

Pengaruh Laju Aliran Udara Pengering terhadap Pengeringan Air dan Sari Buah Tomat pada Pengering Semprot

Engkos Achmad Kosasih

Universitas Indonesia
Departemen Teknik Mesin FT UI, Depok, 16424
kos.sri@gmail.com,

Abstrak

Pengujian dilakukan untuk mengetahui hubungan antara laju aliran udara dengan temperatur pengeringan minimum pada pengering semprot di lab perpindahan massa departemen teknik mesin Universitas Indonesia. Variasi laju aliran udara sebesar 17.1; 24.2; 29.6; dan 35.1 [m³/jam] diujicobakan bersama dengan tekanan nozzle pneumatik 1 [bar] dan 2 [bar], laju aliran bahan 0.1986 [l/jam] dan 0.3973 [l/jam], kelembaban spesifik 0.0073536 [kg/kg dry air], sebanyak 16 proses air dan 16 proses untuk tomat.

Dari percobaan yang sudah dilakukan terhadap air, ternyata laju aliran udara mempengaruhi temperatur minimum pengeringan semakin besar laju aliran udara, maka semakin rendah temperatur pengeringan. Sedangkan percobaan pada sari buah tomat laju aliran udara masuk sedikit mempengaruhi temperatur pengeringan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui masalah – masalah apa saja yang timbul

Keywords: pengering semprot, laju aliran udara, laju aliran bahan, temperatur minimum

Pendahuluan

Metode pengeringan semprot (*Spray Drying*) merupakan salah satu teknik yang digunakan secara ekstensif pada industri pangan dan obat, dan digunakan pada kondisi optimal untuk memperoleh produk berupa serbuk (Mahboubeh Fazaeli et al., 2012). *Spray drying* banyak digunakan untuk memproduksi serbuk dari buah-buahan (Renata V. Tonon et al., 2008). Pada umumnya bahan yang berupa sistem dispersi (larutan, suspensi, slurry, dan pasta) dikeringkan dengan proses pengering semprot (*spray drying*). Pengering semprot (*spray drying*) adalah alat pengering yang bekerja dengan menyemprotkan sistem dispersi tersebut kedalam aliran udara kering dan (biasanya) panas didalam ruangan pengering, namun pengering ini masih mempunyai kinerja yang masih sangat rendah. Kendala yang ada pada proses *spray dryer* saat ini adalah rendahnya efisiensi serta tingginya temperatur udara pengering yang dapat merusak kandungan vitamin, protein dan β -carotene pada material yang akan dikeringkan (Kevin Mis Solval et al., 2011) serta kadar gula yang berakibat pada rendahnya *glass transition temperature* (Tg) (Goula & Adamopoulos, 2004). yaitu fase yang

terjadi setelah tahap pengeringan terlewati dimana partikel yang semula padat berubah menjadi lunak cair menyerupai karet (Peng Zhu et al., 2011). Sehingga material mudah lengket dan menempel pada dinding chamber. Hal ini tidak diinginkan karena material yang menempel dan terakumulasi di dinding chamber dapat menjadi hangus dan nantinya akan mengkontaminasi produk yang lain (Goula & Adamopoulos, 2004). Selain itu, suhu yang tinggi juga merusak rasa, warna, aroma dan beberapa zat lainnya.

Untuk menurunkan suhu pengeringan, maka spray dryer dikombinasikan dengan freeze drying menggunakan nitrogen (Wang et. al.,2006) atau dikombinasikan dengan fluidised bed drying (Ronsse,2007). Namun cara pertama terlalu mahal jika untuk mengeringkan sari buah dan cara kedua tidak cocok untuk sari buah karena kadar air yang tinggi dan lengket. Alternatif lain adalah kombinasi dengan vaccum drying atau kombinasi dengan dehumidifier. Pada penelitian ini spray drying akan dikombinasikan dengan dehumidifier (mengingat kelembaban spesifik udara di Indonesia tinggi) sehingga kelembaban spesifik udara pengering menjadi rendah dan mengakibatkan laju penguapan menjadi tinggi, dengan demikian suhu udara pengering bisa diturunkan. Akan tetapi dehumidifier membutuhkan energi sistem referigerasi yang tinggi sehingga akan menurunkan efisiensi. Untuk itu, panas dari kodenser akan dimanfaatkan untuk memanaskan udara pengering yang

keluar dari evaporator.

