

Pengaruh Laju Alir Udara terhadap Konstanta Pengeringan Bunga Telang (*Clitoria ternatea*) Menggunakan *Tray Dryer*

Laily Isna Ramadhani, Irwan Hidayatulloh, Dhyna Analyses Trirahayu*

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, Indonesia

*Koresponden email: dhyna.analyses@polban.ac.id

Diterima: 3 Juni 2024

Disetujui: 7 Juni 2024

Abstract

The drying process in this study was carried out using a tray dryer at a drying air temperature of 60°C and a relative humidity of 17.8% by varying the flow rate, namely 1.6, 2.4 and 3.2 m/s. An analysis of the decrease in water content and drying rate constant was carried out to determine the effect of variations in flow rate on these two parameters based on experimental data and corroborated by correlation analysis and statistical significance. Variations in the flow rate of the drying air have an impact on reducing the water content of the butterfly pea flower by 57-60%, where based on the significance test, the results show that the relationship between the two variables is not statistically significant. In addition to the reduction in water content, the drying rate constant was also investigated in this study, where the largest drying rate constant was 0.0154 kgH₂O/m².minute when a drying air flow rate of 3.2 m/s was used.

Keywords: *clitoria ternatea*, *drying*, *kinetics*, *tray dryer*

Abstrak

Pigmen warna antosianin yang terkandung dalam ekstrak bunga telang mudah terdegradasi pada proses pengeringan suhu tinggi sehingga proses pengeringan harus dilakukan secara selektif. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh dari laju alir udara yang dialirkan dalam tray dryer pada suhu udara pengering 60°C yang memiliki kelembapan relatif 17,8% dengan variasi laju alir 1,6;2,4 dan 3,2 m/s. Dilakukan analisa penurunan kadar air dan konstanta laju pengeringan untuk mengetahui pengaruh variasi laju alir terhadap kedua parameter tersebut berdasarkan data eksperimen dan dikuatkan dengan analisa korelasi dan signifikansi secara statistik. Variasi laju alir udara pengering berdampak pada penurunan kadar air bunga telang sebesar 57-60% untuk kemudian dilakukan uji signifikansi dan diperoleh hasil bahwa secara statistik hubungan kedua variabel tersebut tidak signifikan. Selain penurunan kadar air, laju pengeringan konstan juga dikaji dalam penelitian ini dan diperoleh konstanta laju pengeringan terbesar 0,0154 kgH₂O/m².menit ketika digunakan laju alir udara pengering 3,2 m/s.

Kata Kunci: *bunga telang*, *kinetika*, *laju alir*, *pengeringan*, *tray dryer*

1. Pendahuluan

Luasnya akses informasi pada saat ini berdampak meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap kesehatan termasuk dalam memilih produk-produk olahan pangan beserta bahan baku yang digunakan, salah satunya adalah pewarna makanan. Hal ini membuat zat pewarna makanan alami banyak diminati saat ini. Pewarna alami yang bersumber dari tumbuhan dan hewan memiliki beberapa kelebihan, diantaranya karena ketersediaannya yang berlimpah, tidak berbahaya dan mudah terdegradasi [1]. Berikut adalah jenis pewarna alam yang sudah banyak dimanfaatkan sebagai bahan tambahan makanan, diantaranya adalah ekstrak *biji pohon achiote*, ekstrak buah bit merah, *canthaxanthin*, karoten, ekstrak *cochineal*, biji kapas, ekstrak kulit anggur, ekstrak wortel, ekstrak kunyit dan klorofil [2].

Bunga telang merupakan bahan baku yang potensial digunakan sebagai sumber pewarna alam karena memiliki kandungan antosianin. Pemanfaatan bunga telang sebagai zat warna untuk makanan memiliki keunggulan dibandingkan bahan alami lain yaitu tidak merubah aroma dan cita rasa pada makanan. Selain itu antosianin juga memiliki banyak manfaat untuk kesehatan, diantaranya: menjaga jaringan mata, mengobati diabetes, menjaga kekebalan tubuh, mencegah penggumpalan trombosit dan sebagai anti radang [3]. Senyawa antosianin dari bunga telang memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dengan antosianin yang diperoleh dari ekstrak bunga lainnya [4].

