

Penentuan Konstanta Laju Pengeringan Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) Iris Menggunakan Tunnel Dehydrator

Determined drying Rate Constant of Shallot (*Allium Ascalonicum* L) Slice using Tunnel Dehydrator

Narjisul Ummah^a, Yohanes Aris Purwanto^{a,c}, dan Ani Suryani^{b,c}

^aDepartemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

^bDepartemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

^cPusat Kajian Hortikultura Tropika, Institut Pertanian Bogor

arisipurwanto@gmail.com

Riwayat Naskah:

Diterima 06,2016
Direvisi 07,2016
Disetujui 12,2016

ABSTRAK : Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konstanta laju pengeringan bawang merah iris yang dikeringkan dengan menggunakan *tunnel dehydrator*. Pengeringan bawang merah iris dilakukan pada suhu pengering dan bobot sampel per tray yang bervariasi yaitu suhu 40°C, 50°C, 60°C dan bobot sampel bawang merah iris 300 g, 400 g, dan 500 g. Laju aliran udara pengering sebesar 0.0933 m³/detik. Pengeringan bawang merah iris dilakukan pada kadar air awal $\pm$ 80% hingga mencapai $\pm$ 10%. Selama proses pengeringan perubahan kadar air diukur dengan interval waktu 0, 120, 240, 360, 480, dan 600 menit. Pengukuran kadar air dilakukan dengan cara termogravimetri. Penentuan konstanta laju pengeringan menggunakan persamaan lapisan tipis. Hasil penelitian menunjukkan nilai konstanta laju pengeringan menggunakan *tunnel dehydrator* berkisar antara 0.01/menit-0.019/menit. Konstanta laju pengeringan sebagai fungsi suhu dan bobot sampel per tray yang dihasilkan dapat diaplikasikan untuk memprediksi perubahan kadar air bawang merah iris selama pengeringan menggunakan *tunnel dehydrator*.

Kata kunci: bawang merah iris, konstanta laju pengeringan, pengeringan, tunnel dehydrator

ABSTRACT : The objective of this study was to determine drying rate constant of sliced shallot using tunnel dehydrator. The drying process was conducted at temperature of 40, 50, and 60°C. The weight of sliced shallot per tray were 300, 400, and 500 g. Debit of air drying was 0.0933 m³s⁻¹. The initial water content of sliced shallot was $\pm$ 80% and the final water content was $\pm$ 10%. During drying process, the change in water content were measured at intervals of 120, 240, 360, 480, and 600 minutes. Thin layer equation was used to determine drying rate constant. The result showed that drying rate constant in tunnel dehydrator was 0.01 - 0.019/minute. The obtained drying rate constant was then able to be applied in predicting the change in water content of sliced shallot during drying process using tunnel dehydrator.

Keywords: drying process, drying rate constant, tunnel dehydrator, sliced shallot

1. Pendahuluan

Bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang banyak dibutuhkan masyarakat. Permintaan bawang merah setiap tahunnya terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan pertumbuhan industri makanan. Menurut Badan Pusat Statistik (2016) produksi bawang merah secara nasional terus mengalami peningkatan sepanjang tahun 2011-2015 yaitu 839.124 ton

pada tahun 2011 dan terus naik menjadi 1,29 juta ton pada tahun 2015, tetapi ketersediaan bawang merah tidak merata sepanjang tahun. Bawang merah juga merupakan produk hortikultura yang mudah mengalami kerusakan apabila disimpan dalam bentuk segar. Tingkat suhu penyimpanan dan kadar air awal sangat berpengaruh terhadap umur simpan bawang merah dalam bentuk segar (Mutia 2015). Bawang merah akan mengalami pelunakan/kebusukan apabila disimpan dalam suhu rendah dan mengalami kopong apabila disimpan dalam suhu ruang.

Salah satu upaya yang harus dilakukan agar ketersediaan bawang merah bisa merata disepanjang tahun adalah dengan mengembangkan teknologi pascapanen penyimpanan bawang merah. Hal ini penting untuk dilakukan sehingga ketika panen raya stok bawang merah yang melimpah dapat disimpan dengan baik untuk kebutuhan di bulan-bulan berikutnya.

Teknologi pascapanen bawang merah yang bisa dikembangkan adalah teknologi pengeringan. Asgar (1992) menyebutkan bahwa pengeringan dapat menurunkan biaya dan memudahkan dalam proses penyimpanan, pengemasan dan pengangkutan. Pengeringan bertujuan untuk memperpanjang umur simpan produk. Sasaran pengeringan adalah menurunkan kadar air atau aktivitas air (*aw*), menghambat pertumbuhan bakteri, menurunkan aktivitas enzim, serta menurunkan laju perubahan kimia yang tidak diinginkan sehingga akan membuat produk dapat disimpan lebih lama dengan mutu yang lebih terjaga.