Cairan tomat dan cairan belimbing merupakan contoh umum dari produk yang sangat sulit untuk dikeringkan dengan metode pengeringan semprot, dikarenakan T_g yang rendah akibat kandungan gulanya. Kandungan gula seperti fructose dan glukosa umumnya memiliki T_g 5 dan 31 °C (Goula & Adamopoulos, 2009). Semakin tinggi kadar airnya maka semakin rendah temperatur kacanya (T_g) (Goula & Adamopoulos, 2004). Selain itu dengan adanya penambahan kadar zat adiktif juga dapat mempengaruhi T_g bahan yang akan dikeringkan (Mahboubeh Fazaeli et al., 2012), dimana masalah kelengketan dapat diminimalisasi dengan zat adiktif seperti maltodextrin yang molekul karbohidratnya lebih berat daripada tomat (Germano Eder et al., 2008). Hal yang sama juga tentu berlaku untuk buah belimbing (tumbuh dengan baik di Indonesia) yang banyak mengandung gula dan vitamin C (Profil Belimbing, Potensi Investasi Hortikultura Kota Depok, 2007). Tomat merupakan tanaman hortikultura yang dapat tumbuh baik di Indonesia dengan ketinggian hingga 600 diatas permukaan laut. Buah tomat memiliki kandungan gizi yang dibutuhkan oleh tubuh, antara lain vitamin C, E dan likopen. Dalam 180 gram buah tomat terdapat 22.86 mg vitamin C yang memenuhi 38,1% kebutuhan setiap hari, 1499.40 IU vitamin A yang memenuhi 30% kebutuhan setiap hari, kandungan seratnya 2.16 mg yang memenuhi 2.6% kebutuhan setiap hari. Kadar lycopene yang terkandung dalam tomat segar berkisar antara 3,1 – 7,7 mg/100 gram (Tonucci et. al., 1995). Buah tomat setelah panen akan rusak antara 20% sampai 50% setelah panen (Winarno, 1986). Kandungan likopen dalam tomat yang cukup tinggi dapat diekstrak untuk produk – produk kesehatan atau kosmetik mengingat kadar likopen setara dengan 100 kali kekuatan vitamin E dalam menanggulangi radikal bebas (Di Mascio, et al., 1989).

Karena buah tomat dan buah belimbing dihasilkan dengan melimpah di Indonesia dan sangat cepat rusak (apalagi yang kualitas rendah) serta mengandung zat berguna yang sensitif terhadap panas, maka penelitian ini akan menggunakan sebagai bahan yang akan dikeringkan. Namun penelitian akan didahului (pada tahun pertama) dengan bahan campuran vitamin C (sensitif panas) dengan maltodextrin dan bahan campuran vitamin B1 (sensitif panas) dengan maltodextrin. Sebagai data tambahan, selama proses spray drying likopen (salah satu kandungan gizi dalam tomat) dipengaruhi oleh pengkondisian udara (temperatur, laju aliran udara), kondisi bahan (zat

aditif, laju aliran bahan), dan kecepatan atomisasi (Masters, 1991; Desobry et al., 1997; Cai and Corke, 2000). Degradasi likopen meningkat dengan kenaikan temperatur udara yang masuk (Adamopoulos, 2005b). Selama proses pada suhu 80°C tidak terdapat kehilangan likopen secara signifikan, namun pada suhu 110°C terdapat 12% likopen yang hilang (Zanoni, Peri, Nani, and Lavelli 1999).

Untuk menurunkan suhu pengeringan, biasanya spray dryer dikombinasikan dengan freeze drying menggunakan nitrogen (Wang et. al., 2006) atau dikombinasikan dengan fluidized bed drying (Ronsse, 2007).

Secara garis besar rangkaian kegiatan penelitian (yang sudah dilakukan dan yang akan dilakukan) ini terlihat pada road map (gb. 1)

Penelitian ini merupakan bagian dari pembuatan mesin *spray drying* (dengan dehumidifier) untuk bahan sensitif panas yang hemat energi yang dapat diaplikasikan di bidang pangan dan obat-obatan.

