



Pengaruh Suhu Operasi terhadap Penentuan Karakteristik Pengeringan Busa Sari Buah Tomat Menggunakan *Tray Dryer*

Tri Hariyadi*

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Bandung 40012

*Alamat korespondensi: tri.hariyadi@polban.ac.id

([Submisi](#) 23 September 2018 ; [Revisi](#) 21 Oktober 2018 ; [Penerimaan](#) 24 Oktober 2018)

ABSTRACT

Food damage can be caused by intrinsic and extrinsic factors. The causes of intrinsic factors involve water activity (a_w) and moisture content, the level of maturity and the nature of the food material itself. Meanwhile, the causes of extrinsic factors were the air composition, temperature, pressure, population and microbial contamination. Drying is one of the most widely used preservative methods, namely by evaporating most of the water contained in food by heat energy. This work studied the effect of operating conditions on the characteristics of tomato drying using tray dryer with the addition of foaming agent albumin and carrier agent dextrin which function as foam stabilizer. Tomatoes used as raw materials are ripe tomatoes, fresh red, and the same relative diameter, not physiologically and mechanically damaged. Drying equipment in the form of tray dryer equipped with thermometer, humidity meter, anemometer, and analytical balance. Supporting equipment in the form of mixer and sieve. In this work, tomatoes were sliced, crushed for 10 minutes using blender, separated from the seeds and the residues with a 60-mesh sieve, and then mixed with dextrin and foaming agent albumin each as much as 5% weight. The mixture was blended for 10 minutes. The tray dryer was filled with hot air at 2.0 m/sec with temperature variation of 40, 50, 60 or 70°C. The stainless-steel dish containing tomato paste with a thickness of 2 mm or 4 mm was inserted to the dryer. The tomato paste was weighted every 5 minutes. It is found, at a thickness of 2 mm, the optimum drying occurred at a temperature of 70 °C with a critical time, t_c , for 0.92 hours, the critical water content of the sample, X_c , 1.40 %, and a constant drying rate, R_c , 897.12 kg/m².hour. In drying operations of 4 mm thickness, optimum drying occurs at 50 °C temperature with critical time, t_c , for 1.92 hours, critical water content of sample, X_c , 2.56 %, and constant drying rate, R_c , 175.52 kg/m².hour.

Keywords: cake thickness, drying rate, foaming agent, tomato, tray dryer.

ABSTRAK

Terjadinya kerusakan bahan pangan dapat disebabkan oleh faktor intrinsik dan ekstrinsik. Penyebab faktor intrinsik diantaranya aktivitas air (a_w) dan kadar air, tingkat kematangan dan sifat bahan pangan itu sendiri. Sedangkan penyebab dari faktor ekstrinsik seperti komposisi udara, suhu, tekanan, populasi dan tingkat kontaminasi mikrob. Pengeringan merupakan salah satu metode pengawetan yang paling banyak digunakan, yaitu dengan cara menguapkan sebagian besar air yang terkandung di dalam bahan pangan dengan menggunakan energi panas. Penelitian ini mempelajari karakteristik pengeringan busa sari buah tomat menggunakan *tray dryer* dengan penambahan *foaming agent* albumin dan *carrier agent* dextrin yang berfungsi sebagai *foam stabilizer*. Tomat yang digunakan sebagai bahan baku adalah tomat matang, merah segar, diameter relatif sama, tidak rusak secara fisiologis dan mekanis. Peralatan pengering berupa *tray dryer* yang dilengkapi termometer, humiditimeter, anemometer, dan

neraca. Peralatan pendukung berupa blender dan ayakan. Di dalam penelitian ini, tomat diiris dan dihaluskan menggunakan blender selama 10 menit. Biji dan ampasnya dipisahkan dari bubur tomat dengan ayakan berukuran 60 *mesh*. Kemudian bubur tomat dicampurkan dextrin dan *foaming agent* albumin masing-masing sebanyak 5% berat. Campuran tersebut dihaluskan dengan blender selama 10 menit. *Tray dryer* dialiri udara panas dengan laju 2,0 m/detik dengan variasi temperatur 40, 50, 60 atau 70 °C. Loyang *stainless steel* yang berisi bubur tomat dengan ketebalan 2 mm atau 4 mm dimasukkan ke dalam *tray dryer*. Berat bubur tomat diukur setiap 5 menit. Hasil yang diperoleh, pada ketebalan 2 mm, pengeringan optimum terjadi pada temperatur 70 °C dengan waktu kritis, t_c , selama 0,92 jam, kadar air kritis sampel, X_c , 1,40 %, dan laju pengeringan konstan, R_c , 897,12 kg/m².jam. Pada operasi pengeringan dengan ketebalan 4 mm, pengeringan optimum terjadi pada temperatur 50 °C dengan waktu kritis, t_c , selama 1,92 jam, kadar air kritis sampel, X_c , 2,56 %, dan laju pengeringan konstan, R_c , 175,52 kg/m².jam.

Kata kunci: *foaming agent*, ketebalan bubur, laju pengeringan, tomat, *tray dryer*.

1. Pendahuluan

Terjadinya kerusakan bahan pangan disebabkan beberapa faktor, diantaranya faktor intrinsik misalnya aktivitas air (a_w) dan kadar air, tingkat kematangan serta sifat bahan pangan itu sendiri. Faktor lainnya yaitu ekstrinsik mencakup semua faktor lingkungan bahan pangan yang dapat mempengaruhi resiko yang terjadi. Faktor ini disebut faktor luar resiko bahan pangan seperti komposisi udara, suhu, tekanan, populasi dan tingkat kontaminasi mikroba.