Teknik pengeringan digunakan untuk mengolah bawang merah segar menjadi bawang merah iris kering. Penelitian proses pengeringan pada bawang iris pernah dilakukan Abano *et al.* (2011) dimana pada pengeringan suhu 50 °C dan 45 °C diperoleh bawang merah kering yang memiliki karakteristik baik. Sedangkan Darmawidah *et al.* (2010) melakukan pengeringan bawang merah iris pada suhu 60°C untuk mendapatkan tepung bawang merah dengan kualitas yang baik.

Pengirisan bawang sebelum pengeringan bertujuan untuk dapat mempercepat proses penguapan. Pengirisan melintang umbi bawang dapat membuat luas permukaan bawang semakin besar. Semakin besar luas permukaan bahan yang akan dikeringkan maka semakin cepat pengeringan. Lamanya pengeringan suatu bahan dipengaruhi oleh kecepatan pindah panas dan massa. Estiasih (2009) mengatakan faktor-faktor yang mempengaruhi pindah panas dan massa tersebut adalah luas permukaan, suhu, kecepatan aliran udara, RH. Lamanya pengeringan hingga mencapai nilai kadar air tertentu dapat dihitung menggunakan nilai konstanta pengeringan.

Konstanta laju pengeringan (*k*) merupakan sebuah besaran yang dapat digunakan sebagai indikator seberapa cepat proses pengeringan dapat berlangsung pada suatu bahan. Harga konstanta laju pengeringan sangat tergantung pada besarnya harga koefisien difusi suatu bahan yang dikeringkan dan suhu pengeringan, dimana keduanya berbanding lurus (Pamungkas *et al.* 2008).

Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pengeringan bawang merah iris menggunakan pengering *tunnel dehydrator* dengan memberikan

perbedaan perlakuan suhu dan jumlah sampel pertray. Sedangkan tujuan penelitian adalah menentukan konstanta laju pengeringan bawang merah selama proses pengeringan dengan menggunakan alat pengering *tunnel dehydrator*, sehingga dapat memprediksi lama pengeringan yang tepat untuk mencapai kadar air tertentu yang diinginkan.

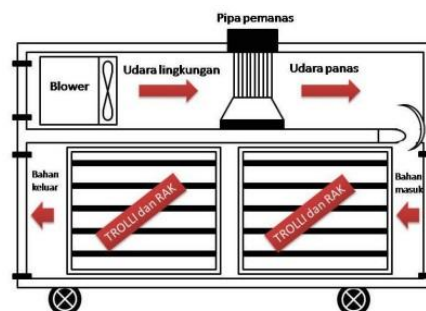
2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian adalah bawang merah varietas Bima yang berasal dari Kabupaten Brebes, berumur 60 hari setelah masa tanam (*hst*) dan telah melalui proses *curing* selama tujuh hari di lahan (*askip*) dengan kadar air awal 80-84 % (*bb*).

2.2. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah mesin *tunnel dehydrator* (Gambar 1). *Tunnel dehydrator* merupakan mesin pengering berbasis rak yang memiliki pengaturan suhu otomatis dan kontinyu, memiliki 2 buah rak masing-masing berisi 7 *tray*. Laju aliran udara yang dimiliki *tunnel dehydrator* pada blowernya sebesar 2800 rpm atau setara dengan 0.0933 m³s⁻¹. Selain itu, digunakan pula alat pendukung lainnya seperti *Slicer*, timbangan digital dengan ketelitian 0.01 g, oven kadar air, termometer, *stopwatch*, kamera digital.



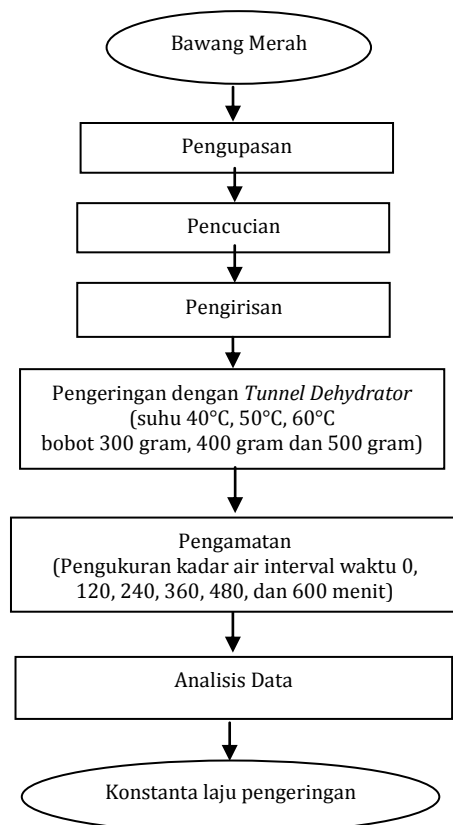
Gambar 1 Mesin Pengering Tunnel Dehydrator