Antosianin yang terkandung dalam bunga telang dapat diekstrak melalui proses *leaching* atau ekstraksi padat-cair dengan mengontakkan bunga telang sebagai umpan dengan pelarut tertentu. Kelebihan lain dari ekstrak antosianin adalah diperolehnya konsentrasi antosianin yang tinggi sehingga

tidak perlu dilakukan pemisahan tahap lanjut. Agar proses ekstraksi antosianin dapat berjalan optimal, bunga telang segar dengan kandungan air yang tinggi yaitu 90% harus dilakukan proses pengeringan terlebih dahulu untuk menurunkan kandungan airnya. Proses pengeringan merupakan upaya pengurangan kadar air yang terkandung dalam bahan padat sehingga diperoleh kadar air yang dapat diterima. Beberapa faktor operasi seperti temperatur, waktu kontak bahan dengan bahan dalam pengeringan sangat berpengaruh terhadap kandungan bahan pangan [5]. Bahan yang akan dikeringkan memiliki toleransi terhadap suhu operasi yang berbeda-beda. Bila zat yang bersifat tidak tahan terhadap suhu tinggi diolah pada suhu tinggi, maka kandungan zat lain selain air yang terkandung pada bahan tersebut dapat teruapkan ataupun terdegradasi. Tingginya suhu pada proses pengeringan akan mengakibatkan kerusakan berbagai nutrisi yang terkandung dalam bahan seperti asam amino dan lemak serta menurunkan aktivitas antioksidan [6].

Pengeringan bunga telang tidak dapat dilakukan pada suhu yang tidak terlalu tinggi karena antosianin dapat terdegradasi pada suhu tinggi. interval pemanasan dari 45 °C sampai 60 °C merupakan suhu terbaik untuk menghasilkan aktivitas antioksidan yang relatif tinggi [7]. Adanya keterbatasan penggunaan suhu maksimal mengharuskan metode pengeringan bunga telang dilakukan dengan selektif untuk menjaga kandungan antioksidannya yaitu dengan menggunakan suhu tinggi dengan waktu tinggal yang singkat atau dengan menggunakan suhu yang moderat. Menurut Galaz dkk [8] dalam studinya mengenai efek temperatur dalam pengeringan kulit pomegranate, penggunaan suhu tinggi harus dilakukan dalam waktu tinggal yang singkat untuk menjaga kestabilan aktivitas antioksidannya.

Teknologi pengeringan memiliki banyak jenis berdasarkan metode operasi dan alat yang digunakan seperti *spray dryer*, *freeze dryer*, *vacuum dryer*, *fluidized bed dryer* dan *tray dryer*. *Tray Dryer* atau *cabinet dryer* merupakan alat pengering yang akhir-akhir ini banyak digunakan untuk mengeringkan hasil pertanian karena desainnya yang ekonomis dan operasinya yang mudah [9]. Alat pengering ini terdiri dari atas beberapa bagian utama yaitu *tray* atau rak-rak yang disusun bertingkat, pemanas, neraca dan blower. Proses pengeringan pada *tray dryer* merupakan pengeringan langsung yaitu ketika udara dengan suhu yang tinggi dan kelembaban relatif yang rendah dihembuskan dengan menggunakan *blower* sehingga udara pemanas melewati permukaan bunga telang segar yang disusun di atas *tray*. Adanya aliran udara pemanas yang melewati *tray* memungkinkan proses perpindahan panas dari udara pemanas ke bahan dan perpindahan massa air dari bahan menuju udara berjalan lebih optimal. Perpindahan massa air diawali dengan proses difusi air dari bahan ke permukaan kemudian diikuti dengan proses penguapan air dari permukaan bahan ke udara. Penurunan kandungan air pada bahan dapat teramati secara visual dengan terjadinya perubahan ukuran bahan yang terhampar di atas *tray* [10].

