
PENGARUH SUHU UDARA DAN BERAT SAMPEL PADA PENDINGINAN TAPIOKA MENGGUNAKAN PENDINGIN UNGGUN TERFLUIDAKAN

Suherman, Aprilina Purbasari, Margaretha Praba Aulia

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UNDIP

Jl. Prof. Soedharto, SH., Tembalang, Semarang.

Email: hermancrb@yahoo.com

Abstrak

Industri tapioka di Kabupaten Pati merupakan kategori industri kecil/rumah tangga, yang cukup memiliki potensi ekonomi yang sangat besar. Kendala utama yang dihadapi adalah teknologi proses pendinginan produk. Selama ini proses pendinginan dilakukan dengan menghamparkan tepung di lantai bak penjemuran. Proses pendinginan memerlukan waktu minimal 6 jam, dan apabila mendung atau akan turun hujan, maka produk akan dikumpulkan kembali walaupun masih basah. Hal inilah yang menyebabkan kualitas produk jauh dari standar SNI dan seringkali proses produksi dihentikan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini tepung tapioka dengan kadar air 40% telah dikeringkan menggunakan pendingin unggun terfluidakan menjadi tapioka kering dengan kadar air dibawah 14%. Parameter operasi yang diteliti adalah suhu pendinginan (30, 40, dan 60 °C) dan berat tapioka basah (100, 200, dan 250 g). Hasil eksperimen menunjukkan bahwa tepung tapioka bisa dikeringkan hanya dalam waktu 30 menit dengan suhu 50°C. Kurva pendinginan memperlihatkan adanya periode laju pendinginan konstan di awal pendinginan sampai kadar uap air di padatan 0,3. Semakin tinggi suhu pendinginan, maka laju pendinginan semakin besar dan kandungan air sisa di padatan semakin rendah. Sedangkan, semakin banyak material padatan yang diumpukan, maka laju pendinginan semakin rendah, akan tetapi kandungan air sisa di padatan relatif sama.

Kata kunci: pendinginan, tapioka, unggun terfluidakan

PENDAHULUAN

Di Indonesia, kebutuhan tepung tapioka terus meningkat tiap tahunnya karena adanya peningkatan penggunaan tepung tapioka sebagai bahan baku industri makanan. Kendala utama yang dihadapi oleh industri pembuat tepung tapioka adalah teknologi proses pendinginan tepung tapioka agar sesuai dengan permintaan pasar. Hal ini terjadi sebab sebagian besar industri UKM pembuat tepung tapioka di Indonesia masih menggunakan cara konvensional yang hanya mengandalkan sinar matahari sebagai pendingin.

Pada musim penghujan, proses produksi terhambat karena menumpuknya produk basah pada bak pengendapan akibat produk tidak bisa dikeringkan karena membutuhkan sinar matahari. Kegiatan produksi yang tidak teratur ini karena tergantung cuaca dan kualitas produk yang masih dibawah standar, mengakibatkan harga jual tepung tapioka rendah dan mempersulit pemasaran. Selain itu, proses pendinginan produk dengan cara dijemur menggunakan sinar matahari membutuhkan waktu yang lama dan hasilnya sering dibawah standar. Sehingga, seringkali tepung tapioka dijual dalam bentuk yang masih basah (kadar air 40%) untuk menghindari kerugian lebih besar. Namun, bila produk tapioka dijual dalam kondisi basah, maka keuntungan ukm akan lebih kecil, karena harga produk dalam keadaan basah Rp 2.150/kg (kadar air 40%), jauh lebih murah dibandingkan dalam keadaan kering Rp 3.300/kg (kadar air 14%).

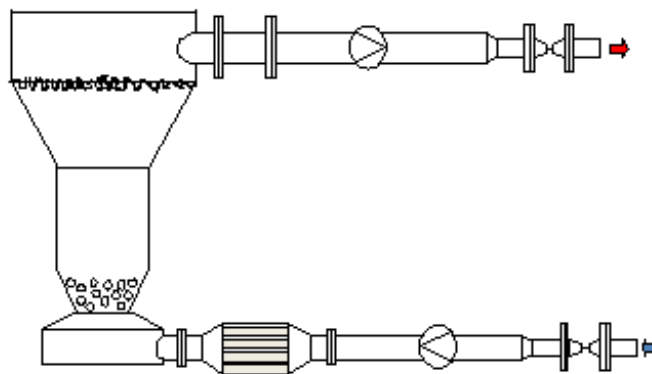
Tepung tapioka termasuk material yang sulit dikeringkan, yakni dalam kondisi basah lengket dan menggumpal (agglomeration). Selain masuk kategori Geldart Grup C, yakni material yang bersifat kohesif, juga uap air yang terkandung dalam material termasuk jenis moisture terikat bukan moisture permukaan (Perdomo, dkk, 2009). Selain itu, struktur kristal pati tapioka yang sebagian besar adalah amilopektin memiliki dua keadaan yakni keadaan glassy dan rubbery. Dua keadaan ini dibatasi dengan tanda suhu transisi gelas (glass transition temperature). Kedudukan suhu transisi gelas tidak hanya dipengaruhi oleh kadar air yang terkandung pati, tetapi juga oleh kecepatan pemanasan pati. Perbedaan kondisi ini mengakibatkan perbedaan volume bebas (free volume) di dalam molekul polimer pati. Akibatnya juga mempengaruhi laju pendinginan dan distribusi pori di dalam molekul pati. Sehingga, selama proses pendinginan, beberapa fraksi pati