2.3. Metode

Sebelum dilakukan pengeringan, terlebih dahulu bawang merah dikupas, dicuci dan kemudian diiris. Pengeringan bawang merah iris dilakukan dalam mesin *tunnel dehydrator* dengan suhu pengering dan bobot sampel per *tray* bervariasi yaitu suhu 40°C, 50°C, 60°C dan bobot sampel per *tray* 300 gram, 400 gram dan 500 gram. Pengeringan irisan bawang merah dilakukan dengan metode pengeringan lapisan tipis dimana

semua permukaan bahan menerima langsung panas yang berasal dari udara pengering dengan suhu dan kelembaban relatif yang konstan, dimana kadar air dan suhu bahan seragam. Perilaku pengeringan model pengeringan lapis tipis penting diketahui untuk dapat menginvestigasi karakteristik irisan bawang (El mesery and Mwithiga 2012).

Selama proses pengeringan perubahan kadar air diukur dengan interval waktu 0, 120, 240, 360, 480, dan 600 menit. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dan dihitung nilai konstanta laju pengeringannya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2 Diagram alir proses penelitian.



Gambar 2. Diagram alir pengeringan

2.4. Pengamatan dan analisis data

Data perubahan kadar air selama proses pengeringan digunakan untuk menentukan konstanta laju pengeringan bawang merah (k). Kemudian dibuat grafik hubungan waktu versus $\ln$ MR (*moisture ratio*) dengan garis linier. *Slope* antara hubungan garis linier tersebut merupakan nilai konstanta bawang merah. Nilai k kemudian dicari pada berbagai kombinasi variasi suhu dan bobot sampel per tray dengan cara yang sama.

Nilai k pada berbagai kombinasi variasi suhu dan bobot sampel per tray tersebut kemudian

dihitung sehingga diperoleh k sebagai fungsi suhu dan bobot sampel per tray yang disebut sebagai k prediksi. Selanjutnya nilai k prediksi digunakan untuk memprediksi perubahan kadar air selama pengeringan dan divalidasi dengan kadar air hasil observasi.

Selanjutnya dilakukan analisis dengan asumsi bahwa laju kehilangan lengas dari bawang yang dikelilingi oleh udara pengering sebanding dengan perbedaan antara kadar air bawang dan kadar air setimbang, persamaan perhitungan nilai konstanta menggunakan persamaan empiris Newton and Lewis (1921) dalam Henderson and Perry (1976). Seluruh model persamaan dapat digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju pengeringan irisan bawang (El mesery and Mwithiga 2012). Persamaan umum penentuan nilai konstanta dapat dinyatakan pada Persamaan (1) :

$$\frac{dM}{dt} = -k (M - M_e) \quad (1)$$

Dari persamaan (1), maka diperoleh persamaan penguapan air yang ditunjukkan pada oleh Persamaan (2) dan (3):

$$\frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = e^{-kt} \quad (2)$$

$$\ln \left[\frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \right] = -kt \quad (3)$$

Nilai $\frac{M - M_e}{M_0 - M_e}$ disebut nisbah lengas atau MR, dimana M merupakan kadar air bahan pada lama pengeringan t menit, M_0 merupakan kadar air awal bawang merah iris dan M_e adalah kadar air setimbang bawang merah iris pada saat proses pengeringan.