Kandungan air dalam bahan pangan merupakan faktor yang paling dominan sebagai penyebab kerusakan bahan pangan setelah lepas panen. Pada tingkatan kadar air yang cukup tinggi setelah panen, maka kegiatan biologis dalam bahan pangan masih tetap berlangsung. Kegiatan tersebut adalah secara biokimia dan kimiawi seperti aktivitas enzim, respirasi, dan mikrobiologis sehingga bahan pangan menjadi cepat rusak dan akhirnya busuk.

Pengawetan makanan dengan menurunkan kadar air (yang lebih penting adalah aktivitas air, a_w) telah dilakukan sejak ribuan tahun yang lalu. Pengeringan merupakan salah satu cara pengawetan pangan yang paling tua. Pengeringan atau dehidrasi adalah cara untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian air dari suatu bahan pangan dengan cara menguapkan sebagian besar air yang terkandung dalam bahan pangan dengan menggunakan energi panas.

Pengeringan merupakan cara pengawetan yang paling banyak digunakan. Dengan demikian

bahan pangan yang dikeringkan dengan sinar matahari sering diperlukan alat pengering buatan. Pengeringan dengan alat pengering buatan disebut dehidrasi yaitu suatu operasi yang melibatkan baik transfer panas atau massa di bawah kondisi pengeringan yang terkendali dengan menggunakan berbagai metode pengeringan.

Panas akan dihantarkan pada air dalam bahan pangan yang hendak dikeringkan dan air akan menguap dan dipindahkan keluar dari pengering. Penggunaan sinar matahari untuk pengeringan sebagian juga berkembang ke arah pengeringan semi buatan, terutama sejak berkembangnya teknik kolektor tenaga surya (teknik pengumpulan tenaga surya) untuk pemanasan. Dengan demikian, keunggulan pengeringan dengan sinar matahari dapat dimanfaatkan secara optimal dan kelemahannya dapat dikurangi. Walaupun demikian pengeringan dengan sinar matahari tetap sebagai suatu cara pengolahan yang sangat penting di negara-negara yang sedang berkembang.

Selama kondisi luar pada keadaan tetap, maka laju pengeringan kuantitatif dan kualitatif banyak dipengaruhi oleh sifat-sifat bahan yang akan dikeringkan, meliputi: sifat fisik dan kimia dari bahan yang akan dikeringkan, ukuran bahan yang akan dikeringkan, bentuk bahan yang dikeringkan, dan komposisi kadar air bahan yang dikeringkan.

Konsep sederhana tentang kadar air yang terdapat dalam bahan pangan menyatakan bahwa bahan pangan terdiri dari bahan kering ditambah

sejumlah air. Air dalam bahan pangan merupakan bagian seutuhnya dari bahan pangan itu sendiri. Air tersebut biasa terdapat di antara sel-sel maupun terdapat di dalam sel. Air bebas terdapat di dalam jaringan, sedangkan air terikat biasanya terdapat di dalam sel.

Pengukuran kadar air diperlukan sebelum dan sesudah pengeringan yaitu untuk mengetahui kadar air yang diupayakan. Sebaliknya dengan mengetahui kadar air sebelum pengeringan dan jumlah air yang ingin dikurangi, maka dapat ditentukan batas kadar air pengeringan yang dilakukan.

Jumlah air yang terkandung dalam bahan pangan secara total biasanya dinyatakan dalam persen berat bahan pangan tersebut dan disebut dengan kadar air. Kadar air dapat dinyatakan dalam berat basah (*wet basis*) atau berat kering (*dry basis*), dihitung dengan Persamaan 1 & 2:

$$\text{Kadar air basis kering} = \frac{a}{k} \times 100 \% \quad (1)$$

$$\text{Kadar air basis basah} = \frac{a}{(k+a)} \times 100 \% \quad (2)$$

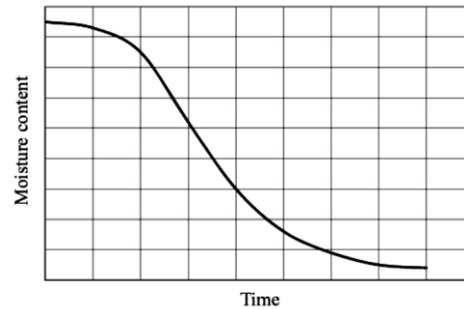
Dengan :

a = berat air (dalam gram atau satuan berat yang sama dengan satuan berat kering)

k = berat bahan/material kering tanpa air (g atau kg)

Kandungan air yang terdapat dalam bahan pangan ternyata berbeda-beda, tergantung pada letak dan ikatan yang dibentuk oleh air dengan senyawa lain dalam bahan pangan tersebut. Air dalam bahan pangan dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat kebebasannya yaitu : air bebas (*free water*), air terikat secara fisik, dan air terikat secara kimia.

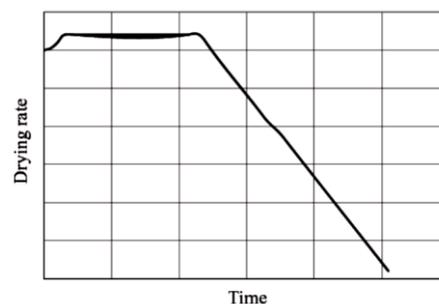
Mekanisme pengeringan adalah bagian terpenting dalam teknik pengeringan karena dengan mengetahui mekanisme pengeringan dapat diperkirakan jumlah energi dan waktu proses optimum untuk tujuan pengawetan dengan pengeringan. Energi yang diperlukan dalam pengeringan terutama berupa energi panas untuk meningkatkan suhu dan menambah tenaga pemindahan air. Waktu proses erat kaitannya dengan laju pengeringan dan tingkat kerusakan yang dapat dikendalikan akibat pengeringan.