teraglomerasi (menggumpal) menjadi partikel besar. Aglomerasi fraksi pati ini memiliki sifat fungsional yang tidak diinginkan seperti viskositas rendah, suhu gelatinisasi tinggi dan laju hidrolisis asam / enzim rendah (Liu, dkk, 2009; Tang, dkk, 2000; Tang, dkk, 2001). Selain itu, partikel besar dapat menyebabkan masalah dalam proses penanganan seperti selama proses transportasi atau pengeringan (Boonyai, dkk, 2004, Ozkan, dkk, 2002; Turchiuli, dkk, 2005). Maka, fraksi pati ini akan diproses ulang, sehingga membutuhkan biaya produksi lebih tinggi.

Oleh karena itu, dalam penelitian telah dikembangkan teknologi pengeringan tepung tapioka menggunakan unggun terfluidakan. Pemilihan jenis teknologi ini didasarkan karena pengeringan unggun terfluidakan memiliki banyak kelebihan, yakni perpindahan massa dan panas yang cepat (Strumillo dkk, 1983; Adamiec dkk, 2007; Kudra dan Mujumdar, 2007; Reyes dkk, 2008). Dalam makalah ini akan dibahas pengaruh suhu dan massa bahan di unggun terhadap karakteristik kurva pengeringan.

METODOLOGI

Bahan yang digunakan tepung tapioka basah dari UKM di Pati. Tepung tapioka dengan kadar air 40% basis basah (bb), dihancurkan bongkahannya menggunakan pengaduk. Material ini dengan berat antara 100-250 gr dimasukkan ke dalam kolom fluidisasi.



Gbr 1. Rangkaian alat percobaan

Gambar 1 menunjukkan rangkaian peralatan yang digunakan. Kecepatan udara masuk diatur 2 kali diatas kecepatan minimum fluidisasi. Suhu udara masuk (T_{gi}) divariasi 30, 40, dan 60 °C. Umpam dimasukkan ke unggun saat pertama kali proses pengeringan akan dimulai. Produk dipisahkan dari aliran udara di siklon dan kantong penyaring. Temperatur kontroler TIC (di bawah distributor) mempertahankan suhu udara masuk pada level yang dikehendaki. Temperatur kontroler TIC ke dua yang ditempatkan pada 0,7 m di atas plat pembagi, diatur pada suhu 200C untuk mencegah terjadinya pemanasan berlebih bila terjadi kesalahan sistem pemasukan umpam. Selama percobaan, suhu udara yang masuk dan suhu udara keluar diukur menggunakan termometer digital. Selain itu, untuk membuat kurva pengeringan, maka diukur humiditi udara masuk dan udara keluar menggunakan humiditi meter (Krisbow, KW06-561).

Dari pengukuran humiditi udara, maka kandungan uap air di padatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$X(t) = X_0 - \frac{\dot{M}_g}{M_{s,dry}} \int_{t=0}^t (Y_{out}(t) - Y_{in}(t)) dt, \quad (1)$$