Gambar 2 menunjukkan *state of the art* dari penelitian mesin *spray drying*. Inovasi baru peneltian yang akan diusulkan adalah penambahan dehumidifier untuk menurunkan kelembaban spesifik udara pengering sehingga dapat menurunkan suhu pengeringan untuk bahan yang sensitive terhadap panas. Namun ini mengakibatkan kebutuhan daya kompresor system refrigerasi sehingga efisiensi energi turun. Untuk meningkatkan efisiensi maka panas di kondenser akan dimanfaatkan oleh udara pengering, kalau mungkin semuanya. Dengan demikian *spray drying* menjadi efektif (untuk bahan sensitive panas) dan lebih efisien.

Berikutnya pada proyek pengabdian masyarakat (penulis menjadi anggota), granul effervescent belimbing yang dihasilkan dengan spray drying pada suhu 110 °C mengalami penurunan kadar vitamin C sampai 50 % (Kusmana, 2010).

Tomat (*Lycopersicum esculentum*) merupakan salah satu tanaman hortikula yang sering digunakan untuk produk olahan makanan dan mempunyai peranan dalam pemenuhan gizi masyarakat. Tomat merupakan buah yang relatif mengandung komposisi gizi yang lengkap buah ini juga mengandung karoten yang berfungsi sebagai pembentuk provitamin A dan *lycoppen*, tiap 100 gram buah tomat segar terdapat 3,1-7,7 mg kandungan likopen (Tonucci, et al,1995), dalam satu buah tomat segar ukuran sedang (100 gram) mengandung sekitar 20 kalori, 40 mg vitamin C, 1500 SI vitamin A, 0,06 mg (vitamin B1), 0,5 mg zat besi, 5 mg kalsium, 94 gr air dan lain-lain (Depkes RI, 2003).

Untuk mengurangi kerusakan kadar gizi pada produk dibutuhkan teknologi yang tepat, ada beberapa alternatif untuk mengurangi terjadinya kerusakan kadar gizi pada buah antara lain dengan pengalengan, pembekuan, dan pengeringan. Penelitian ini menggunakan metode

pengeringan dengan cara mengolah sari buah tomat menjadi bubuk, pembuatan bubuk sari buah tomat dilakukan menggunakan alat pengering semprot. Keuntungan bubuk sari buah tomat adalah lebih mudah dikemas dan didistribusikan karena volumenya lebih kecil, dengan metode pengering semprot diharapkan dapat menghasilkan bubuk sari buah tomat yang berkualitas.

Kadar air yang tinggi dalam buah menunjukkan bahwa buah memiliki aktivitas air tinggi yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas dalam buah-buahan dengan meningkatkan aktivitas enzim dan pertumbuhan mikroba. Oleh karena itu, mengurangi kelembaban dan aktivitas air dalam buah-buahan selalu diinginkan untuk menjaga kualitas. Pengeringan adalah teknik kuno, digunakan untuk mengawetkan makanan dengan menghilangkan kadar air dan aktivitas air (**N. Phisut, 2012**)

Pengeringan adalah proses penghidratan atau mengurangi kadar air dari suatu bahan sampai batas tertentu, selain proses penghidratan pengeringan juga dapat dilakukan dengan cara memecahkan ikatan molekul-molekul air yang terdiri dari unsur dasar oksigen dan hidrogen, meliputi proses perpindahan panas dan massa, panas dipindahkan secara konveksi kepada bahan yang akan dikeringkan dengan memberikan panas laten yang diperlukan untuk penguapan kadar air yang dikandung bahan dan proses perpindahan massa uap air dari permukaan bahan ke udara.

Dalam proses spray drying terdapat dua masalah yang kompleks yaitu penanganan kelengketan dan karakteristik alami buah yang menyebabkan produk tidak menjadi *powder*, untuk mencegah kelengketan dan produk gagal menjadi *powder*, yaitu dengan menambahkan bahan pengisi dan menggunakan peralatan khusus untuk memfasilitasi penanganan bubuk (**Chegini,G.R. and B. Ghobadian, 2007**). **Kevin, M.S (et. al 2012)** menggunakan *spray drayer* dengan penambahan 10% maltodextrin sebagai bahan pengisi dengan memvariasikan temperatur. Maltodextrin digunakan sebagai bahan pengisi pada proses *spray dring* sari buah jeruk karena sari buah jeruk dianggap lengket (**Lee Woun Tan, et. al, 2011**). Mempelajari pengaruh parameter terhadap sifat fisik *powder* dapat membantu dalam memperoleh kondisi optimum operasi *spray drying* dan karakteristik *powder* (**Chegini,G.R. and B. Ghobadian, 2007**)