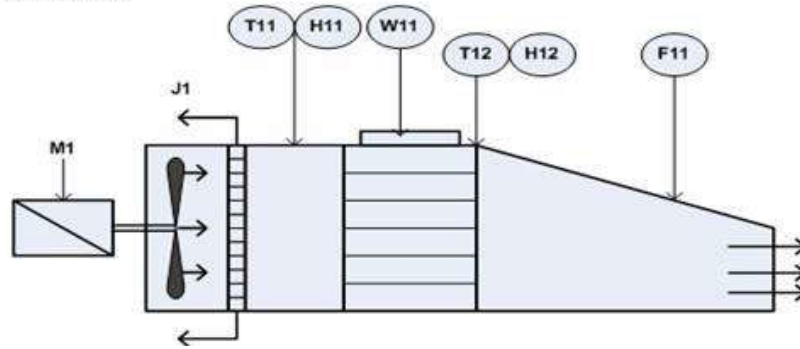
Proses pengeringan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : suhu, waktu pengeringan, kadar air bahan dan jumlah bahan yang dikeringkan [11]. Penggunaan suhu pengeringan yang semakin tinggi akan memperbesar laju pengeringan [12]. Namun penggunaan suhu yang terlalu tinggi beresiko menyebabkan dekomposisi bahan, perubahan warna dan perubahan tekstur yang tidak diinginkan [13]. Teknologi pengeringan menggunakan *tray dryer* baik digunakan untuk proses pengeringan bahan padatan yang sensitif terhadap penggunaan panas tinggi. Pada studi yang dilakukan oleh Pradana dkk. [14] mengenai proses pengeringan rumput laut menggunakan *tray dryer*, diperoleh kapasitas penurunan kadar air tertinggi ketika digunakan variasi suhu terendah yaitu 50°C. Udara panas yang dialirkan akan membantu mengangkat uap air yang dikeluarkan dari bahan sehingga laju alir udara panas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses pengeringan dalam *tray dryer*. Pada penelitian ini akan dikaji pengaruh variasi laju alir udara pengering terhadap proses pengeringan bunga telang menggunakan *tray dryer* menggunakan analisis korelasi dan signifikansi secara statistik.

2. Metode Penelitian

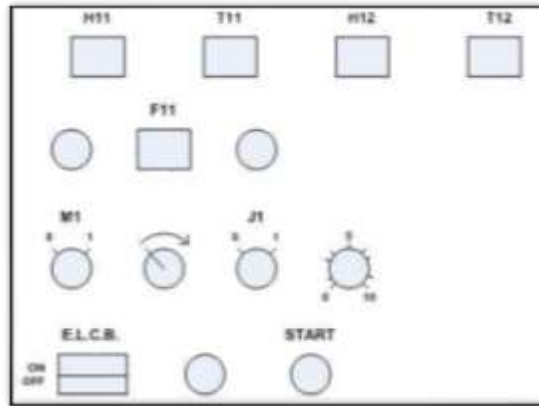
A. Alat dan Bahan

Penelitian dilaksanakan menggunakan bahan utama bunga telang segar yang diperoleh dari Karanganyar, Jawa Tengah dengan kadar air awal sebesar 89,7%. Sebelum dikeringkan, Bunga telang segar yang digunakan dilakukan pembersihan kotoran, pengecilan ukuran dan pengeringan. Bunga telang segar dibersihkan dari daun dan batang yang ikut terbawa untuk kemudian dilakukan pengecilan ukuran.

Pelaksanaan penelitian ini menggunakan beberapa alat, diantaranya: *stopwatch*, oven dan neraca analitis dengan alat utama berupa satu unit *tray dryer* merk Electronica Veneta yang memiliki daya 2,7kW dan yang dilengkapi dengan panel operasi sebagaimana yang ditunjukkan oleh **Gambar 1** dan **2** di bawah ini.



Gambar 1. Skema alat tray dryer



Gambar 2. Panel operasi tray dryer

Keterangan:

- M1 : Blower
- J1 : Heater
- T11 : Indikator suhu awal udara pengering
- H11 : Indikator kelembapan relatif awal udara pengering
- W11 : Indikator massa tray dan sampel
- T12 : Indikator suhu akhir udara pengering
- H12 : Indikator kelembapan relatif akhir udara pengering
- F11 : Indikator laju alir udara pengering

