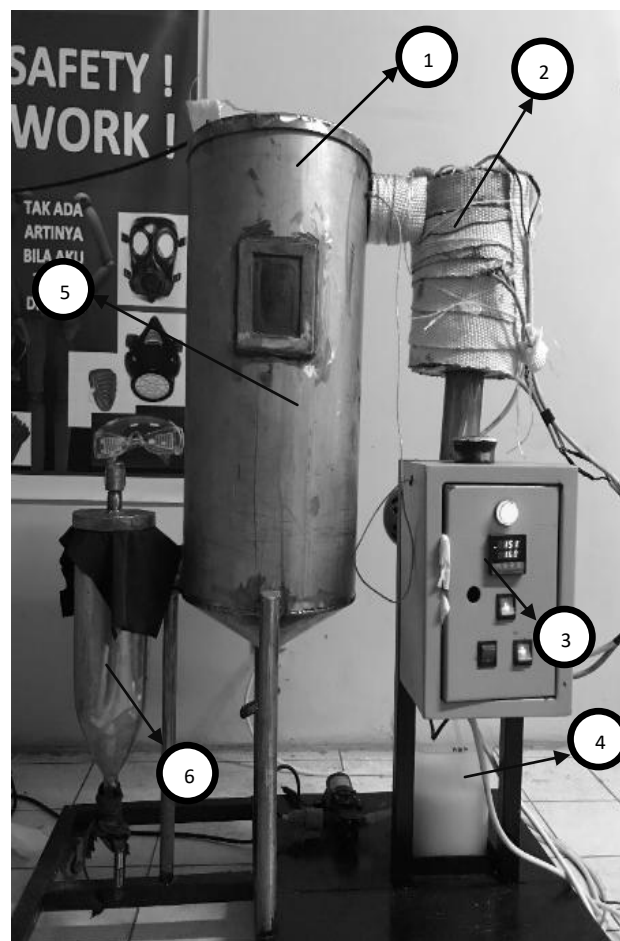
N = Normalitas HCl (N)

0,014 = Konstanta

6,38 = Faktor Protein

Y = Berat sampel (g)

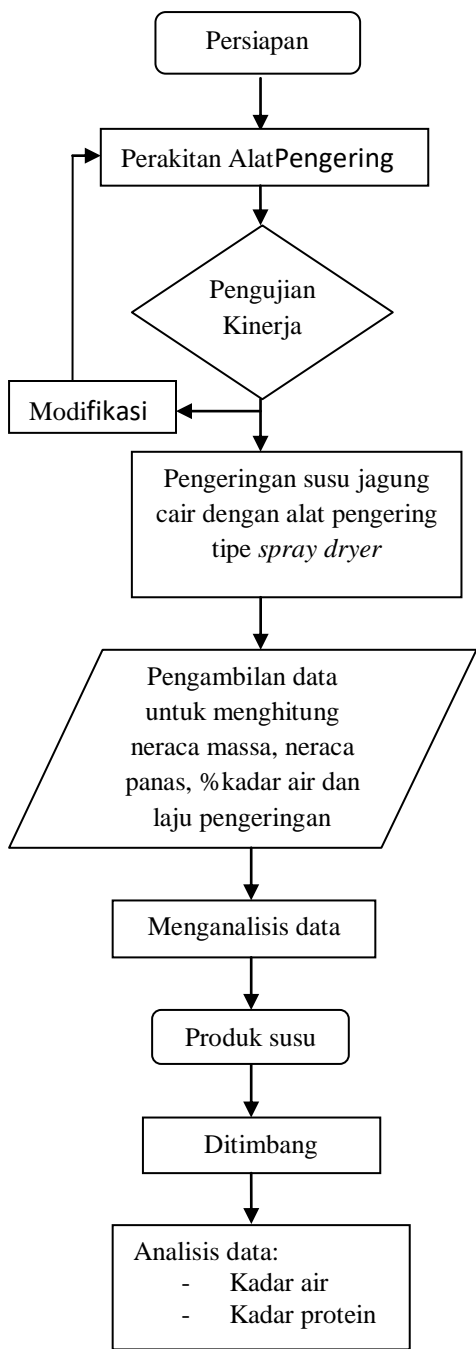
Sumber : Zuhra dkk (2012).