Gambar 1. Grafik kadar air vs waktu

Jika material pangan basah dikeringkan pada suatu pengering, dapat ditentukan hubungan antara perubahan kadar air terhadap waktu. Data tersebut dapat diplot sebagai kadar air (X) terhadap waktu (t), yang ditunjukkan pada Gambar 1. Secara umum grafik tersebut menunjukkan penurunan kadar air bahan pangan secara penguapan dari uap jenuh yang terdapat pada permukaan padatan, diikuti oleh penurunan penguapan permukaan padatan secara bertahap, dan akhirnya penguapan bagian dalam padatan.

Laju penguapan adalah jumlah air yang teruapkan dari bahan pangan kering dalam satuan waktu per satuan permukaan pengeringan. Perubahan tersebut ditunjukkan pada grafik antara laju pengeringan terhadap waktu (Gambar 2) atau laju pengeringan terhadap kadar air (Gambar 3). Gambar 2 dapat digunakan untuk menentukan waktu operasi pengeringan, sedangkan Gambar 3 digunakan untuk menentukan metoda pengeringan yang tepat.



Gambar 2. Grafik laju pengeringan vs. waktu

Menurut Zeky Berk, 2009, kurva pengeringan seperti pada Gambar 2 biasanya merupakan model untuk menunjukkan 3 tahap, yaitu: tahap I, fase bertambahnya kecepatan: Kecepatan

pengeringan meningkat seiring dengan air yang berkurang. Secara fisik, terlihat disebabkan oleh pengkondisian sampel, seperti pemanasan, pembukaan pori, dan lain-lain. Tahap ini biasanya cukup singkat dan tidak selalu dapat terlihat saat percobaan pengeringan. Biasanya diabaikan saat menghitung waktu pengeringan. Tahap II yaitu – fase laju konstan: laju pengeringan mendekati konstan. Laju pengeringan yang sebenarnya dapat dipelajari bila pengeringan perlahan menggunakan pasir atau kertas basah (Krischer, 1993). Tetapi jarang terjadi bila pengeringan dilakukan pada bahan pangan yang sebenarnya (Bimbenet dkk., 2002). Tahap III yaitu – fase laju menurun : di bawah kadar air tertentu, disebut kadar air kritis (*critical moisture content, X_c*) laju pengeringan menurun tajam.

Mengingat proses pengeringan padatan basah dengan kondisi pengeringan tetap. Pada sebagian besar kasus umum, setelah periode awal ditentukan, kadar air basis kering, X, menurun secara linier terhadap waktu, t, mengikuti mulainya proses pengeringan. Hal ini diikuti oleh penurunan X tidak secara linier hingga t tertentu, setelah waktu cukup lama, padatan mencapai kesetimbangan kadar air, X* dan proses pengeringan berhenti. Pada kondisi bebas kadar air, didefinisikan sebagai:

$$X_f = (X - X^*) \tag{3}$$

Laju pengeringan menurun hingga nol pada X_f = 0. Secara konvensi, laju pengeringan, R, didefinisikan sebagai:

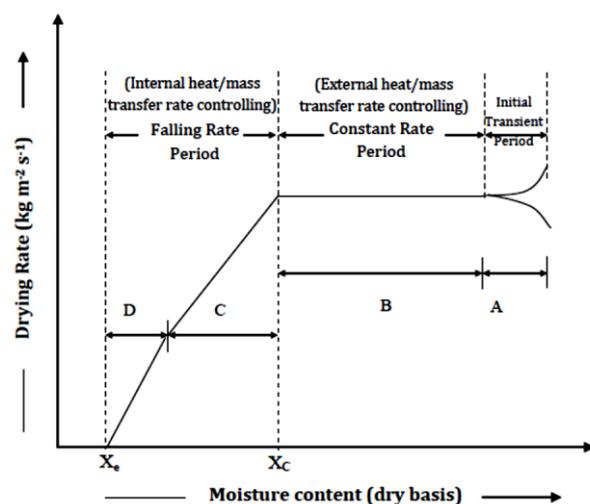
$$R = -\frac{M_s}{A} \frac{dX}{dt} \text{ atau } -\frac{M_s}{A} \frac{dX_f}{dt} \tag{4}$$

pada kondisi pengeringan konstan. Disini, R (kg m⁻² h⁻¹) adalah laju penguapan air, A adalah luas permukaan penguapan (mungkin juga perbedaan luas perpindahan panas) dan M_s adalah berat *bone dry* padatan.

Plot antara R terhadap X (atau X_f) disebut kurva laju pengeringan. Kurva ini ditentukan pada kondisi pengeringan secara konstan. Sebagai catatan, pada pengeringan sesungguhnya, pengeringan material umumnya dilakukan dengan kondisi pengeringan yang bervariasi (misalnya, perbedaan relatif laju alir padat-gas,

perbedaan temperatur dan kelembaban gas, perbedaan arah aliran). Jadi, diperlukan pengembangan metodologi interpolasi atau ekstrapolasi data laju pengeringan dengan kondisi operasi tertentu.