B. Pengeringan Menggunakan Tray Dyer

Proses pengeringan bunga telang segar dilakukan dengan variasi laju alir udara panas yaitu 1,6 m/s dengan berat bahan kering (L_s) sebesar 3,14 g dan luas perpindahan panas (A) sebesar 319 cm². Variasi kedua yaitu dengan mengalirkan udara pengering dengan laju alir 2,4 m/s, L_s sebesar 3,41 g dan A sebesar 290 cm². Variasi ketiga yaitu dengan mengalirkan udara pengering dengan laju alir 3,2 m/s, L_s sebesar 4,66 g dan A sebesar 348 cm². Suhu dan dengan kelembapan relatif awal udara pengering dijaga sama yaitu pada suhu 60°C dengan kelembapan relatif sebesar 17,8%. Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Fauzi dkk. [7] mengenai proses pengeringan bunga telang berdasarkan metode respon permukaan, diperoleh hasil bahwa pada interval suhu pemanasan 45 °C sampai 60 °C merupakan suhu terbaik untuk menghasilkan aktivitas antioksidan yang relatif tinggi. Selama proses pengeringan, diamati kadar air per waktu. Kadar air (*dry basis*) dihitung berdasarkan persamaan (1) dan dinyatakan sebagai gH₂O/g dry solid.

$$x = \frac{\text{berat air}}{\text{berat padatan}} \quad (1)$$

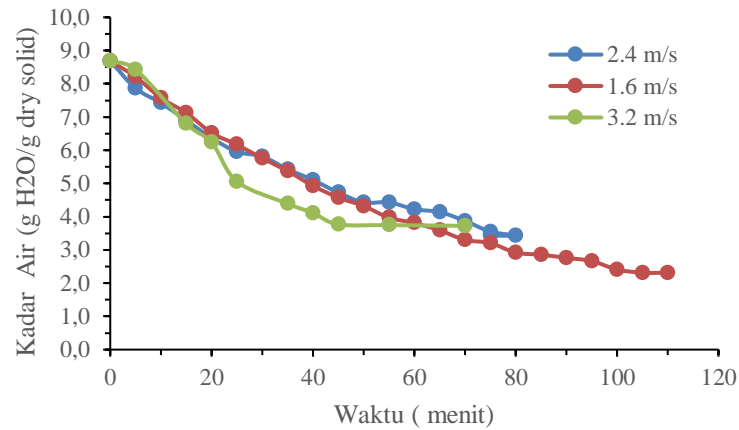
Laju pengeringan pada periode pengeringan konstan dihitung menggunakan persamaan (2) di bawah ini dan dinyatakan dalam kgH₂O/m².menit. Penurunan kadar air sebagai fungsi waktu (dx/dt) diperoleh dengan menghitung slope kadar air per waktu selama periode pengeringan konstan. Koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian data dengan slope dengan kesesuaian nilai R mendekati satu.

$$Rc = - \frac{L_s dx}{A Adt} \quad (2)$$

3. Hasil dan Pembahasan

A. Kadar Air

Daun telang sebagai bahan baku utama pada penelitian merupakan daun telang segar yang memiliki kandungan air (basis basah) sebesar 89,7%. Proses pengeringan menggunakan tray dryer dilaksanakan hingga berat sampel yang berada dalam tray konstan yang mengindikasikan bahwa proses pengeringan sudah mencapai kesetimbangan. Hubungan kadar air per waktu pada tiga variasi laju alir udara pengering tersaji dalam **Gambar 3** di bawah ini.