Dalam proses pengeringan terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil

pengeringan, diantaranya adalah temperatur udara panas, laju aliran bahan, laju aliran udara, kelembaban dan rasio zat aditif dengan bahan. Teknologi penghidratan sari buah tomat pada penelitian ini menggunakan *spray drying* yang terdapat pada labolatorium *heat transfer* Universitas Indonesia.

1. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan buah tomat matang, sebelumnya buah tomat dipersiapkan terlebih dahulu. Buah tomat dibeli di pasar sekitaran depok sebanyak 10 kg dipilih dengan keseagaman warna merah, kemudian dicuci bersih setelah itu diblender tanpa penambahan air dan diperas dengan kain untuk mendapatkan sari buah yang akan diuji sesuai parameter – parameter yang telah ditentuka. Buah tomat termasuk material yang mudah rusak, hal ini disebabkan karena memiliki kadar air yang tinggi yaitu lebih dari 93% (**Rahmat Rukmana, 1994**), yang mengakibatkan umur simpan pendek dan perubahan fisik cepat. Tomat merupakan bahan yang akan mengalami penurunan kadar kandungan vitamin, bahkan dapat mengalami perubahan warna (browning) akibat pengeringan dengan suhu yang tinggi (**Liu Fengxia, et al, 2010, Goula M. Athanasia, et all, 2006**)

Kandungan Gizi	Macam tomat		
	Buah muda	Buah masak 1)	Sari buah 2)
Energi (Kcal)	23,00	20,00	19,00
Protein (gr)	2,00	1,00	1,00
Lemak (gr)	0,70	0,30	0,20
Karbohidrat (gr)	2,30	4,20	4,10
Serat (gr)	–	–	0,80
Abu (gr)	–	–	0,60
Calcium (mg)	5,00	5,00	18,00
Fosfor (mg)	27,00	27,00	18,00
Zat Besi (mg)	0,50	0,50	0,80
Natrium (mg)	–	–	4,0
Kalium (mg)	–	–	266,00
Vitamin A (S.I.)	320,00	1500,00	735,00
Vitamin B1 (mg)	0,07	0,06	0,06
Vitamin B2 (mg)	–	–	0,04
Niacin (mg)	–	–	0,60
Vitamin C (mg)	30,00	40,00	29,00
Air (gr)	93,00	94,00	–
			94,00