Gambar 1. Alat Pengering *spray dryer*

Keterangan :

- | | |
|--------------------|-----------------------------|
| 1. Ruang Pengering | 4. Umpan (Susu Jagung Cair) |
| 2. Heater | 5. Blower |
| 3. Box Panel | 6. Tangki Penampung Produk |



Gambar 2. Diagram Alir Rancangan dan Pengujaian Alat *Spray Dryer*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Keberhasilan suatu spray dryer dapat dilihat dari pengurangan kandungan air ke tingkat butiran (droplet) tidak lengket sebelum mencapai dinding chamber spray dryer atau dengan kata lain semua umpan (cair) dapat diubah menjadi bubuk.

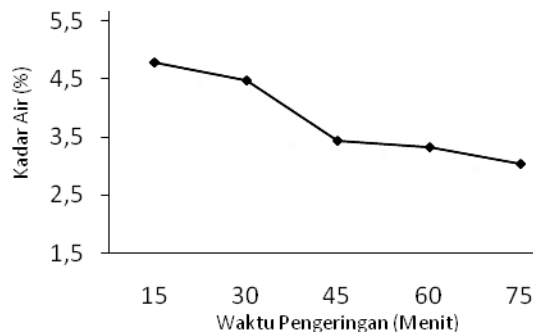


Gambar 3. Susu Bubuk Jagung

Produk susu bubuk jagung yang didapatkan berwarna kecoklatan seperti yang terlihat pada Gambar 3. Secara umum, semua produk susu bubuk jagung yang dihasilkan pada penelitian ini berwarna kecoklatan. Warna ini dapat dipengaruhi oleh tingkat kematangan jagung dan proses pengolahan susu bubuk jagung.

3.1 Pengaruh Waktu Pengeringan terhadap % Kadar Air Susu Bubuk

Tujuan dari penurunan kadar air pada susu cair ini adalah untuk menghentikan aktiifitas enzimatik oleh mikroorganisme yang sering terjadi pada susu cair, yang dapat digunakan untuk pengawetan. Hasil penurunan kadar air pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut.



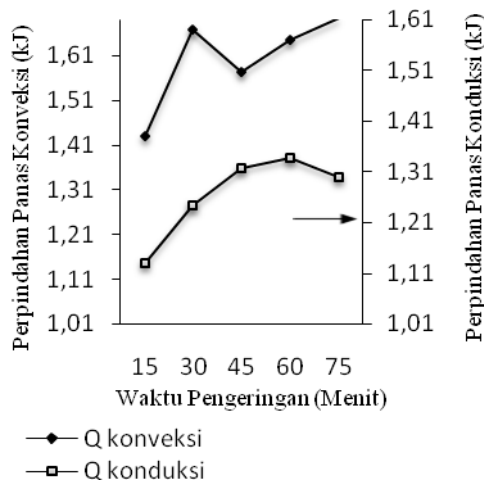
Gambar 4. Pengaruh Waktu Pengeringan terhadap % Kadar Air susu Bubuk.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa kadar air yang terdapat dalam susu bubuk selama proses pengeringan mulai dari 15 menit sampai 75 menit semakin menurun. Pada waktu pengeringan 75 menit dengan temperatur pengering 150°C menurunkan kadar air sebesar 3,04% dari kadar air awal sebesar 91,17%, Hal ini menunjukkan bahwa, semakin lama waktu pengeringan maka kadar air yang terkandung

dalam susu bubuk semakin menurun. Artinya hubungan antara waktu, temperatur pengering dan air yang teruapkan berbanding lurus. Hal ini disebabkan karena kemampuan bahan untuk melepaskan air dari permukaannya akan semakin besar dengan semakin lamanya proses pengeringan sehingga kadar air yang dihasilkan juga semakin rendah (Mc. Cabe dkk, 1985). Berdasarkan SNI 01-2970-2006 kandungan kadar air pada susu bubuk maksimal sebesar 5%, sehingga dapat dikatakan alat yang dirancang telah optimal dan memenuhi syarat untuk menurunkan kadar air dalam susu bubuk dengan waktu pengeringan 75 menit.

3.2 Penentuan Laju Perpindahan Panas Konveksi dan Konduksi terhadap Waktu Pengeringan

Berdasarkan proses perpindahan panasnya, pada proses pengeringan terjadi perpindahan panas secara konveksi dan konduksi. Perpindahan panas konveksi terjadi karena fluida (udara panas) mengalami kontak secara langsung dengan bahan yang dikeringkan (susu cair).