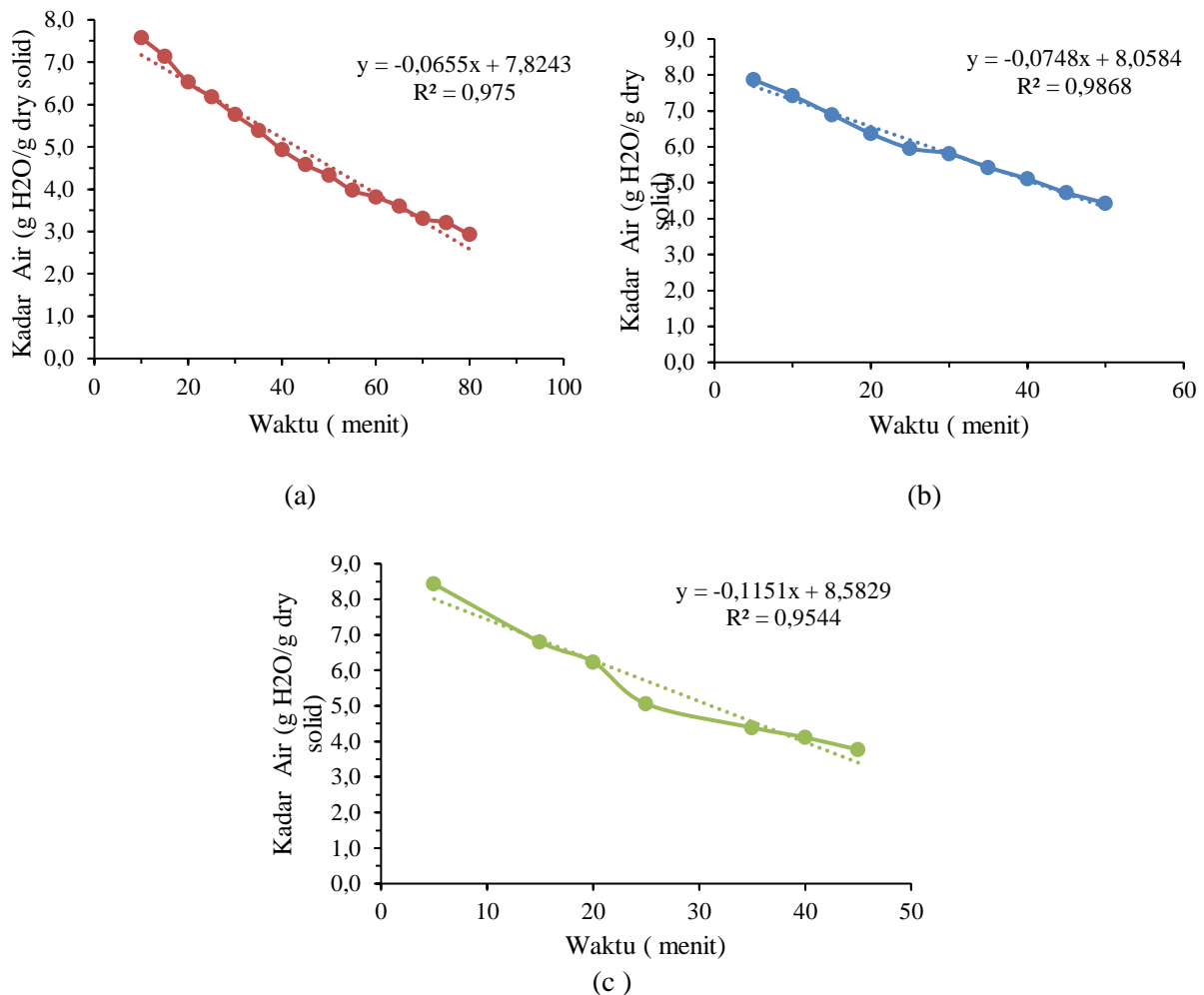
Gambar 3. Penurunan kadar air bunga telang selama proses pengeringan

Proses pengeringan diawali dengan periode laju pengeringan konstan dan dilanjutkan dengan laju pengeringan menurun hingga mencapai kadar air kesetimbangan dimana diantara kedua periode pengeringan tersebut dibatasi dengan *break point* yang merupakan titik kadar air kritis (X_c). Kadar air kritis terjadi saat kadar air permukaan bahan mulai menurun, namun laju penguapan air permukaan ke lingkungan tetap maksimal. Berdasarkan Gambar 3. pada variasi laju alir 1,6 m/s X_c dicapai setelah menit ke-80 dengan kadar air 2,93 gH₂O/gdry solid. Pada variasi laju alir 2,4 m/s dicapai X_c dengan kadar air 4,43 g H₂O/g dry solid pada menit ke-50. Sedangkan pada variasi laju yang lebih besar yaitu 3,2 m/s, dicapai X_c dengan kadar air 3,77 gH₂O/gdry solid pada menit ke-45. Pada periode awal proses pengeringan, terjadi penurunan kadar air dalam jumlah yang besar.