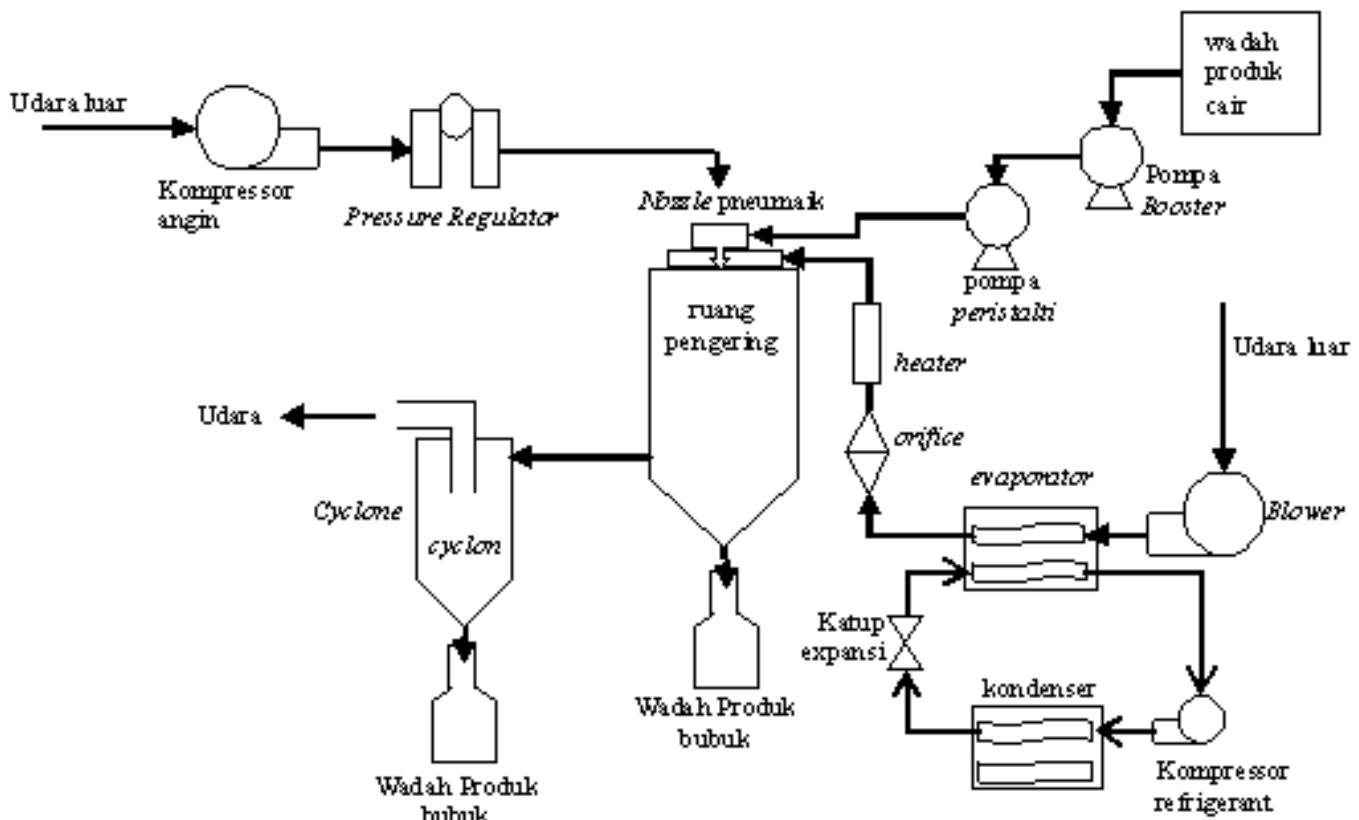
Sumber: 1) Direktorat Gizi Depkes R.I. (1981)

2) Food and Nutrition Research Center-Hand Book No. 1 Manila (1964)

Tabel 2.1 Kandungan dan Komposisi Tomat tiap 100 [g] (**Rahmat Rukmana, 1994**)

Variasi parameter penelitian yang dipilih berdasarkan ketersediaan waktu penelitian adalah:

- Kelembaban udara spesifik udara masuk 0.0073536 [kg/kg dry air]
- Aliran bahan pada yaitu 0.1986 [liter/jam] dan 0.3973 [liter/jam]
- Debit aliran udara yaitu 17.1, 24.2, 29.6, dan 35.1 [m³/jam]



4. Tekanan udara pnuematic pada nozzle 1 [bar] dan 2 [bar]

Spray drying adalah transformasi bahan dari bentuk cairan menjadi serbuk kering (**Anthanasia M. Goula, Konstantinos G. Adamopoulos. 2005**). *Spray drying* adalah salah satu teknik yang digunakan dalam industri pangan yang terkait dalam pengolahannya untuk memperoleh serbuk seperti serbuk sari buah, sari buah yang dikeringkan menjadi serbuk memiliki banyak manfaat dan potensi ekonomi lebih baik dengan menjadikan serbuk maka akan mengurangi volume dan kemasannya, juga mudah penanganan dan transportasinya (**Mujumdar, 2006**).

1. Wadah produk cair

Produk yang disiapkan adalah sari buah tomat 10 kg diblender dan disaring dengan tambahan bahan pengisi maltodextrin 33 %.



Gambar 2 Wadah produk

2. Pompa booster

Adalah alat pengumpan aliran produk ke pompa peristaltic.

3. Pompa peristaltic

Adalah alat pengatur laju aliran produk yang di teruskan ke nozzle pada *drying chamber*.