Gambar 3 menunjukkan bentuk kurva laju pengeringan secara ‘*textbook*’ pada periode laju konstan awal dengan R = R_c = konstan. Periode laju konstan sepenuhnya dipengaruhi oleh laju perpindahan panas dan massa eksternal mulai dari lapisan film bebas air hingga permukaan yang dapat menguap. Periode pengeringan ini tidak dipengaruhi oleh jenis material yang dikeringkan. Beberapa produk pangan dan pertanian, tidak sepenuhnya menunjukkan periode laju konstan karena laju perpindahan panas dan massa internal menentukan laju air yang muncul akibat penguapan permukaan.



Gambar 3. Kurva laju pengeringan vs kadar air secarabatch pada kondisi pengeringan konstan (Jangam, dkk., 2010)

Periode laju konstan dimulai dari kadar air awal X_o hingga mencapai kadar air kritis X_c. Selanjutnya laju pengeringan menurun secara linier hingga mendekati nol. (X = 0). Bagian C dan D pada gambar 3 menunjukkan *falling-rate period* (t_f), hanya bagian C menunjukkan t_f pada gambar 2 dan C dan D pada gambar 3. Hal ini menunjukkan perlu waktu lebih lama untuk memunculkan air yang ada di dalam padatan ke permukaan padatan, dan penguapan air membutuhkan waktu lebih lama lagi. Sebagai hasilnya, laju penguapan menurun, dan sebagian

panas digunakan untuk memanaskan padatan. Hal ini menimbulkan lebih dari satu periode laju menurun (*falling-rate period*) (D pada gambar 3), karena terjadi perubahan struktur pada produk pangan selama pengeringan.

Pada kondisi yang disebut dengan kadar air kritis, X_c , R mulai menurun dengan berkurangnya X sejak air tidak dapat berpindah dengan laju R_c ke permukaan karena keterbatasan internal. Mekanisme yang mendasari fenomena ini tergantung pada kondisi material dan proses pengeringan. Permukaan yang dikeringkan mula-mula menjadi tidak jenuh sebagian dan kemudian tidak jenuh sepenuhnya hingga mendekati kesetimbangan kadar X^* .

Dari perubahan tersebut, material dapat menunjukkan lebih dari satu kadar air kritis yang ditunjukkan oleh kurva laju pengeringan berubah menjadi lebih tajam. Hal ini umumnya berhubungan dengan perubahan dasar mekanisme pengeringan yang menyebabkan perubahan struktur atau kimia. Hal ini juga penting untuk melihat bahwa X_c bukan hanya dipengaruhi oleh sifat-sifat materialnya. Juga tergantung kepada laju pengeringan dengan kondisi yang sebaliknya. Hal ini harus ditentukan secara eksperimen. Secara sederhana R_c dapat ditentukan dengan percobaan atau metode analitik untuk memperkirakan panas eksternal/laju perpindahan massa (Geankoplis, 1993) sehingga,

$$R_c = \frac{\Sigma q}{\lambda_s} \quad (5)$$

Notasi Σq menunjukkan jumlah fluks panas secara konveksi, konduksi dan/atau radiasi. Sedangkan λ_s adalah kalor laten penguapan pada temperatur padatan. Pada kasus pengeringan secara konveksi saja, permukaan pengeringan selalu jenuh dengan air pada periode laju konstan dan lapisan film cairan sama dengan temperatur bola basahnya. Temperatur bola basahnya tidak tergantung pada bentuk objek yang dikeringkan, sehingga dapat dianalogikan sebagai perpindahan panas dan massa.

Laju pengeringan pada periode laju menurun sebagai fungsi dari X (atau X_f) dan harus ditentukan secara eksperimen bagaimana suatu

material dikeringkan menggunakan jenis pengering tertentu. Jika kurva laju pengeringan (N terhadap X) diketahui, total waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan kadar air padatan dari X_1 menjadi X_2 dapat dihitung secara sederhana dengan Persamaan 6:

$$t_d = \int_{X_1}^{X_2} \frac{M_s}{A} \frac{dX}{N} \quad (6)$$

Tabel 1. Waktu pengeringan untuk berbagai model laju pengeringan

Model	Waktu Pengeringan
Model Kinetika, $N = - \frac{M_s}{A} \frac{dX}{dt}$	$t_d =$ Waktu pengeringan hingga mencapai kadar air akhir X_2 dari kadar air awal X_1
$N = N(X)$ (Umum)	$t_d = \frac{M_s}{A} \int_{X_2}^{X_1} \frac{dX}{N}$
$N = N_c$ (Periode Laju Konstan)	$t_f = \frac{M_s}{A} \frac{(X_2 - X_1)}{N_c}$
$N = aX + b$ (Periode Laju Menurun)	$t_f = \frac{M_s(X_1 - X_2)}{A(N_1 - N)} \ln \frac{N_1}{N_2}$
$N = Ax$ $X^* \leq X_2 \leq X_c$	$t_f = \frac{M_s X_c}{AN_c} \ln \frac{X_c}{X_2}$
Model Difusi Cairan $D_L = \text{konstan}, X_2 = X_c$ Lempengan; difusi satu dimensi, permukaan penguapan pada X^*	$t_f = \frac{4a^2}{\pi D_L} \ln \frac{8X_1}{\pi^2 X_2}$ $X =$ kadar air bebas rata-rata $A =$ setengah tebal lempengan

(Mujumdar, 1997)

Tabel 1 menunjukkan daftar waktu pengeringan pada laju konstan, laju menurun linier dan laju menurun dikendalikan oleh difusi cairan air di dalam lempengan tipis. Tanda c dan f menunjukkan periode laju konstan dan menurun. Total waktu pengeringan adalah jumlah dari waktu pengeringan kedua periode tersebut. Analisis yang berbeda menunjukkan waktu pengeringan t_f tergantung pada bentuk fungsi N atau model yang digunakan untuk menentukan laju menurun, misalnya difusi cairan, kapilaritas, evaporasi-kondensasi. Pada beberapa padatan, model penyusutan permukaan (dimana permukaan yang menguap menyusut akibat pengeringan padatan) menghasilkan kesesuaian dengan hasil percobaan. Pada prinsipnya, model pengeringan laju menurun menghasilkan ekstrapolasi data kinetika pengeringan yang dapat diandalkan pada berbagai kondisi operasi dan geometri produk.