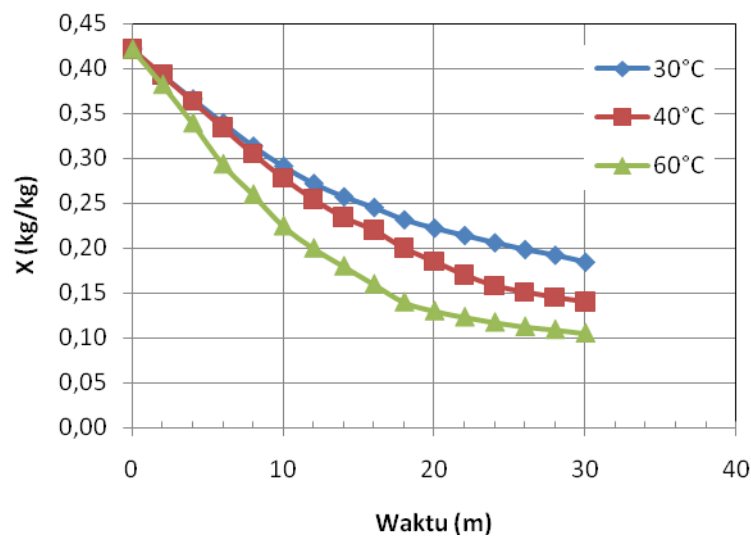
dimana $M_{s,dry}$ adalah massa padatan kering, dan \dot{M}_g laju alir massa udara. Sedangkan laju pengeringan masih dihitung dalam bentuk dX/dt .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Suhu

Gbr. 2 memperlihatkan tipikal kurva pengeringan tepung tapioka di pengering unggun terfluidakan pada berbagai suhu yang berbeda. Pada awal pengeringan menunjukkan penurunan kadar air di padatan sangat cepat, berbeda dengan di akhir pengeringan penurunan kadar air di padatan relatif lebih lambat. Kadar air sisa di padatan di akhir pengeringan berbeda-beda yakni semakin tinggi suhu pengeringan, maka kadar air sisa di padatan semakin rendah. Hal ini disebabkan dengan semakin tinggi suhu, maka relatif humiditi udara pengering semakin rendah. Dengan semakin rendah relatif humiditi udara pengering maka kadar air di padatan semakin rendah, karena kadar air di padatan akan berada pada kondisi berkesetimbangan dengan relatif humiditi udara. Kurva kesetimbangan antara kadar air di padatan dengan relatif humiditi udara direpresentasikan dalam bentuk kurva sorption isotherm.

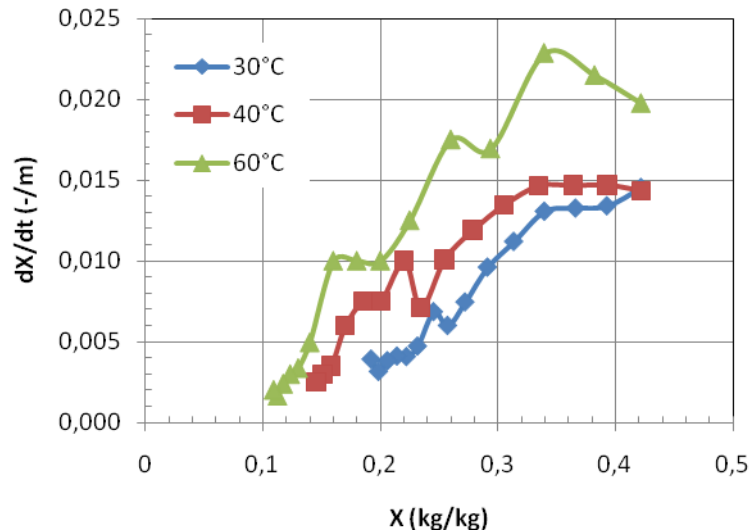
Adapun pengaruh suhu terhadap kurva ini adalah bahwa dengan semakin tinggi suhu maka penurunan kadar air di padatan akan semakin lebih curam. Hal ini disebabkan karena dengan semakin tinggi suhu maka air yang ada di padatan akan semakin mudah terlepas, akibat semakin besarnya energi yang diberikan oleh udara pengering untuk melepaskan molekul air yang terikat di padatan seiring kenaikan suhu.



Gbr. 2 Pengaruh suhu pada kurva kandungan uap air di padatan versus waktu

Gbr. 3 menunjukkan pengaruh suhu terhadap kurva hubungan antara kadar air di padatan versus laju pengeringan. Pada kondisi kandungan uap air di padatan masih tinggi, sedikit terlihat adanya perioda laju pengeringan yang hampir konstan. Perioda laju pengeringan konstan ini sangat terlihat jelas untuk kurva pengeringan pada suhu 40°C. Namun, setelah kandungan uap air di bawah 0,3 maka mulai terjadi penurunan laju pengeringan. Adanya perioda laju pengeringan konstan ini membuktikan bahwa uap air ini merupakan uap air permukaan (*surface moisture content*) yakni bukan uap air terikat. Sehingga laju pengeringan konstan. Namun, disaat kandungan uap air di bawah 0,3 maka kandungan uap air merupakan uap air terikat, sehingga terjadi penurunan laju pengeringan.