4. Regulator tekanan udara

Sebagai alat pengatur tekanan udara kluar nozzle

5. Pneumatic nozzle

Two fluid pneumatic nozzle sebagai alat atomizer partikel sari buah tomat, fluida yang disemprotkan melalui nozzle ini searah atau disebut co-current

6. Blower udara

Sebagai penyedia udara lingkungan yang di alirkan kedalam sistem untuk medium pengeringan

7. Dehumidifier

Alat pengkondisian udara untuk menghasilkan udara kering sebagai medium pengeringan

8. Manometer air dan orifice

Alat untuk mengetahui jumlah aliran udara masuk melalui pipa orifice yang ditunjukkan lewat beda ketinggian air pada alat manometer

9. Pemanas udara dan panel listrik

Alat untuk memanaskan udara kering agar kelembabannya lebih rendah lagi, panel listrik menunjukkan udara panas yang melewati pemanas udara

10. Drying chamber, cyclone dan penampung bubuk

Terjadi perpindahan kalor secara konveksi dari udara ke bahan dan terjadi penguapan dari bahan ke udara di dalam rung pengering, kemudian produk kering terbawa masuk ke dalam siklon akibat gaya sentrifugal produk pun jatuh di dalam downcomer

Perhitungan

$$Q_{bahan} = a \cdot f$$

Dimana :

- Q_{bahan} = debit bahan (liter/menit)
 - a = konstanta (0.002430 liter/menit rpm)
 - ω = putaran pompa peristaltik (rpm)
- Debit Udara

Penentuan debit udara dilakukan dengan menggunakan formulasi dari *manual book water to air* yang ada di DTM FT UI. Beda tekanan yang terukur pada orifice dikonversi dalam beda ketinggian oleh manometer.

$$Q_{udara} = a \times \sqrt{\frac{b g h}{\gamma^a}} \quad (3.2)$$

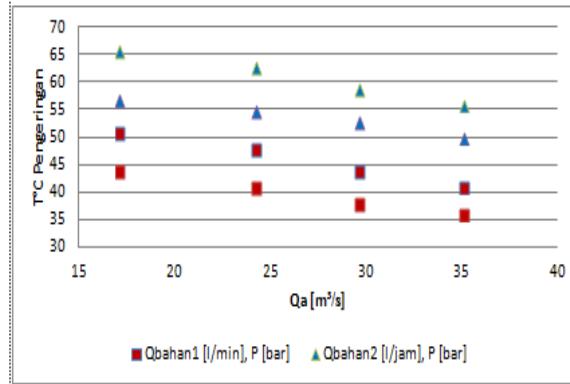
Dimana :

- Q_{udara} = debit udara (m^3/h)
- g = percepatan gravitasi ($9.8 m/s^2$)
- h = ketinggian air di manometer (m)
- γ^a = berat spesifik udara (kg/m^3)
- a = $85 m^2$
- b = $1 kg/m^3$

Dari temperatur dry bulb dan temperatur wet bulb lingkungan didapatkan temperatur dew point lingkungan, dan entalpi lingkungan (indeks:1). Dari hal ini, kita dapatkan SV_1 (*specific volume 1*), sehingga dapat dicari SW_1 (*specific weight 1*). Dari pengukuran temperatur udara di orifice, didapatkan dry bulb dan temperatur wet bulb, dan entalpi setelah evaporator (indeks: 2), sehingga dapat dicari temperatur dew point 2.

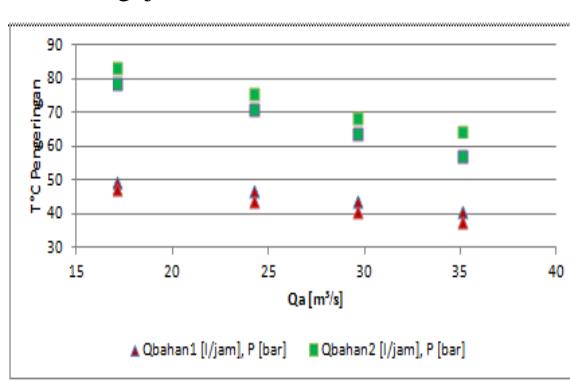
Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengujian Air



Pada grafik diatas, pengujian pada air, temperatur pengeringan minimum didapatkan sebesar $36^\circ C$ dengan variable rasio kelembaban sebesar 0.0073536 [kg/kg dry air], laju aliran bahan sebesar $Q_{bahan} = 0.1986$ [l/jam] dan tekanan nozzle sebesar 2 bar. Pada pengujian ini, temperatur maksimum sebesar $66^\circ C$ dengan variable rasio kelembaban sebesar 0.0073536 [kg/kg dry air], laju aliran bahan sebesar $Q_{bahan} = 0.3973$ [l/jam] dan tekanan nozzle sebesar 1 bar.