Gambar 5. Penentuan Laju Perpindahan Panas Konveksi dan konduksi terhadap Waktu Pengeringan

Dapat dilihat pada Gambar 5 menunjukkan bahwa pada waktu pengeringan 45 menit, laju perpindahan panas konveksi turun hal ini disebabkan karena air yang diuapkan sudah berkurang tidak sebanyak pada saat awal pengeringan. Panas sudah mulai merambat dan mengalir ke permukaan susu bubuk yang dikeringkan. Kemudian laju perpindahan panas konveksi mengalami kenaikan pada waktu pengeringan 60 menit, hal ini dikarenakan temperatur pada susu bubuk yang berubah sehingga transfer pada panas juga berubah.

Di akhir pengeringan pada waktu 75 menit nilai laju perpindahan panas mengalami peningkatan laju perpindahan panas konveksi dapat terjadi karena adanya peningkatan nilai dari koefisien pindah panas konveksi. Semakin tinggi nilai koefisien pindah panas konveksi maka perpindahan laju panas konveksi akan semakin

Astri, dkk tinggi pula, sehingga penurunan kadar air bahan semakin besar. Naik turunnya nilai dari laju perpindahan panas dipengaruhi oleh perubahan angka Reynolds, dengan berubahnya angka Reynolds pergerakan aliran akan semakin tidak beraturan atau semakin cepat.

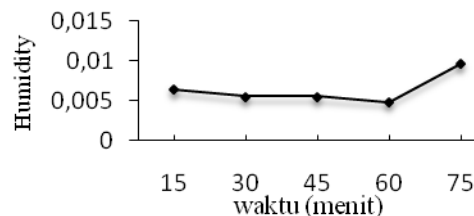
Panas konduksi pada proses pengeringan ini terjadi ketika panas dari dinding ruang pengering masuk ke dalam susu jagung yang dikeringkan. Perpindahan panas berlangsung dipermukaan bahan secara perlahan sampai terjadi pemerataan panas. Pada gambar 12 terlihat bahwa pada waktu pengeringan 30 menit laju perpindahan panas konduksi mengalami kenaikan dari waktu pengeringan 15 menit, hal ini dikarenakan setiap lapisan permukaan susu terjadi peningkatan laju pindah panas yang tinggi, karena pada tahap ini panas pada ruang pengering mulai merata pada sekitaran dinding ruang pengering.

Pada waktu 45 menit dan 60 menit laju perpindahan panas konduksi mengalami kenaikan berkala dan cenderung konstan. Kecepatan dari udara dan viskositas mempengaruhi dari gerakan partikel udara, sehingga kontak antara udara dengan susu akan merata. Nilai dari konduktivitas termal dan specific heat akan mempengaruhi jumlah panas yang diserap oleh udara, sehingga laju perpindahan panas cenderung konstan. (Annisa dan Satibi, 2015). Pada waktu ini laju perpindahan panas mulai cenderung untuk mencapai nilai optimumnya sehingga transfer panas ke dalam bahan semakin kecil.

3.3 Pengaruh Waktu Pengeringan Terhadap Humidity

Kelembapan dara berpengaruh terhadap cairan dari dalam ke permukaan bahan. Kelembapan relatif juga menentukan besarnya tingkat kemampuan udara pengering dalam menampung uap air dipermukaan bahan. Semakin rendah RH udara pengering maka semakin cepat proses pengeringan yang terjadi.

Tekanan uap ditentukan oleh besarnya suhu dan kelembapan relatif udara. Semakin tinggi suhu, kelembapan relatifnya akan turun sehingga tekanan uap jenuhnya akan naik dan sebaliknya. Jika mula-mula bahan sangatlah basah bila dikontakkan dengan udara yang relatif kering maka akan terjadi penguapan air yang ada pada permukaan bahan tersebut (Treybal, 1995).