Hal ini disebabkan karena tingginya kandungan air bebas dalam bahan padatan yang mudah menguap. Setelah itu, penurunan kadar air dan laju pengeringan kembali menurun seiring dengan berkurangnya kadar air pada bahan tersebut [15]. Proses pengeringan dilakukan hingga kadar air mencapai kesetimbangan (X^*) yang ditandai dengan berat bunga telang konstan terhadap waktu yang menunjukkan. Pada variasi laju alir 1,6 m/S, penurunan kadar air sebesar 65,8% dicapai pada waktu 115 menit. Sedangkan pada laju alir yang lebih tinggi, diperlukan waktu pengeringan yang lebih singkat untuk mencapai penurunan kadar air sebesar 60% yaitu 80 menit untuk laju alir udara 2,4 m/s dan 57% dengan waktu pengeringan 70 menit untuk laju alir udara 3,2 m/s.

B. Laju Pengeringan

Penurunan kadar air pada bunga telang signifikan terjadi pada periode laju pengeringan konstan. Kadar air permukaan pada tahap ini selalu berkesetimbangan dengan kelembaban udara, hal ini disebabkan karena banyaknya air yang bergerak dari dalam bahan sama besarnya dengan penguapan air dari permukaan bahan. **Gambar 4** menunjukkan perubahan kadar air terhadap waktu pada periode laju pengeringan konstan.



Gambar 4. Penurunan kadar air bunga telang terhadap waktu (dx/dt) pada variasi laju alir 1,6 m/s (a), 2,4 m/s (b) dan 3,2 m/s (c)

Berdasarkan **Gambar 4**, pada variasi laju alir udara pengering 1,6 m/s periode laju pengeringan konstan terjadi pada menit ke-5 hingga 80 dengan besarnya penurunan kadar air terhadap waktu sebesar -0,065 yang diperoleh melalui pendekatan slope dengan koefisien determinasi (R^2) mendekati satu. Sehingga pada variasi laju alir udara ini, berdasarkan persamaan (2) diperoleh laju pengeringan konstan (R_c) sebesar 0,00701 $kgH_2O/m^2 \cdot menit$. Pada variasi laju alir 2,4 m/s periode laju pengeringan konstan terjadi pada menit ke-5 hingga 50 dengan dengan besarnya penurunan kadar air terhadap waktu sebesar -0,0748 yang diperoleh melalui pendekatan slope dengan koefisien determinasi (R^2) mendekati satu sehingga diperoleh R_c sebesar 0,00946 $kgH_2O/m^2 \cdot menit$. Sedangkan pada variasi laju yang lebih besar yaitu 3,2 m/s, periode laju pengeringan konstan terjadi pada menit ke-5 hingga 45 dengan dengan besarnya penurunan kadar air terhadap waktu sebesar -0,1151 yang diperoleh melalui pendekatan slope dengan koefisien determinasi (R^2) mendekati satu. Pada variasi laju alir udara pengering terbesar ini diperoleh nilai R_c sebesar 0,0154 $kgH_2O/m^2 \cdot menit$.

C. Analisa Korelasi dan Signifikansi

Uji korelasi adalah salah satu metode statistik yang mengukur hubungan antara dua variabel. Metode ini digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya korelasi antara dua variabel yang dikaji dan menjelaskan seberapa kuat hubungan tersebut. Koefisien korelasi yang dihasilkan dari metode uji ini seperti koefisien korelasi Pearson menunjukkan seberapa kuat hubungan linier antara dua variabel. Koefisien korelasi memiliki rentang dari -1 hingga 1. Nilai minus (-) menunjukkan hubungan negatif atau berlawanan, nilai 0 menunjukkan tidak adanya hubungan, dan nilai positif (+) menunjukkan hubungan positif atau searah. Uji signifikansi dilakukan dengan menggunakan metode uji hipotesis dua arah (*two-tailed test*) untuk 2 sampel uji. Pada penelitian ini akan diuji korelasi variasi laju alir 1,6; 2,4 dan 4,2 m/s terhadap penurunan kadar air bunga telang dan laju pengeringan konstantnya sebagaimana terlampir dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Analisa korelasi dan signifikansi