Persamaan t_f pada Tabel 1 menggunakan model difusi cairan (Bentuk Hukum II Fick's tentang difusi menerapkan difusi pada padatan) diperlukan untuk menyelesaikan secara analitik persamaan diferensial parsial seperti pada Persamaan 7:

$$\frac{\partial X_f}{\partial t} = D_L \frac{\partial^2 X_f}{\partial x^2} \quad (7)$$

Berlaku pada kondisi awal dan kondisi batas sebagai berikut:

$$\begin{aligned} X_f &= X_i, \text{ dimanapun di dalam lempengan} \\ &\text{pada } t = 0 \\ X_f &= 0, \text{ pada } x = a, \text{ (di atas, permukaan} \\ &\text{penguapan), dan } \frac{\partial X_f}{\partial t} = 0, \text{ pada } x = \\ &0 \text{ (bawah, permukaan yang tidak} \\ &\text{menguap)} \end{aligned}$$

Model tersebut dengan asumsi difusi cairan satu dimensi dengan difusivitas efektif konstan, D_L , dan tanpa efek panas. X_2 adalah rata-rata kadar air bebas rata-rata pada $t = t_f$ diperoleh dari integrasi persamaan analitis $X_f(x, t_f)$ permukaan lempengan bagian atas, a.

2. Metode Penelitian

Bahan baku utama adalah tomat hibrida varietas Amala 474 yang ditanam pada ketinggian 1.200-1.270 dpl. Tomat yang digunakan sebagai bahan baku adalah tomat matang, merah segar, diameter relatif sama, tidak rusak secara fisiologis dan mekanis, dipetik langsung dari kebun di Bandung. Bahan tambahan terdiri dari 2 jenis, yaitu albumin sebagai *foaming agent* dan *carrier agent* (*maltodextrin*) yang berfungsi sebagai *foam stabilizer*. Albumin dengan kualitas *food grade* kemurnian 100 %, dibeli secara online dari kota Tangerang. Maltodekstrin yang digunakan pada penelitian ini dengan kualitas *food grade* dibeli secara online dari Kota Yogyakarta.

Peralatan pengering berupa *tray dryer*. Pada *tray dryer* tersebut dilengkapi termometer untuk mengukur suhu udara masuk dan keluar, humidimeter yang berfungsi untuk mengukur kelembaban udara masuk dan keluar, anemometer untuk mengukur laju udara

pengering, juga neraca yang berfungsi untuk mengukur berat sampel. Peralatan pendukung berupa blender dan ayakan dengan ukuran 60 *mesh*.

Dalam penelitian ini, tomat diiris dan diblender selama 10 menit. Biji dan ampasnya dipisahkan dari bubur tomat dengan ayakan berukuran 60 *mesh*. Kemudian bubur tomat dicampurkan dextrin dan *foaming agent* albumin masing-masing sebanyak 5% berat. Campuran tersebut dihaluskan selama 10 menit. *Tray dryer* dialiri udara panas dengan laju 2,0 m/detik dengan variasi temperatur 40, 50, 60 atau 70 °C. Loyang *stainless steel* yang berisi bubur tomat dengan ketebalan 2 mm atau 4 mm dimasukkan ke dalam *tray dryer*. Berat bubur tomat diukur setiap 5 menit. Dari berat tersebut dapat ditentukan kadar air sampel. Pengambilan data dihentikan setelah tidak terjadi perubahan berat sampel.

Pengukuran kadar air dilakukan pada saat sebelum dan sesudah pengeringan menggunakan Metode Oven untuk mengetahui kadar air yang diupkan. Jumlah air yang terkandung dalam bahan pangan secara total biasanya dinyatakan dalam persen berat bahan pangan tersebut dan disebut dengan kadar air menggunakan persamaan (1) dan (2).

Penentuan laju pengeringan ($-dX/dt$) diperoleh dari pengolahan data kadar air sampel terhadap waktu menggunakan metode kalkulus, yaitu membagi grafik kadar air terhadap waktu menjadi 3 bagian. Bagian 1, yaitu bagian yang membentuk garis lurus dilakukan regresi linier hingga diperoleh koefisien korelasi (R^2) maksimum. Bagian 2 adalah bagian yang membentuk garis lengkung dilakukan regresi polinomial pangkat 2 hingga diperoleh koefisien korelasi (R^2) maksimum. Bagian 3 adalah yang membentuk garis horisontal, yang menunjukkan bahwa proses pengeringan sudah berhenti.