Nilai k sebagai fungsi suhu dan bobot sampel per tray $\{k(T, m)\}$ diperoleh dengan cara membuat grafik hubungan antara $\ln$ *moisture ratio* (MR) versus waktu, dan kemudian nilai k tersebut yang digunakan untuk menentukan nilai kadar air prediksi. Nilai k diperoleh dengan persamaan (4) :

$$k = a T^b m^c \quad (4)$$

Dengan menggunakan software statistik SPSS, persamaan (4) dapat diubah menjadi bentuk regresi ganda yang ditunjukkan oleh Persamaan (5) :

$$Y = a + bx_1 + cx_2 \quad (5)$$

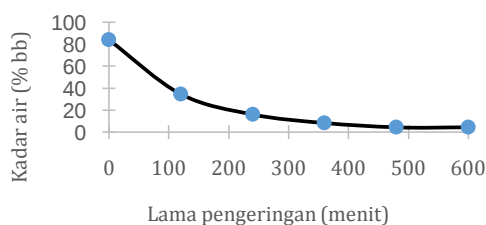
Dimana a , b , dan c adalah tetapan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perubahan kadar air bahan selama pengeringan

Proses pengeringan menyebabkan terjadinya perubahan kadar air pada bawang merah iris. Udara panas yang terdapat dalam ruang pengering menyebabkan suhu pada masing-masing tray akan naik sehingga suhu pada permukaan bawang merah iris akan naik juga. Hal ini akan menyebabkan kenaikan tekanan uap air sehingga terjadi perpindahan massa dari bahan ke udara pengering dalam bentuk uap air (Ismandari *et al.* 2008). Terjadinya perpindahan massa dari bahan ke udara dalam bentuk uap air inilah yang menyebabkan perubahan kadar air.

Perubahan kadar air bawang merah iris selama pengeringan dapat dilihat pada Gambar 3. Pada awal pengeringan, penurunan kadar air berlangsung dengan cepat dan kemudian berangsur-angsur menjadi lambat, sehingga penurunan kadar air pada pengeringan bawang merah digambarkan dengan periode menurun. Penurunan kadar air terbesar terjadi antara menit ke-0 sampai menit ke-300.

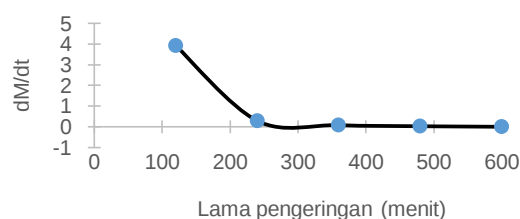


Gambar 3. Perubahan kadar air bawang merah iris selama pengeringan pada suhu 50°C, bobot sampel 300 g/tray

Pada awal proses pengeringan, kandungan air bebas yang terdapat dalam bahan masih tinggi dan mudah dilepaskan sedangkan pada akhir pengeringan kandungan air sudah mulai sulit dilepaskan karena kadar air bahan terikat. Tekanan uap air dari air terikat akan lebih rendah dibandingkan tekanan uap air bebas pada suhu yang sama. Irawati *et al.* (2008) menyebutkan bahwa semakin tinggi suhu ruang pengering maka laju pengeringan akan semakin cepat. Hal ini dapat terjadi karena panas yang masuk ke dalam bahan akan menguapkan kandungan air bahan secara bertahap keluar, tingginya suhu udara di sekitar bahan akan mengakibatkan gaya dorong antara permukaan bahan dengan udara ruang pengering semakin meningkat.

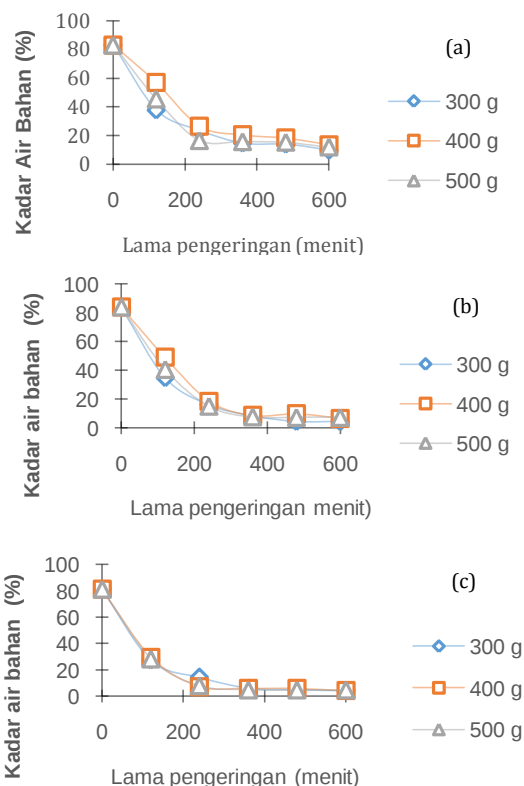
Laju pengeringan yang terjadi selama proses pengeringan cenderung semakin menurun, yang ditunjukkan oleh gradien dari grafik dM/dt yang bernilai negatif (Gambar 4). Pada tahap laju pengeringan menurun, laju pengeringan akan sebanding dengan perbedaan kadar air rata-rata

dan kadar air setimbangnya (Kusningsih 2008). Kadar air setimbang terjadi ketika kandungan uap air bahan dengan lingkungan telah seimbang. Kadar air setimbang pada pengeringan bawang merah iris dengan suhu 50 °C dan bobot sampel per tray 300 g terjadi ketika pengeringan berlangsung 480 menit atau selama 8 jam. Kisaran kadar air yang dihasilkan pada pengeringan bawang merah iris dengan suhu antara 40-60 °C yaitu 4-12 % (bb).