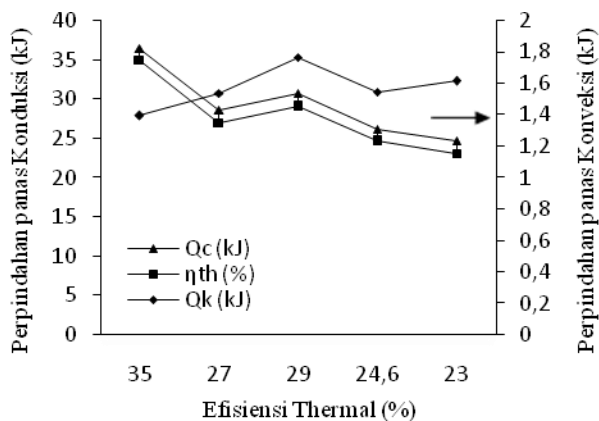
Gambar 6. Pengaruh Waktu Pengeringan Terhadap Humidity

Pada Gambar 6 pengaruh waktu pengeringan terhadap humidity dari waktu 30 menit 0,0055 terjadi penurunan. Berdasarkan data hasil penelitian didapatkan humidity pada menit 15 hingga 75 menit yang dimana

Politeknik Negeri Sriwijaya,
 Jurnal Kinetika Vol. 12, No. 03 (November 2021) : 31-37
 humidity nya sebesar 0,0064 H₂O/Kg udara kering hingga 0,0049 H₂O/Kg udara kering, dimana pada menit ke 30 dan 45 terjadi konstan namun terjadi lagi kenaikan pada menit 75 yaitu sebesar 0,0096 H₂O/Kg udara kering, yang disebabkan terjadinya penurunan udara. Udara pemanas yang berfungsi sebagai fluida pengering selalu memiliki kandungan moisture dan memiliki kandungan humiditas tertentu. Kandungan air yang terdapat dalam susu bubuk di pengaruhi oleh suhu dan relative humidity (RH). Saat laju pengeringan meningkat maka RH akan menurun dan air yang terdapat dalam susu akan menguap dan menurun.

3.4 Kinerja Alat *Spray Dryer*

Dalam melakukan uji kinerja suatu peralatan energy salah satu penilaian penting yaitu efisiensi termal, sebab untuk mengindikasi penggunaan panas yang dimanfaatkan dengan baik dalam proses pengeringan. Untuk energy input berasal dari panas sensible udara masuk dan panas dari *heater* yang digunakan untuk pemanasan udara pengering didalam ruang pengering yang dibantu menggunakan blower untuk menyebarkan udara panas pada ruang pengering serta terjadinya perpindahan konveksi dan konduksi terjadi diruang pengering. Sedangkan energy output berasal dari panas sensible udara keluar, panas penguapan H₂O serta panas yang hilang/*heat loss*. Dapat terjadinya *heat loss* dikarenakan pada ruang pengering tidak menggunakan isolasi secara menyeluruh pada dinding ruang pengering, sehingga banyak panas yang hilang ke lingkungan.



Gambar 7. Pengaruh Laju Perpindahan Panas Konduksi dan Konveksi Terhadap Efisiensi Termal

3.5 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Berikut ini adalah penelitian alat *spray dryer* dengan temperature, atomizer, kapasitas alat dan efisiensi alat yang dilakukan pada penelitian sebelumnya, sehingga dapat dibuat tabel 1 sebagai perbandingan hasil penelitian berikut ini.

Dari Gambar 7 nilai laju perpindahan panas konduksi yang didapat sebesar 1,7632 kJ sedangkan laju perpindahan panas konveksi sebesar 1,7633 kJ Pada laju perpindahan panas konveksi awal waktu pengeringan memiliki nilai yang lebih besar. Hal ini dikarenakan pada awal proses pengeringan terjadi kontak langsung antara susu jagung manis dengan media udara panas pengering. Pada proses pengeringan ini lebih banyak udara panas yang dimanfaatkan sehingga nilai effisiensinya juga lebih besar. Pada waktu 30 menit terjadi penurunan nilai dari laju perpindahan panas konveksi. Penurunan ini terjadi dikarenakan air yang diuapkan sudah berkurang tidak sebanyak saat 15 menit pertama, udara panas sudah mulai menyebar ke dinding ruang pengering.

Pada Laju perpindahan panas konveksi mengalami kenaikan pada waktu 45 menit, hal ini terjadi karena temperature pada susu jagung manis yang berubah sehingga transfer panas juga berubah. Sedangkan pada waktu 60 dan 75 menit laju perpindahan panas konveksi kembali menurun, hal ini terjadi karena udara panas pada ruang pengering sudah mulai banyak yang menghilang, sehingga transfer panas ke dalam bahan semakin kecil. Naik turunnya nilai dari laju perpindahan panas dipengaruhi oleh perubahan angka Reynolds, dengan berubahnya angka Reynolds pergerakan aliran akan semakin tidak beraturan atau semakin cepat (Mufarida, 2009).