		Variasi Laju alir udara (m/s)	Penurunan kadar air (%)	Laju pengeringan konstan (Rc)
Variasi Laju alir udara (m/s)	Koefisien Pearson	1	-0.992	0.972
	Signifikansi. (2 -arah)		0.081	0.151
	N	3	3	3

Berdasarkan hasil uji korelasi dan signifikansi sebagaimana terlampir dalam **Tabel 1**, diperoleh nilai korelasi antara variasi laju alir udara pengering dengan persentase penurunan kadar air pada bunga telang adalah -0,992 yang dapat dipahami bahwa korelasi antara dua variabel tersebut termasuk dalam kategori sangat sempurna dimana nilainya mendekati 1. Nilai negatif mengindikasikan bahwa hubungan tersebut berbanding terbalik yang artinya semakin besar laju alir udara pengering yang digunakan maka persentase penurunan kadar air semakin rendah. Pada hubungan variasi laju alir udara pengering dengan Rc, diperoleh nilai korelasi sebesar 0,972 yang mengindikasikan bahwa korelasi antara kedua variabel yang diuji termasuk dalam kategori sangat sempurna. Nilai positif menunjukkan bahwa hubungan tersebut berjalan searah yang artinya semakin besar variasi laju alir udara pengering yang digunakan maka Rc semakin besar.

Hal ini menjelaskan bahwa laju alir udara yang semakin besar memiliki kemampuan untuk mengalirkan udara yang sudah berkontak dengan bahan dalam *tray* dengan lebih cepat. Udara yang sudah berkontak dengan bahan memiliki kandungan air yang lebih tinggi dibandingkan kondisi awal, sehingga kelembapan relatifnya meningkat. Meningkatnya kelembapan relatif udara pengering disebabkan karena adanya perpindahan massa air dari bahan ke udara pengering. Udara pengering dengan kelembapan relatif yang tinggi harus segera dialirkan keluar *tray* dan digantikan dengan udara pengering baru agar *driving force* perpindahan massa air dari bahan ke udara pengering tetap terjaga. Hasil uji signifikansi 2 arah menunjukkan bahwa nilai signifikansi kedua variabel > 0.005 , maka dapat disimpulkan bahwa variasi laju alir udara secara statistik dinyatakan tidak signifikan berpengaruh terhadap persentase penurunan kadar air dan besarnya laju pengeringan konstan.

4. Kesimpulan

Variasi laju alir udara pengering berdampak pada penurunan kadar air bunga telang sebesar 57-60% dengan diperoleh konstanta laju pengeringan terbesar 0,0154 kgH₂O/m².menit ketika digunakan laju alir udara pengering yang besar yaitu 3,2 m/s. Hal ini menjelaskan bahwa laju alir udara yang semakin besar memiliki kemampuan untuk mengalirkan udara yang sudah berkontak dengan bahan dalam *tray* dengan lebih cepat sehingga *driving force* perpindahan massa air dari bahan ke udara pengering tetap terjaga. Berdasarkan uji korelasi diperoleh hasil bahwa secara statistik hubungan antara laju alir udara pengering terhadap penurunan kadar air dan konstanta laju pengeringan menunjukkan hubungan yang kuat dengan nilai koefisien korelasi $>0,95$ dengan level signifikansi yang diperoleh tidak signifikan ($> 0,005$).