Hasil Pengujian Tomat



Pada grafik diatas, pengujian pada sari buah tomat dengan campuran maltodextrin sebesar 33%, temperatur pengeringan minimum didapatkan sebesar $38^\circ C$ dengan variable rasio kelembaban sebesar 0.0073536 [kg/kg dry air], laju aliran bahan sebesar $Q_{bahan} = 0.1986$ [l/jam] dan tekanan nozzle sebesar 2 bar. Pada pengujian ini, temperatur maksimum sebesar $84^\circ C$ dengan variable rasio kelembaban sebesar 0.0073536 [kg/kg dry air], laju aliran bahan sebesar $Q_{bahan} = 0.3973$ [l/jam] dan tekanan nozzle sebesar 1 bar.

Menurut **Langrish (2007)**, degradasi termal dari bubuk

yang diproduksi oleh pengering semprot mungkin menjadi pertimbangan penting dalam produksi bubuk makanan fungsional. Penelitian kali ini pada pengeringan sari buah tomat menunjukkan bahwa dengan semakin besar laju aliran udara, makatemperatur pengeringan akan semakin rendah.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada percobaan terhadap air dengan variable laju aliran udara 17.1; 24.2; 29.6; dan 35.1 [m³/jam] berhasil mendapatkan temperature minimum pengeringan pada rasio kelembaban 0.0073536 [kg/kg dry air].
2. Pada percobaan terhadap sari buah tomat dengan laju aliran udara 17.1; 24.2; 29.6; dan 35.1 [m³/jam] pada rasio kelembaban 0.0073536 [kg/kg dry air] hasilnya kering, karena temperature droplet sari buah tomat tidak melebihi temperature glassnya.
3. Semakin besar laju aliran udara, maka semakin rendah temperature minimum pengeringan.

Ucapan Terima kasih

Spray Team Hendsy M, Alfiandi, Wuwut RF, Freeze Team Arif H , Reks P, Ferry Sidabalok yang telah membantu waktu dan tenaga dalam penyelesaian mesin pengering semprot

Nomenklatur

g gravitational constant (ms⁻²)
P pressure (Nm⁻²)

Greek letters

heat transfer coefficient (W m⁻²)
 viscosity (Pas)

Subscripts

max Maximum
turb Turbulent

Referensi

Ho, C.A. & Sommerfeld, M. Title. Journal, Vol. xx, xxxx-xxxx (2002)

Sommerfeld, M. Title. Journal, Vol. xx, xxxx-xxxx (2001)

Tonucci, L., M.J. Holden, G.R. Beecher, F. Khacik, C.S. Davis, and G. Mulokozi, 1995. Carotenoid Content of Thermally Processed Tomato Based Food Product. *J. Agric. Food Chem.*, (43):579-586.

Depkes RI. 2003. Daftar Komposisi Bahan Makanan-Kandungan Gizi Tomat, Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI

N. Phisut. 2012. Spray drying technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. International Food Research Journal 19(4): 1297-1306 Journal homepage:<http://www.ifrj.upm.edu.my>

Fengxia Liu, Xiamin Cao, Houyin Wang, Xiaojun Liao (2010). Changes of tomato powder qualities during storage. Powder Technology 204 (2010) 159–166, [www.el sevier.com/locate/powtec](http://www.elsevier.com/locate/powtec)

Athanasia M. Goula, Konstantinos G. Adamopoulos, Paris C. Chatzitakis, Vasilios A. Nikas, (2006). Prediction of lycopene degradation during a drying process of tomato pulp. Journal of Food Engineering 74 37–46, www.elsevier.com/locate/jfoodeng

Mujumdar, Arun S, 2006. Handbook of Industrial Drying 3rd Edition. CRC Press.