Gambar 4. Laju penguapan

Selama proses pengeringan terjadi perubahan kadar air yang berbeda pada tiap perlakuan. Dapat dilihat pada gambar 5 bahwa suhu yang semakin tinggi memberikan kecenderungan penurunan kadar air yang semakin cepat.



Gambar 5. Perubahan kadar air bawang merah iris selama pengeringan pada (a) suhu 40 °C, (b) suhu 50 °C, dan (c) suhu 60 °C.

Menurut Rachmawan (2001), semakin tinggi suhu udara pengering, maka energi panas yang dibawa udara semakin banyak, sehingga jumlah massa air bahan yang diuapkan semakin besar.

Pertambahan suhu pengeringan akan menyebabkan waktu pengeringan semakin berkurang. Penurunan laju pengeringan dapat terjadi secara terus menerus dengan waktu pengeringan yang cukup lama (Dash *et al.* 2013). Suhu 60 °C memiliki penurunan kadar air paling cepat pada semua bobot sampel per tray bawang merah yang dikeringkan.

3.2. Periode laju pengeringan

Laju pengeringan adalah banyaknya air yang diuapkan per satuan waktu. Laju pengeringan dipengaruhi oleh bentuk, ukuran dan susunan bahan saat dikeringkan, suhu kelembapan, dan kecepatan aliran udara pengering. Laju pengeringan dapat terbagi menjadi dua periode, yaitu laju pengeringan tetap dan laju pengeringan menurun (Henderson *and* Perry 1976). Laju pengeringan dalam proses pengeringan suatu bahan menggambarkan cepat atau lambatnya suatu proses pengeringan.

Pada semua variasi perlakuan, laju pengeringan bawang merah berada pada laju pengeringan menurun. Pada tahap laju pengeringan menurun, laju pengeringan akan sebanding dengan perbedaan kadar air rata-rata dan kadar air setimbangnya (Kusningsih 2008). Laju pengeringan irisan bawang dan konsumsi energi pada laju udara yang sama tidak berbeda nyata pada suhu 50 dan 60 °C (El mesery *and* Mwithiga 2012).

Pada awal proses pengeringan, laju penurunan kadar air bawang merah berlangsung sangat cepat kemudian semakin lambat sampai proses pengeringan berakhir yang ditandai dengan tidak adanya perubahan kadar air yang diberikan. Hal ini disebabkan karena pada awal proses pengeringan kandungan air bebas yang terdapat dalam bahan masih tinggi dan mudah dilepaskan sedangkan pada akhir pengeringan kandungan air sudah mulai sulit dilepaskan karena kadar air bahan terikat. Tekanan uap air dari air terikat akan lebih rendah dibandingkan tekanan uap air bebas pada suhu yang sama.

3.3. Penentuan kadar air seimbang (Me)

Kadar air seimbang (Me) merupakan kadar air suatu produk ketika air dalam produk tersebut berada pada keseimbangan dengan air di udara. Menurut Heldmen *et al.* (1981) kadar air keseimbangan adalah kadar air saat tekanan uap air dari bahan seimbang dengan lingkungan. Bahan berada dalam keadaan seimbang dengan lingkungannya bila laju air yang hilang dari bahan ke lingkungan sama dengan laju air yang

bertambah ke dalam bahan dari lingkungan. (Hall 1980).

Pada kelembaban ruang pengering yang sama, umumnya Me akan menurun seiring dengan peningkatan suhu. Dengan mengetahui kadar air seimbang maka dapat ditentukan kadar air minimum dimana kita dapat melakukan pengeringan. Dari data perubahan kadar air selama pengeringan pada variasi suhu pengering dan bobot sampel per tray bawang merah didapatkan nilai Me. Nilai Me Pengeringan Bawang Merah ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1.