5. Referensi

- [1] Yernisa, E. Gumbira-Said, and K. Syamsu, "Aplikasi Pewarna Bubuk Alami dari Ekstrak Biji Pinang (*Areca catechu L.*) pada Pewarnaan Sabun Transparan," *J. Teknologi Industri Pertanian*. vol.23(3), pp.190-198, Jan.2013
- [2] T. Pujilestari, "Review : Sumber dan Pemanfaatan Zat Warna Alam untuk Keperluan Industri (Review : Source and Utilization of Natural Dyes for Industrial Use)," *J. Dinamika kerajinan dan Batik*. vol.32 (2), pp. 93-106, Des.2015.
- [3] I. Djunarko, D. Yanthre, S. Manurung, and N. Sagala, "Efek Anti inflamasi Infusa Bunga Telang (*Clitoriaternatea L.*) dan Kombinasi dengan Infusia Daun Iler (*Coleus atropurpureus L.* Benth) Dosis 140MG/KGBB pada Udemata Telapak Kaki Mencit Betina Terinduksi Karagenin," Proc. Rakernas dan Pertemuan Ilmiah Tahunan Ikatan Apoteker Indonesia, 2016.
- [4] E. Kusriani, D. Tristantini, and N. Izza, "Uji Aktivitas Ekstrak Bunga Telang (*Clitoria Ternatea L.*) sebagai Agen Anti-Katarak," *J. Jamu Indonesia*. vol. 2(1), pp.30-36, Mar. 2017.
- [5] E. Sinurat dan Murniyati, "Pengaruh Waktu dan Suhu Pengeringan Terhadap Kualitas Permen Jeli," *JPB Perikanan* . vol. 9(2), pp : 133–142, 2014.
- [6] C. T. Ireland, R. L. Mondaca , A. V. Gálvez, J. López, and K.D Scala, "Influence of Hot-Air Temperature on Drying Kinetics, Functional Properties, Colour, Phycobiliproteins, Antioxidant Capacity, Texture and Agar Yield of Alga *Gracilaria Chilensis*," *J. Food Science and Technology*.

- vol.44. pp: 21, 2011.
- [7] R. A. Fauzi, A. Widyasanti, S. D. N. Perwitasari, and S. Nurhasanah, “Optimasi Proses Pengeringan terhadap Aktivitas Antioksidan Bunga Telang (*Clitoria ternatea*) Menggunakan Metode Respon Permukaan”, *Jurnal Teknologi Pertanian*. vol. 23(1), pp: 9-22, April.2022
- [8] P. Galaz, M. Valdenegro, C. Ramirez, H. Nunez, S. Almonacid, and R. Simpson, “ Effect of Drum Drying Temperature on Drying Kinetic and Polyphenol Contents in Pomegranate Peel,” *Journal Food Engineering*, vol(208), pp: 19-27, Sept. 2017.
- [9] A.M. Mohite, A. Mishra, and N. Sharma, “Equilibrium Moisture Content and Drying Behaviour of Tamarind Seed under Thin Layer Condition,” *Int. Journal Seed Spices*. Vol.6(2), pp: 18–22, July, 2016.
- [10] I. Tinebra , R. Passafiume , D. Scuderi , A. Pirrone, R. Gaglio , E. Palazzolo, and V. Farina, “Effects of Tray-Drying on the Physicochemical, Microbiological, Proximate, and Sensory Properties of White- and Red-Fleshed Loquat (*Eriobotrya Japonica* Lindl.) Fruit,” *Agronomy*. vol.12(2), pp : 1-19, Feb. 2022.
- [11] N. A. Yulisdini, S. U. Putri, T. A. Makaminan, S. Yuliaty, Fadarina, Efisiensi Termal Alat Pengering Tipe Tray Dryer untuk Pengeringan Silika Gel Berbasis Ampas Tebu, *Prosiding Seminar Mahasiswa Teknik Kimia*. vol.1 (1), pp:29-33, Okt. 2020.
- [12] R. Manfaati, H. Baskoro, M. M. Rifai, “Pengaruh Waktu dan suhu terhadap Proses Pengeringan Bawang Merah Menggunakan Tray Dryer, “*Jurnal Fluida*. vol.12 (2), pp: 43-49, Nov. 2019.
- [13] P.K. Sappati, B. Nayak, and G.V. Walsum, “Effect of Glass Transition on The Shrinkage of Sugar Kelp (*Saccharina Latissima*) During Hot Air Convective Drying,” *J. Food Engineering*. vol 210, pp: 50-61, Okt. 2017.
- [14] G. B. Pradana, K.B. Prabowo, R. P. Hastuti, M. Djaeni, and A. Prasetyaningrum, “Seaweed Drying Process Using Tray Dryer with Dehumidified Air System to Increase Efficiency of Energy and Quality Product,” *IOP Conference Series ; Earth and Environmental Science*, 292, 2019.
- [15] D. K. Sari, R. Sulistyono, D. Lestari, “Pengaruh Laju Alir Udara Pengering Terhadap Pengeringan Kulit Manggis,” *Jurnal Teknika*. vol.12(1), pp: 35-42, Jun. 2016.