A. G. Langrish. 2007. Degradation of Vitamin C in Spray Dryers and Temperature and Moisture Content Profiles in these Dryers. Food Bioprocess Technol DOI 10.1007/s11947-007-0039-5

Anthanasia M. Goula, Konstantinos G. Adamopoulos.. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air II. The effect on powder properties Journal of Food Engineering 66 (2005) 35–42

Di Mascio P, Kaiser S, Sies H. (1989). "Lycopene as The Most Efficient Biological Carotenoid Singlet Oxygen Quencher". *Archives of Biochemistry and Biophysics*.

Dinas Pertanian Kota Depok, (2007). *Profil Belimbing: Potensi investasi hortikultura Kota Depok. Kegiatan Pengembangan Fatih Dana pembangunan APBN*. Depok: iii + 50 hlm.

Frydman, A., et. al. (1998). Comparison of Superheated Steam and Air Operated Spray Dryiers Using Computational Fluids Dynamics. *Journal of Drying Technology* 16 (7). 1305-1338.

- Gemci, T., dkk. (2000). Simulation of Evaporating Spray and Comparison with Droplet. *Fluid Engineering Division* 253. 59-66.
- Germano Eder Gadelha Moreira, Mayra Garcia Maia Costa, Arthur Claudio Rodrigues de Souza, Edy Sousa de Brito, Maria de Fatima Dantas de Medeiros, Henriette M. C. de Azeredo. (2009). Physical Properties of Spray Dried Acerola Pomace Extract as Affected by Temperature and Drying Aids. *LWT - Food Science and Technology* 42. 641–645.
- Kevin Mis Solval, Srijanani Sundararajan, Luis Alfaro, Subramaniam Sathivel. (2012). Development of cantaloupe (*cucumis melo*) juice powder using spray drying technology. *LWT – Food Science and Technology* 46. 287-293.
- Kosasih, E.A. (2006). Pengaruh kecepatan tangensial udara masuk pengering semprot terhadap penguapan dan posisi tetesan air yang disemprotkan. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) V*.
- Kusmana, Dadang et.al. (2010). Peningkatan Produktivitas Belimbing (*Averrhoa carambola*), Laporan Akhir Program Pengabdian Masyarakat Berbasis Penelitian (Penelitian UI untuk Pemkot Depok), "Peningkatan Produktivitas Belimbing (*Averrhoa carambola*): Melalui Pemanfaatan Limbah Pasar Tradisional di Kota Depok sebagai Pengganti Pupuk Anorganik dan Variasi Penggunaan Pembungkus Buah Belimbing Melalui Pembuatan Granul Effervesens Buah Belimbing". *Universitas Indonesia*.
- Mahboubeh Fazaeli, Zahra Emam-Djomeh, Ahmad Kalbasi Ashtari, Mahmoud Omid. (2012). Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. *Food and Bioproducts Processing* xxx. xxx–xxx.
- Masters, K. (1991) Spray Drying Handbook, 5th ed. London, Longman Scientific and Technical
- (Mujumdar, 2003)., *Innovation in Thermal Drying Technologies and Future R&D Needs*, The 14th International Symposium on Transport Phenomena. Bali, Indonesia.
- Renata V. Tonon, Catherine Brabet, Míriam D. Hubinger. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleracea Mart.*) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering* 88. 411–418.
- Ronsse, F., Pieters, J. G., & Dewettinck, K. (2008). Modelling side-effect spray drying in top-spray fluidized. *Journal of Food Engineering* 86. 529-541.
- (Suryawan, B. dan Kosasih, E. A., 2005). *Pengaruh Diameter dalam Silo Terhadap Kinerja Pengering Semprot: Suatu Simulasi*, Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin IV, Bali, Indonesia.
- Tonucci, L., M.J. Holden, G.R. Beecher, F. Khacik, C.S. Davis, and G. Mulokozi. (1995). Carotenoid Content of Thermally Processed Tomato Based Food Product. *J. Agric. Food Chem* 43. 579-586.
- Wang, L. Z., Finlay, W. H., Peppler, M. S., & Sweeney, L. G. (2006). Powder formation by atmospheric spray-freeze drying. *Powder Technology* 170. 45-52.
- Winarno, F.G. (1986). Enzim Pangan, Gramedia.
- Zanoni, B., Peri, C., Nani, R., & Lavelli, V. (1999). Oxidative heat damage of tomato halves affected by drying. *Food Research International*, 31(5). 395–401.