Nilai Me Bawang merah pada berbagai suhu dan bobot sampel per tray

Suhu (T) (°C)	Nilai Me (%)		
	Pada berbagai bobot sampel per tray (m) (g)		
	300	400	500
40	10.09	13.80	12.06
50	4.27	6.56	7.31
60	4.31	4.32	4.58

Pada tabel 1 terlihat bahwa nilai Me yang dihasilkan berbeda-beda. Perbedaan kadar air seimbang pada tiap-tiap perlakuan dikarenakan suhu bahan dengan lingkungan mengalami interaksi yang berbeda. Semakin tinggi suhu maka nilai Me akan semakin kecil karena interaksi suhu lingkungan pengering dan suhu bahan jauh berbeda, sehingga lingkungan memaksa keluar uap air yang berada di bahan.

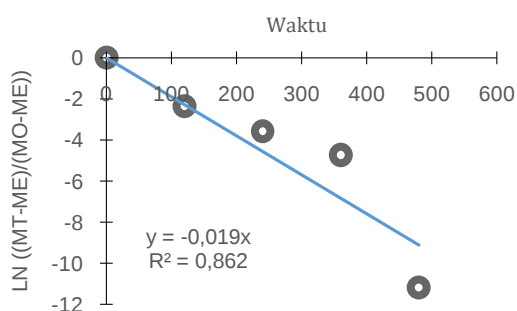
Kadar air keseimbangan yang dihasilkan juga erat kaitannya dengan laju pengeringan. Sedangkan laju pengeringan itu sendiri dipengaruhi oleh suhu dan kecepatan laju udara pengering. Kecepatan udara pengeringan mempengaruhi laju penurunan kadar air bahan dimana kecepatan udara yang lebih tinggi akan cenderung mempercepat proses pengeringan bahan pangan menuju kadar air keseimbangan (Ishak 2013). Kecepatan aliran udara yang dimiliki *tunnel dehydrator* konstan dan cukup besar, sehingga dapat mempercepat laju pengeringan.

Kadar air keseimbangan sangat penting artinya dalam pengeringan karena menentukan kadar air terendah yang dapat dicapai pada proses pengeringan. Karakteristik pengeringan dapat diketahui melalui pengeringan dengan lapisan tipis, dimana semua bahan yang dikeringkan dalam satu lapisan akan memperoleh lingkungan udara yang sama dan konstan. Kadar air keseimbangan telah tercapai bila tidak terjadi lagi perubahan berat atau perubahan berat yang terjadi relatif kecil atau kurang dari 0,5 % (Suriadi *and* Murti 2011).

3.4. Konstanta Laju Pengeringan (*k*) Berdasarkan Observasi

Konstanta laju pengeringan bawang merah iris pada berbagai suhu dan bobot sampel per tray dianalisis dengan menggunakan grafik hubungan $\ln$ MR versus waktu yang ditunjukkan pada Gambar 5. Konstanta laju pengeringan (*k*) menunjukkan jumlah uap air yang dipindahkan setiap menit pada proses pengeringan. Nilai *slope* pada Gambar 6 menunjukkan besarnya konstanta laju pengeringan.

Konstanta laju pengeringan (*k*) merupakan sebuah besaran yang dapat digunakan sebagai indikator seberapa cepat proses pengeringan dapat berlangsung pada suatu bahan. Harga konstanta laju pengeringan sangat tergantung pada besarnya harga koefisien difusi suatu bahan yang dikeringkan, dimana keduanya berbanding lurus (Pamungkas *et al.* 2008)



Gambar 6. Hubungan $\ln ((Mt-Me)/(Mo-Me))$ versus waktu pada suhu 50°C dan bobot 300 g/tray.

Nilai *k* dapat digunakan untuk memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kadar air tertentu. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai *k* adalah negatif yang dihasilkan dari *slope* pada grafik negatif. Semakin lama waktu pengeringan maka kadar air yang dihasilkan akan semakin kecil. Kalse *et al.* (2012) menyebutkan bahwa nilai MR berbanding lurus dengan waktu pengeringan. Slope akan dihasilkan lebih besar jika panas yang diberikan lebih tinggi. Tabel 2 menunjukkan nilai *k* pada variasi suhu dan bobot sampel per tray pengeringan bawang merah iris.

Tabel 2.

Konstanta laju pengeringan observasi bawang merah iris pada variasi suhu dan bobot sampel per tray

Suhu T (°C)	Nilai k Observasi (menit ⁻¹)		
	Pada Variasi Jumlah sampel per tray m (g)		
	300	400	500
40	0.011	0.010	0.012
50	0.019	0.012	0.017
60	0.014	0.014	0.019

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu pengering maka konstanta laju pengeringan akan semakin besar. Sedangkan perubahan bobot sampel per tray yang diberikan menyebabkan nilai *k* menjadi naik turun, namun terlihat *trend* bahwa bobot sampel per tray yang semakin besar diiringi suhu yang naik akan menyebabkan nilai *k* akan bertambah besar.