Laju perpindahan panas konduksi pada proses pengeringan terjadi ketika panas dari dinding plat masuk kedalam susu jagung manis yang dikeringkan. Perpindahan panas berlangsung dipermukaan bahan secara perlahan sampai terjadi pemerataan panas.

Penurunan laju perpindahan panas ini terjadi karena pasa yang kontak dengan bahan yang dikeringkan sudah mulai menyebar ke permukaan pada susu jagung manis. Pada waktu 45 menit laju perpindahan panas mengalami nilai paling tinggi yaitu sebesar 1,7633, hal ini dikarenakan kontak antara udara panas pengering dengan susu jagung manis sudah mulai merata, sehingga dapat menyebabkan kenaikan.

Nilai laju perpindahan panas konveksi dan konduksi berbanding lurus dengan nilai efisiensi termal, hal ini dikarenakan nilai dari laju perpindahan panas baik konveksi maupun konduksi sangat mempengaruhi efisiensi termal dari alat tersebut. Semakin banyak udara panas yang dimanfaatkan maka semakin besar efisiensi termal nya.

Tabel 1. Hasil Perbandingan dari Penelitian

Alat	Atomizer (bar)	Temperatur (°C)	Kapasitas Alat (Liter)	Efisiensi Alat (%)	Referensi
Spray Dryer	8	250	50	40	Zuhra dkk, 2012
	5	185	8	48,6	Mufarida, 2016
	4	150	2	35	Penelitian Sekarang

Tabel 1 menjelaskan bahwa perbandingan beberapa parameter dari penelitian lain. Data tersebut merupakan nilai optimum yang didapatkan pada setiap penelitian dimana kapasitas alat yang dibutuhkan berbeda untuk setiap skala.

Temperatur udara pengering dan tekanan atomizer sangat berpengaruh terhadap pembentukan terhadap pembentukan susu bubuk jagung. Jika suhu udara pengering meningkat maka suhu droplets dalam ruang pengering juga meningkat yang mengakibatkan penguapan air dari bahan ke udara semakin cepat. Jika bahan cepat menguap maka kontak antara bahan dan udara pengering tidak terlalu lama sehingga waktu yang dibutuhkan untuk pengeringan bahan semakin singkat juga.

Pada tekanan atomizer yang tinggi akan menyebabkan putaran atomizer lebih kencang, sehingga cairan susu yang disemprotkan dari tangki umpan memiliki ukuran butiran yang lebih kecil. Permukaan butiran yang kecil akan menyebabkan kandungan air didalam butiran yang kecil akan menyebabkan kandungan air didalam butiran lebih mudah menguap, sehingga jumlah air yang diuapkan lebih banyak. Sedangkan pada tekanan atomizer yang rendah terbentuk butiran yang lebih besar sehingga kadar airnya masih cukup tinggi.

Sehingga berdasarkan penelitian terdahulu tekanan pengkabutan yang sesuai untuk pembuatan susu bubuk dengan menggunakan spray dryer adalah di setting dengan kondisi tekanan yang disesuaikan untuk setiap skala.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Didapat spesifikasi peralatan pengering spray dryer dengan tinggi ruang pengering 61 cm, diameter ruang pengering 8 cm dengan kapasitas 2 kg dan mampu mengeringkan susu bubuk dengan sistem pengendalian on-off.

2. Proses pengeringan susu bubuk menggunakan spray dryer didapatkan susu bubuk dengan kondisi optimum tercapai pada temperature pengering 150°C lamanya waktu pengeringan 75 menit mampu menurunkan kadar air sebesar 3,04%, dengan menghasilkan laju pengeringan 23,3369 kg/jam.m², laju perpindahan

panas konveksi 1,6924 kJ dan laju perpindahan panas konduksi 1,299 kJ.

3. Proses pengeringan susu bubuk menggunakan spray dryer didapatkan susu bubuk yang sesuai SNI. Pada rancang bangun alat spray dryer ini dapat dilihat kinerjanya cukup optimal untuk mengeringkan susu bubuk jagung karena memiliki kadar air maksimal 4% serta produk yang dihasilkan berupa susu bubuk dengan lama pengeringan yang singkat serta memiliki kadar protein maksimal 26,796% sesuai USDA,1998.