3. Hasil dan Pembahasan

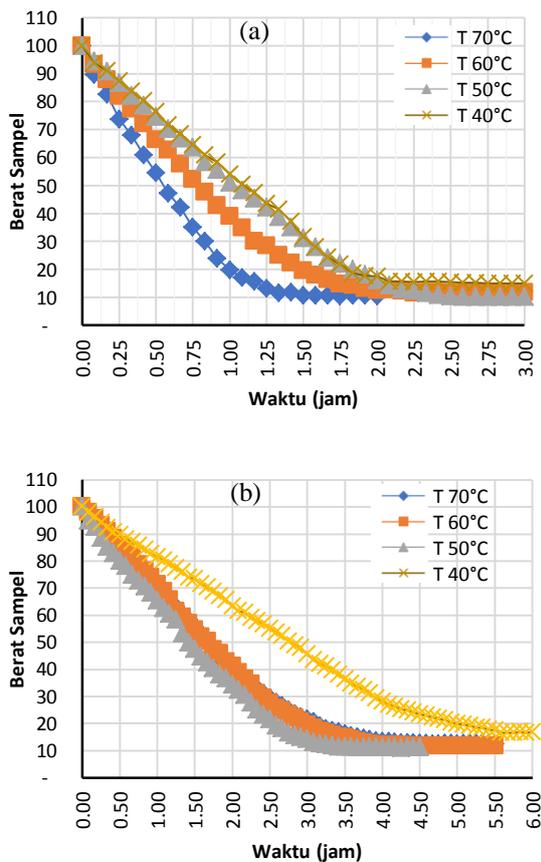
3.1 Optimasi Temperatur Pengeringan

Dari hasil penelitian bubur tomat dengan tebal bubur 2 mm dan tebal bubur 4 mm, divariasikan

temperatur operasi pengeringan 40, 50, 60 dan 70 °C, diperoleh grafik pada Gambar 4.

Pada gambar 4.a terlihat bahwa untuk ketebalan bubuk 2 mm, semakin tinggi temperatur operasi, pada waktu yang sama, akan diperoleh kadar air sampel lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengeringan dipengaruhi oleh temperatur udara pengering. Pada gambar tersebut terlihat, bahwa pengeringan pada temperatur 70 °C menghasilkan perubahan kadar air yang paling cepat dibandingkan dengan pengeringan dengan temperatur lainnya.

Pada Gambar 4.b terlihat bahwa pada waktu yang sama, perubahan kadar air sampel pada temperatur 50 °C paling cepat dibandingkan temperatur operasi lainnya, sehingga dapat disimpulkan, bahwa temperatur optimum operasi pengeringan bubuk tomat menjadi serbuk tomat pada ketebalan 4 mm berada pada temperatur 50 °C.



Gambar 4. Berat sampel tomat vs waktu pengeringan, (a) tebal bubuk 2 mm, (b) tebal bubuk 4 mm

3.2 Pengaruh Temperatur Operasi Pengeringan dan Tebal Bubur terhadap Perubahan Kadar Air Sampel

Dari Tabel 2 terlihat bahwa untuk ketebalan bubuk 2 mm, kadar air sampel mencapai konstan dengan waktu tercepat, yaitu selama 0,92 jam tercapai pada temperatur 70 dan 60 °C, namun pada temperatur 70 °C diperoleh kadar air sampel yang lebih rendah, yaitu 1,40, sedangkan operasi pengeringan pada temperatur 60 °C diperoleh sampel dengan kadar air 2,99 %. Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa proses pengeringan paling baik terjadi pada operasi pengeringan pada temperatur 70 °C.

Hal berbeda terlihat pada operasi pengeringan dengan ketebalan bubuk 4 mm, karena kadar air sampel mencapai konstan paling cepat terjadi pada temperatur 50 °C, yaitu selama 1,92 jam dengan kadar air sampel sebesar 2,56 %. Pengeringan 50, 60 dan 70 °C terdapat hal yang menarik, karena perbedaan waktu pengeringan yang cukup signifikan, yaitu pada rentang 1,92 – 2,50 jam. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa operasi pengeringan optimum dilakukan pada temperatur udara pengeringan 50 °C.

Tabel 2. Waktu Pengeringan dan Kadar Air Sampel pada Berbagai Kondisi Operasi Pengeringan

T (°C)	Tebal Bubur : 2 mm			Tebal Bubur : 4 mm		
	t, jam	X, %	-dX/dt,kg/jam	t, jam	X, %	-dX/dt,kg/jam
70 °C	0,00	9,09	8,18	0,00	7,72	2,63
	0,92	1,40	8,18	2,00	2,49	2,63
	1,58	0,07	0,00	4,25	0,12	0,00
60 °C	0,00	8,28	5,68	0,00	8,38	2,79
	0,92	2,99	5,68	2,50	1,57	2,79
	2,08	0,18	0,00	4,33	0,10	0,00
50 °C	0,00	9,93	4,87	0,00	8,75	3,18
	1,67	1,65	4,87	1,92	2,56	3,18
	2,75	0,13	0,00	3,67	0,09	0,00
40 °C	0,00	7,82	3,87	0,00	7,72	1,55
	1,83	0,65	3,87	4,08	1,35	1,55
	2,42	0,38	0,00	5,67	0,45	0,00

Pada Tabel 2 dan Gambar 5.a terlihat bahwa pada operasi pengeringan dengan ketebalan bubuk 2 mm, laju pengeringan tertinggi tercapai pada temperatur operasi pengeringan 70 °C, yaitu sebesar 8,18 kg/jam dalam jangka waktu

pengeringan 0,92 jam. Sedangkan pada temperatur operasi pengeringan 40, 50 dan 60 °C, hasilnya hampir sama, yaitu pada rentang 3,87 – 5,68 kg/jam.

Pada Tabel 2 dan Gambar 5.b terlihat bahwa pada operasi pengeringan dengan ketebalan bubuk 4 mm, laju pengeringan tertinggi tercapai pada temperatur operasi pengeringan 50 °C, yaitu sebesar 3,18 kg/jam dalam jangka waktu pengeringan tercepat, yaitu 1,92 jam.