El mesery and Mwithiga (2012) mengeringkan bawang iris dengan perhitungan berbagai model untuk menentukan laju pengeringan. Nilai konstanta yang didapat berkisar antara 0.0073-0.0157 men⁻¹ dengan kecepatan aliran udara antara 0.5-2 ms⁻¹ pada suhu 50 sampai dengan 70 °C. Penambahan suhu pengeringan dan laju aliran udara menambah besar nilai konstanta. Penambahan tersebut bersifat linear.

Konstanta laju pengeringan (*k*) merupakan sebuah besaran yang menyatakan tingkat kecepatan air atau massa air untuk terdifusi keluar meninggalkan bahan yang dikeringkan atau sebagai indikator cepat atau lambat proses pengeringan sebuah bahan pertanian. Menurut Suriadiand Murti (2011) cepat atau lambat proses pengeringan juga sangat tergantung pada energi (suhu) dan laju aliran massa udara pengering yang diberikan kepada sistem pengering tersebut.

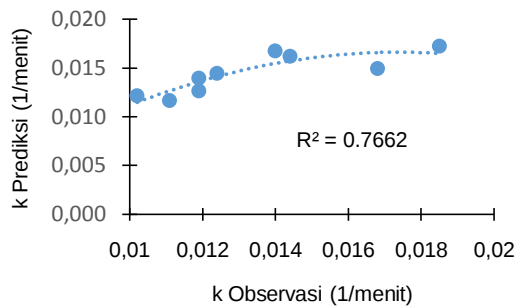
3.5. Konstanta Laju Pengeringan (*k*) Prediksi

Nilai *k* observasi dapat digunakan untuk menentukan *k* prediksi sebagai fungsi suhu (*T*) dan bobot sampel per tray (*m*). Dengan menggunakan persamaan (5) dan bantuan SPSS maka diperoleh fungsi *k*-pred sebagai berikut :

$$\ln k = (2.28 \times 10^{-4})T + (0.5 \times 10^{-5})m + 1.04 \times 10^{-3}$$

Dimana *T* sebagai fungsi suhu dan *m* sebagai fungsi bobot sampel per tray pada pengeringan bawang merah iris menggunakan *tunnel dehydrator*. Konstanta laju pengeringan dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan diatas. Perbandingan konstanta laju pengeringan bawang merah hasil observasi dengan hasil perhitungan kemudian diplotkan dan disajikan pada Gambar 7.

Pada gambar 7 terlihat bahwa nilai *k* observasi dan *k* prediksi memiliki trend sama secara polinomial. Nilai tersebut digambarkan dengan nilai *R*² lebih dari 70%. Kurangnya sampel pada percobaan menyebabkan kecenderungan garis tidak dapat terukur secara akurat, meskipun demikian nilai *k* prediksi tetap dapat digunakan untuk menghitung kadar air prediksi.



Gambar 7. Hubungan antara konstanta laju pengeringan prediksi dan konstanta laju pengeringan observasi

3.6. Penentuan Kadar Air Prediksi

Nilai konstanta laju pengeringan prediksi dapat digunakan untuk menghitung kadar air prediksi. Dengan memasukkan nilai k menggunakan persamaan (4) dan dianalisis menggunakan regresi linier berganda $k(T, m)$. Dengan persamaan (2) dapat diperoleh beberapa modifikasi sebagai berikut :

$$M_{pred} - M_e = (e^{-kt}) \times (M_0 - M_e) \quad (6)$$

$$M_{pred} = (e^{-kt}) \times (M_0 - M_e) + M_e \quad (7)$$

Dari persamaan tersebut diperoleh kadar air prediksi pada tabel 3 dan nilai kadar air prediksi tidak berbeda jauh dengan kadar air pada penelitian (observasi) apabila dihitung menggunakan k prediksi sebagai fungsi suhu selama pengeringan 10 jam.