4. Pada proses pengeringan susu berbasis jagung menjadi bubuk menggunakan alat pengering spray dryer dengan menggunakan udara panas sebagai media pengeringan, didapatkan waktu optimum pada:

- waktu pengeringan : 75 menit
- Laju Pengeringan : 31,594 kg/jam m²

5. Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai efisiensi sebesar 35%, jika dibandingkan dengan penelitian pendahuluan diperoleh nilai efisiensi sebesar 40%. Hal ini disebabkan karena bahan yang digunakan pada alat kurang memenuhi standar.

DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, dan Satibi. 2015. *Kajian Pengaruh Temperatur Pengering Semprot (Spray Dryer) Terhadap Waktu Pengeringan dan Rendemen Bubuk Santan Kelapa (Coconut Milk Powder)*. Konversi Vol 4 No1.
- Callister, W. 1991. *Materials Handbook Thirteenth Edition*. New York; Mcgraw Hill.
- Fardiansyah, Muhammad. 2017. *Penetapan Kadar Protein dalam Susu Segar dan Susu Kemasan dengan Metode Kjeldahl*. Skripsi. Fakultas farmasi. Univeristas Sumatera Utara.
- Geankoplis, Christie J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations, 3th edition*. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Herrington, B. L. (1985) *Milk and Milk Processing*. Mc graw-Hill Book Co, New York, USA.
- Kern, D.Q. 1983. *Process Heat Transfer*. McGraw Hill International Book Company. Tokyo
- Khrisnawaty, Shinta, Moeljaningsih. 2011. *Pembuatan Susu Bubuk dari Campuran Susu Jagung Manis dan Susu Kacang hijau*. Jurnal Pangan Vol XLVI, No 1. Jawa Timur.
- Kothandaraman, C.P. 2006. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. College of Technology. Coimbatore.
- Kreith, Frank. 1997, *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*. Edisi Ketiga. Erlangga: Jakarta.
- Kurniawan R, Salafudin, dan Bakti. 2016. *Pembuatan Tepung Gel Lidah Buaya dengan Alat Pengering Spray Dryer*. Yogyakarta: Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia.
- McCabe, W., Smith, J.C., and Harriot, P., 1985. *Unit Operation of Chemical Engineering*. 4th edition. McGraw Hill Book Company. United States of America.
- Mufarida, 2012. *Analisis Proses Pengeringan Pada Pembuatan Susu Bubuk Kedelai Instan dengan Menggunakan Spray Dryer*. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan Vol 2, No.11. Jember.
- Mufarida, 2016. *Perpindahan Panas & Massa Pada Spray Dryer*. Pustaka Abadi : Jember.
- Muhajir, Rahmat , Abdul Rahim , Gatot Siswo Hutomo. 2014. *Karakteristik Fisik Dan Kimia Susu Jagung Manis Pada Berbagai Lama Perebusan*. Jurnal Agroland 21 (2) : 95 – 103. Palu: Universitas Tadulako.
- Satiarini, Bertha. 2006. *Kajian Produksi Dan Profitabilitas Pembuatan Susu Jagung*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Singh, R Paul, Dennis R. Heldman. 1993. *Introduction to Food Engineering, 4th Edition*. Department of Food Science and Technology University of California Davis, California.
- Susantia, Irma, Enny Hawani Lubisa dan Shilvi Meilidayanib. 2017. *Flakes Sarapan Pagi Berbasis Mocaf dan Tepung Jagung Breakfast Flakes based on Mocaf and Corn Flour*. Jurnal Agro 34 (1), 44 - 52. Universitas Juanda. Bogor.
- Taib, Gunarif., 1988, *Operasi Pengeringan Pada Pengolahan Hasil Pertanian, PT. Mediyatama Sarana Perkasa*, Jakarta.
- Treybal, Robert E. 1999. *Mass Transfer Operation*, 3th edition, Mc Graw Hill, Inc, New York.
- Zuhra, Sofyana, Cut Erlina. 2012. *Pengaruh Kondisi Operasi Alat Pengering Semprot Terhadap Kualitas Susu Bubuk Jagung*. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan Vol. 9, No. 1, hal. 36- 44.