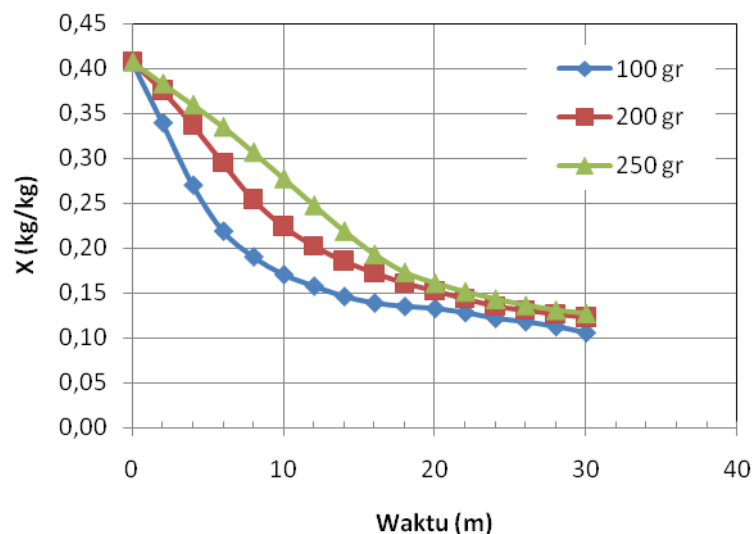
Pengaruh suhu terhadap laju pengeringan jelas, yakni semakin tinggi suhu maka semakin tinggi laju pengeringan. Kejelasan pengaruh ini terjadi baik di perioda pertama laju pengeringan konstan maupun periode kedua laju pengeringan menurun. Hal ini dikarenakan, dengan semakin tinggi suhu, maka akan meningkatkan difusivitas uap air baik untuk terlepas di permukaan padatan maupun untuk berdifusi di dalam padatan partikel tapioka itu sendiri. Sedangkan, perbedaan kandungan uap air sisa di padatan, disebabkan karena kesetimbangan antara kandungan uap air di padatan dengan relatif humiditi udara pengering, sebagaimana telah dibahas pada paragraf sebelumnya.



Gbr. 3 Pengaruh suhu pada kurva laju pengeringan

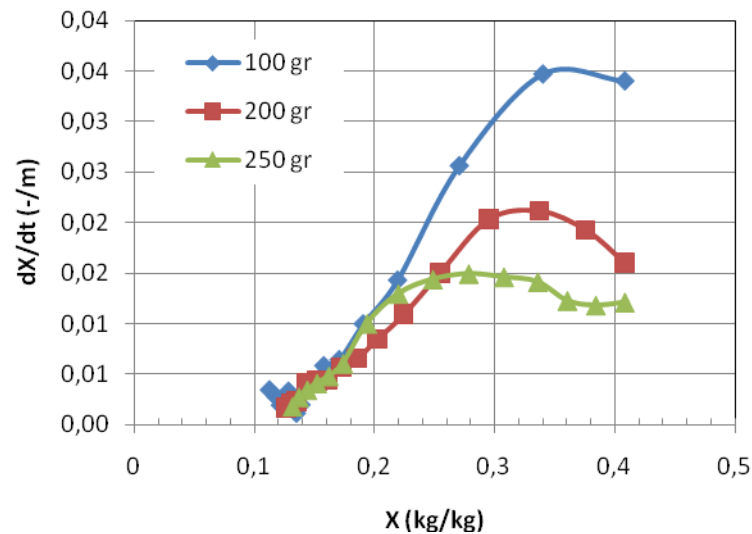
Pengaruh Massa Bahan

Gbr 4 menunjukkan pengaruh berat umpan tepung tapioka terhadap kurva pengeringan. Semakin banyak berat umpan maka penurunan kandungan uap air di padatan akan semakin landai. Hal ini disebabkan dengan semakin banyak bahan yang akan dikeringkan, maka kebutuhan energi panas untuk mengeringkan akan semakin besar. Sementara itu, udara pengering yang diberikan hampir sama, maka penurunan suhu di unggun akan semakin tinggi. Sehingga untuk massa bahan yang semakin tinggi, maka penurunan suhu udara pengering akan lebih besar. Akibatnya, laju pengeringan semakin rendah dan penurunan kandungan uap air di padatan akan semakin landai. Namun demikian, di akhir pengeringan, penurunan kandungan uap air di padatan hampir sama, hal ini dikarenakan dengan semakin rendahnya kandungan uap air sisa di padatan maka *driving force* perpindahan massa uap air akan semakin rendah. Sehingga kadar air sisa di padatan di akhir pengeringan hampir sama. Selain itu, kadar air sisa di padatan di akhir pengeringan hampir sama, juga disebabkan karena relatif humiditi udara pengering yang sama. Relatif humiditi udara pengering yang sama ini disebabkan oleh penggunaan suhu udara pengering yang sama yakni 50°C. Kesetimbangan antara kadar air sisa di padatan dengan relatif humiditi udara pengering telah dibahas di atas.