Tabel 3.
Nilai Kadar air prediksi

Suhu (°C)	Nilai Ka prediksi % (bb) pada bobot sampel per tray (g)		
	300	400	500
40	10.188	13.955	12.120
50	4.271	6.605	7.313
60	4.324	4.337	4.581

Nilai kadar air prediksi yang dihasilkan oleh persamaan konstanta prediksi menunjukkan bahwa nilai tiap perlakuan tidak jauh berbeda. Nilai kadar air tersebut mendekati nilai kadar air kesetimbangan hasil observasi. Sehingga konstanta tersebut dapat digunakan untuk prediksi pengeringan pada variasi suhu dan jumlah sampel per tray lainnya.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Dari penelitian pengeringan bawang merah yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa proses

pengeringan bawang merah iris menggunakan *tunnel dehydrator* dapat menghasilkan kadar air dibawah 10% selama kurang dari 10 jam. Nilai konstanta laju pengeringan bawang merah pada *tunnel dehydrator* berkisar 0.01-0.019 men^{-1} . Nilai laju pengeringan yang diperoleh dapat digunakan untuk memprediksi perubahan kadar air bawang merah iris selama pengeringan menggunakan *tunnel dehydrator*.

4.2. Saran

Penentuan nilai konstanta laju pengeringan bawang merah menggunakan mesin pengering *tunnel dehydrator* perlu diberikan faktor lain yang lebih dominan dalam mempengaruhi nilai laju pengeringan seperti tekanan, RH, kecepatan aliran udara sebagai pembanding nilai konstanta laju pengeringan yang didapat dalam penelitian ini.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Kajian Hortikultura Tropika (PKHT) IPB yang telah memfasilitasi bahan, alat dan laboratorium untuk kelancaran penelitian ini dan komisi pembimbing yang telah banyak membantu untuk menyempurnakan tulisan ini.

Daftar Pustaka

- Abano, EE, Ma, H., Qu W., & Teye, E., (2011) Modelling pre-treatments effect on drying kinetics of garlic (*Allium sativum* L) slices in a convective hot air dryer, 5(7), 425-435
- Asgar A, Sinaga RM. 1992. Pengeringan bawang merah dalam menggunakan ruang pembangkit vortex. *Bul Hortikultura*. 22(1):48-55
- Darmawidah, Dewayani W, Cicu, Purwani EY. 2010. Teknologi pengolahan bawang merah. Prosiding seminar nasional teknologi inovatif pascapanen.
- Dash, KK., Gope, S., Sethi, A., & Doloi M., (2013) Study on thin layer drying characteristics star fruit slices, 4(7), 679-686.
- El mesery, HS., & Mwithiga, G., (2012). Comparison of a gas fired hot air dryer with an electrically heated hot air dryer in terms of drying process energy consumption and quality of dried onion slices, 7(31), 4440-4452.
- El mesery, HS., & Mwithiga, G., (2012). The drying of onion slices in two types of hot air convective dryers, 7(30), 4284-4296.
- Estiasih, T., & Ahmadi, K., (2009) Teknologi Pengolahan Pangan., Bumi Aksara. Malang.
- Hall, CW., (1980) Drying and Storage of Agriculture Crops. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.
- Heldmen., Dennis, R., & Singh, RP., (1981) Food Process Engineering. Second Edition. The AVI Publishing Company Incorporation. Westport, Connecticut: USA.
- Henderson, SM., & Perry, RL., (1976) Agricultural Process Engineering. 3rd ed. The AVI Publ. Co., Inc, Westport, Connecticut, USA.

- Ishak., (2013) Model Pengeringan Lapisan Tipis Cengkeh (*Syzygium aromaticum*). Universitas Hasanudin. Makasar. [Skripsi]
- Ismandari, T., Hakim, L., Hidayat, C., Supriyanto., & Pranoto, Y., (2008) Pengeringan kacang tanah (*Arachis hypogaea* L) menggunakan solar dryer, 18-19 November 2008.
- Irawati., Rahardjo, B., & Bintoro, N., (2008) Perpindahan massa pada pengeringan vakum disertai pemberian panas secara konvektif, prosiding seminar nasional teknik pertanian: Yogyakarta.
- Kalse, SB., Patil, MM., & Jain, SK., (2012), Microwave drying of onion slices, 2(4), 57-60.
- Badan Pusat Statistik. 2016. Produksi dan produktivitas bawang merah di Indonesia.
- Kusningsih, WM., (2008) Teknik pengeringan mi sagu dengan menggunakan pengering rak. Buletin Teknik Pertanian, 13(2), 62-64.
- Pamungkas, WH., Bintoro, N., Rahayu, S., & Rahardjo, B., (2008) Perubahan konstanta laju pengeringan pasta dengan perlakuan awal puffing udara, Yogyakarta 18-19 November 2008.
- Rachmawan, O., (2001) Pengeringan, pendinginan, dan pengemasan komoditas Pertanian, 5, 12-23.
- Suriadi, IG., & Murti, MR., (2011) Kesenjangan energi termal dan efisiensi transient pengering aliran alami memanfaatkan kombinasi dua energi, 12(1), 34-40.