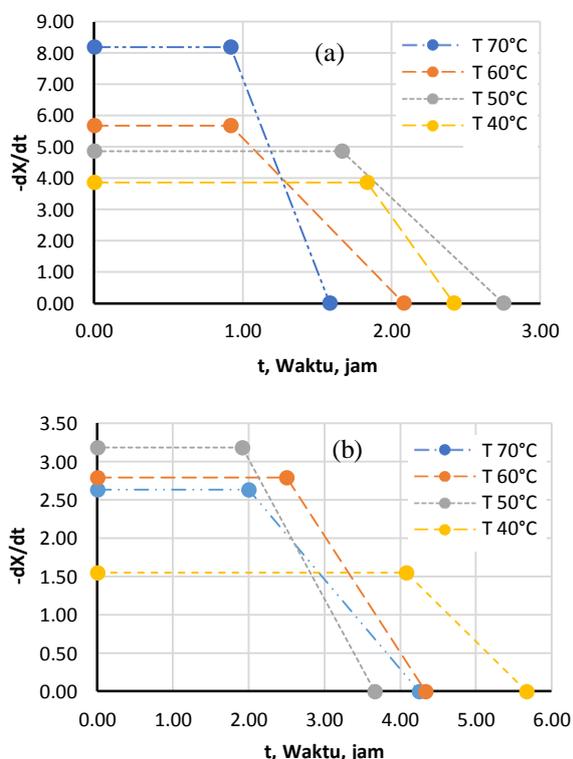
Kadar air yang diperoleh pada penelitian ini lebih baik dibandingkan dengan yang dilakukan oleh Saripudin dkk. (2018) yang menghasilkan produk dengan kadar air sebesar 10,87% pada temperatur pengeringan 50 °C, penelitian Tri Hariyadi dkk. (2017) dengan penggunaan foaming agent Tween 80 diperoleh produk dengan kadar air sebesar 7,21% pada temperatur operasi 50 °C dan yang dilakukan oleh Aline Jorge dkk. (2014) dengan metode oven 24 jam yang menghasilkan produk dengan kadar air sebesar 15,70%.

3.3 Pengaruh Temperatur Operasi Pengeringan dan Tebal Bubur terhadap Waktu Kritis (t_c), Kadar Air Kritis (X_c) dan Laju Pengeringan Konstan (R_c)

Dari Tabel 3 dan Gambar 6.a terlihat bahwa untuk ketebalan bubuk 2 mm, waktu kritis, t_c , tercepat selama 0,92 jam tercapai pada temperatur 70 dan 60 °C, namun pada temperatur 70 °C diperoleh kadar air kritis sampel, X_c , yang lebih rendah, yaitu 1,40 %, sedangkan operasi pengeringan pada temperatur 60 °C diperoleh kadar air kritis sampel, X_c , sebesar 2,99 %. Proses pengeringan optimum adalah proses yang memiliki nilai laju pengeringan konstan, R_c yang paling tinggi, yaitu 897,12 kg/m².jam, tercapai pada temperatur operasi 70 °C. Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa proses pengeringan optimum terjadi pada operasi pengeringan pada temperatur 70 °C.

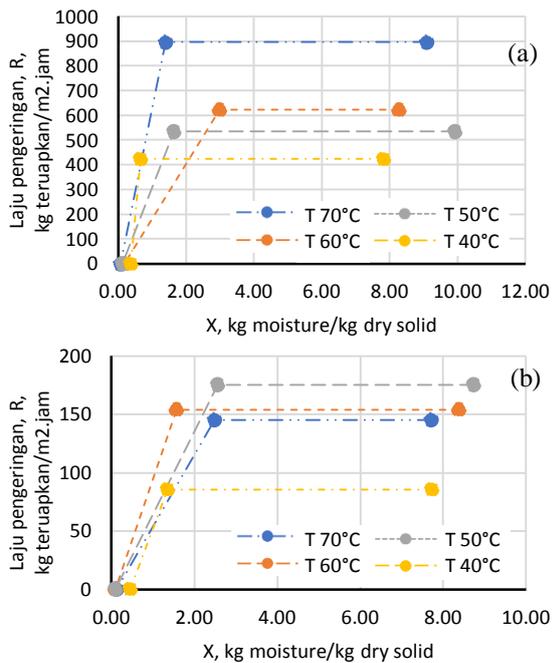
Tabel 3. Nilai t_c , X_c dan R_c pada Berbagai Kondisi Operasi Pengeringan

T (°C)	t_c	X_c	R_c
Tebal Bubur : 2 mm			
70 °C	0,92	1,40	897,12
60 °C	0,92	2,99	622,35
50 °C	1,67	1,65	534,06
40 °C	1,83	0,65	423,88
Tebal Bubur : 4 mm			
70 °C	2,00	2,49	145,39
60 °C	2,50	1,57	153,88
50 °C	1,92	2,56	175,52
40 °C	4,08	1,35	85,70



Gambar 5. Grafik laju pengeringan vs. waktu pengeringan, (a) tebal bubuk 2 mm, (b) tebal bubuk 4 mm

Pada Tabel 3 dan Gambar 6.b terlihat pada operasi pengeringan dengan ketebalan bubuk 4 mm, waktu kritis, t_c , tercepat selama 1,92 jam tercapai pada temperatur 50 °C. Kadar air kritis sampel, X_c , sebesar 2,56 % dan memiliki nilai laju pengeringan konstan, R_c yang paling tinggi, yaitu 175,52 kg/m².jam. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa operasi pengeringan optimum dilakukan pada temperatur udara pengeringan 50 °C.