Gbr. 4 Pengaruh berat bahan terhadap kurva pengeringan

Gbr. 5 menunjukkan pengaruh berat bahan terhadap kurva hubungan antara kadar air di padatan versus laju pengeringan. Pada kondisi kandungan uap air di padatan masih tinggi, sedikit terlihat adanya perioda laju pengeringan yang hampir konstan. Perioda laju pengeringan konstan ini akan terlihat lebih jelas dengan bertambahnya berat bahan. Hal ini menunjukkan bahwa dengan semakin banyak bahan yang akan dikeringkan maka perioda laju pengeringan konstan akan semakin lama. Sehingga, penentuan kandungan uap air 0,3 sebagai *critical moisture content (CM)* tidaklah benar. Hal ini disebabkan, karena kurva ini menunjukkan kurva pengeringan tapioka integral bukan kurva pengeringan partikel tunggal tapioka. Untuk mendapatkan kurva pengeringan partikel tunggal tapioka diperlukan proses diferensiasi atau *scaling-down*. Proses diferensiasi ini memerlukan pemodelan neraca massa dan panas, dan akan dibahas pada kajian selanjutnya.



Gbr. 5 Pengaruh berat bahan terhadap kurva laju pengeringan

KESIMPULAN

Tepung tapioka bisa dikeringkan hanya dalam waktu 30 menit dengan suhu 50°C menggunakan pengering unggun terfluidakan. Kurva pengeringan memperlihatkan adanya periode laju pengeringan konstan di awal pengeringan sampai kadar uap air di padatan 0,3. Semakin tinggi suhu pengeringan, maka laju pengeringan semakin besar dan kandungan air sisa di padatan semakin rendah. Sedangkan, semakin banyak material padatan yang diumpangkan, maka laju pengeringan semakin rendah, akan tetapi kandungan air sisa di padatan relatif sama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini telah didanai oleh Balitbang Provinsi Jawa Tengah dalam skim Riset Unggulan Daerah (RUD) TA 2012.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, B., Howes, T., Bhandari, B. R., & Troung, V. (2003). Surface stickiness of drops of carbohydrate and organic acid solutions during convective drying: Experiments and modeling. *Drying Technology*, 21(5), 839–873.
- Aichayawanicha S., M. Nopharatanaa, A. Nopharatanab, W. Songkasiric, (2011), Agglomeration mechanisms of cassava starch during pneumatic conveying drying *Carbohydrate Polymers* 84, 292–298
- Al-Muhtaseb, A. H., McMinn, W., & Magee, T. (2004a). Water sorption isotherm of starch powders Part 1: Mathematical description of experimental data. *Journal of Food Engineering*, 61(3), 297–307
- Bell, L., & Touma, D. (1996). Glass transition temperatures determined using a temperature-cycling differential scanning calorimeter. *Journal of Food Science*, 61(4), 807–810.

- Bertuzzi, M. A., Armada, M., & Gottifredi, J. C. (2003). Thermodynamics analysis of water vapour sorption of edible starch based films. *Food Science Technology Institute*, 9(2), 115–117.
- Boonyai, P., Bhandari, B., & Howes, T. (2004). Stickiness measurement techniques for food powders: A review. *Powder Technology*, 145, 34–46.929.
- Hoover, R. (2001). Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: A review. *Carbohydrate Polymers*, 45, 253–267.
- Liu, D., Wu, Q., Chen, H., & Chang, P. R. (2009). Transitional properties of starch colloid with particle size reduction from micro- to nanometer. *Journal of Colloid and Interface Science*, 339(1), 117–124.
- Passos, M.L.;Mujumdar, A.S. Effect of cohesive forces on fluidized and spouted beds of wet particles. *Powder Technology* 2000, 110, 222–238.
- Perdomo, J. A. Cova, A.J. Sandoval, L. García, E. Laredo, A.J. Müller, (2009), Glass transition temperatures and water sorption isotherms of cassava starch, *Carbohydrate Polymers* 76, 305–313
- Schneider, T.; Bridgwater, J. The stability of wet spouted beds. *Drying Technology* 1993, 11 (2), 277–301.
- Tonukari, N. (2004). Cassava and the future of starch. *Electronic Journal of Biotechnology*, 7(1), 5–8.