Gambar 6. Kurva laju pengeringan vs kadar air, (a) tebal bubuk 2 mm, (b) tebal bubuk 4 mm

4. Kesimpulan

Pada operasi pengeringan busa sari buah tomat dengan ketebalan bubuk 2 mm, proses pengeringan optimum terjadi pada temperatur 70 °C dengan waktu kritis, t_c , selama 0,92 jam, kadar air kritis sampel, X_c , 1,40 %, dan laju pengeringan konstan, R_c , 897,12 kg/m².jam.

Pada operasi pengeringan dengan ketebalan bubuk 4 mm, proses pengeringan optimum terjadi pada temperatur 50 °C dengan waktu kritis, t_c , selama 1,92 jam, kadar air kritis sampel, X_c , 2,56 %, dan laju pengeringan konstan, R_c , 175,52 kg/m².jam.

Daftar Pustaka

Abdulmalik I. O, Amony M. C., Ambali A. O., Umeanuka P. O., Mahdi M., 2014, Appropriate technology for tomato powder production, *International Journal of Engineering Inventions*, 3 (8), 29-34.

Figiel, A. and Michalska, A. 2017, Overall quality of fruits and vegetables products affected by the drying processes with the assistance of vacuum-microwaves, *Int. J. Mol. Sci.*, 18 (71), 1-18,

Santos de Sousa, A., Borges, S.V., Magalhães, N. F., Ricardo, H.V., and Azevedo, A.D., 2008, Spray-dried tomato powder: reconstitution properties and colour, *Braz. arch. biol. technol.*, 51 (4), 807-814.

Jorge, A., Almeida, D.M., Canteri, M.H.G., Sequinel, T., Kubaski, E.T., and Tebcherani, S.M., 2014, Evaluation of the chemical composition and colour in long-life tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill) dehydrated by combined drying methods, *Int. J. Food Sci. Technol.*, 49 (9), 2001-2007.

Swastika A. NSP, Mufrod, Purwanto, 2013, Antioxidant activity of cream dosage form of tomato extract (*Solanum lycopersicum* L.), *Trad. Med. J.*, 18(3), 132-140.

Bimbenet, J.J., Duquenoy, A. and Trystram, G., 2002, *Genie des Procédés Alimentaires, des bases aux applications*, 2nd edition, Dunod, Paris

Elmi Kamsiati, 2006, Processing tomato powder (*Lycopersicon esculentum* Mill.) by “foam-mat drying”, *Jurnal Teknologi Pertanian*, 7 (2), 113-119.

Krischer, O., 1993, *Die Wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik*, Springer Verlag,

Afrianti, L.H., 2008, *Teknologi Pengawetan Pangan*, Alfabeta, Yogyakarta

Sramek, M., Schweiggert, R.M., Kampen, A., Carle, R. and Kohlus, R., 2015, Preparation of high-grade powders from tomato paste using a vacuum foam drying method, *J. Food Sci.*, 80 (8), 1755-1762

Djaeni M., Prasetyaningrum A., Sasongko, S. B., Widayat, W., Hii, C. L., 2015, Application of foam-mat drying with egg white for carrageenan: drying rate and product quality aspects, *J. Food Sci. Technol.*, 52(2), 1170–1175

Jangam, S.V., Law, C. L., and Mujumdar A.S., 2010, Use of renewable source of energy for drying of FVF in *Drying of Foods, Vegetables and Fruits*, Vol. 1, National University of Singapore, Singapore

Maqsood S., Omer, I. and Eldin, A.K, 2015, Quality attributes, moisture sorption isotherm, phenolic content and antioxidative activities

- of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) as influenced by method of drying, *Int. J. Food Sci. Technol.*, 52(11), 7059–7069.
- Sangamithra A., Venkatachalam, S., John, S.G., and Kuppaswamy, K., 2014, Foam mat drying of food materials: A review, *J. Food Process. Preserv.*, 39(6), 3165-3174.
- Saripudin, Hariyadi, T., 2018, The making of tomato powder with addition of maltodextrin as a carrier agent and egg white powder as a foaming agent, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”*, K15, pp.1-7.
- Sumardiono, S., Basri, M., Sihombing, R.P., 2009, Analisis Sifat-sifat Psiko-kimia Buah Tomat (*Lycopersicon Esculentum*) Jenis Tomat Apel, Guna Peningkatan Nilai Fungsi Buah Tomat sebagai Komoditi Pangan Lokal, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sunarmani, Agustinisari I., Hastuti N., dan Yulianingsih, 2005, Studi Pembuatan Pasta Tomat dari Beberapa Varietas, *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian*, 399-407.
- Hariyadi, T., Witono, J.R., Santoso, H., 2017, Pengaruh Kondisi Operasi dan Foaming Agent Terhadap Kualitas Serbuk Tomat Pada Pengeringan Menggunakan Tray Dryer, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017*, TK-024, pp.1-10.
- Tunde-Akintunde T. Y. and Ogunlakin, G. O., 2013, Mathematical modeling of drying of pretreated and untreated pumpkin, *J. Food Sci. Technol.*, 50(4), 705–713.
- Fitrotin, U., Purnomo, H., Susanto, T., 2000, Pembuatan Bubuk Sari Buah Tomat Dengan Metode Spray Drying. Kajian dari pH Awal, Konsentrasi Dextrin, Tween 80 dan Lama Penyimpanan, Fakultas Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.
- Zeki Berk, 2009, *Food Process Engineering and Technology*, 2nd, 2009, Academic Press, Cambridge, United States.
-