



JURNAL RONA TEKNIK PERTANIAN
ISSN : 2085-2614; e-ISSN 2528 2654
JOURNAL HOMEPAGE : <http://www.jurnalLunsyah.ac.id/RTP>



Karakteristik Pengeringan Gula Semut Menggunakan Alat Pengering Tipe Rak Geometri Silinder

Hary Kurniawan^{1*}, Kiki Rizqia Septiyana¹, Muhammad Adnand¹

Imam Adriansyah², Hasmi Nurkayanti²

¹ Program Studi Teknik Pertanian - Fakultas Teknologi Pangan & Agroindustri
Universitas Mataram

Jalan Majapahit No. 62 Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

² Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan - Fakultas Teknologi Pangan &
Agroindustri

Universitas Mataram

Jalan Majapahit No. 62 Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

*Email: harykurniawan@unram.ac.id

Abstrak

Gula semut merupakan salah satu penganekeagaman produk gula palma yang berbentuk butiran atau kristal yang bahan bakunya dapat berasal dari nira kelapa, nira aren atau nira siwalan. Salah satu tahapan penting dalam pembuatan gula semut yaitu pengeringan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik pengeringan gula semut menggunakan alat pengering tipe rak berbentuk silinder. Alat pengering menggunakan gas LPG sebagai sumber panas. Parameter yang diamati meliputi suhu lingkungan dan suhu bahan di rak atas, tengah dan bawah, suhu udara yang masuk ke ruang pengering (inlet) dan suhu yang meninggalkan ruang pengering (cerobong). Perubahan kadar air gula semut juga diukur setiap waktu. Hasil menunjukkan bahwa suhu udara pengering dan suhu bahan baik di rak atas, tengah dan bawah berbeda signifikan. Sementara itu perubahan kadar air di setiap rak juga menunjukkan hal yang sama yaitu ada perbedaan nyata perubahan kadar air pada rak. Konstanta laju pengeringan sebesar 0.0119 - 0.0212 menit⁻¹. Berdasarkan nilai R² yang > 0,5 menunjukkan bahwa kadar air yang diprediksi mampu menggambarkan kondisi yang mendekati perubahan kadar air yang sesungguhnya selama pengeringan.

Katakunci: gula semut, pengering tipe rak, silinder

Characteristics of Drying *Gula Semut* Using Cylinder Dryer

**Hary Kurniawan^{1*}, Kiki Rizqia Septiyana¹, Muhammad Adnand¹
Imam Adriansyah², Hasmi Nurkayanti²**

¹Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture
Faculty of Food Technology and Agroindustry, University of Mataram
Jalan Majapahit No. 62 Mataram, West Nusa Tenggara, Indonesia

²Department of Food Science and Technology
Faculty of Food Technology and Agroindustry, University of Mataram
Jalan Majapahit No. 62 Mataram, West Nusa Tenggara, Indonesia

*Email: harykurniawan@unram.ac.id

Abstract

Gula semut is one of the diversified products of palm sugar in the form of granules or powders made from palm sap, coconut sap, or siwalan sap. Drying is one of the important processes in making gula semut. The purpose of this study was to study the characteristics of drying gula semut using a cylinder geometry of the cabinet dryer. The dryer used LPG gas as a heat source. The parameters observed are the ambient temperature and the temperature of the sample in the top, middle and bottom racks, the temperature of inlet and chimney. Changes in the moisture content of gula semut are also measured every time. The results showed that the ambient temperature of the drying chamber and the temperature of samples both on the top, middle, and bottom shelves differ significantly. There was a real difference in changes in the water content in the rack. The drying rate constants are 0.0119 to 0.0212 minutes⁻¹. Based on the R² value > 0.5, it showed that the predicted moisture content was able to describe conditions that are close to changes in the actual moisture content during drying.

Keywords: cylinder, drying, gula semut

PENDAHULUAN

Gula semut merupakan turunan produk gula palma yang berbentuk butiran atau kristal yang bahan bakunya dapat berasal dari nira aren, nira kelapa atau nira siwalan. Proses pembuatan gula semut tidak jauh berbeda dengan pembuatan gula cetak, yaitu dengan memasak nira hingga mengental, didinginkan, lalu diaduk hingga terbentuk butiran. Beberapa keunggulan gula semut dibandingkan gula cetak antara lain lebih awet karena memiliki kadar air yang rendah, bentuknya yang kristal mempermudah dalam penggunaannya sehingga lebih praktis, mudah dalam pengemasan, pengangkutan, dan harganya pun lebih tinggi (Amanah dkk., 2013; Fahrizal, dkk., 2017; Kurniawan dkk., 2018;). Mustaufik dan Haryanti (2006) melaporkan adanya gula reduksi yang mempunyai

gugus hidroksil pada gula semut membuatnya sangat higroskopis sehingga mudah menyerap uap air dari udara sekitar, akibatnya gula semut tidak tahan lama.

Menurut Evalia (2015) gula aren, terutama gula semut merupakan salah satu produk yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan memiliki prospek yang sangat bagus untuk dikembangkan. Hal ini disebabkan kecenderungan permintaan yang terus meningkat guna memenuhi kebutuhan ekspor maupun kebutuhan dalam negeri.

Menurut Winarno (2004) air merupakan komponen penting dalam suatu produk pangan karena air selain mempengaruhi penampakan dan cita rasa, juga mempengaruhi tekstur produk pangan tersebut. Salah satu parameter penting yang menentukan kualitas produk yaitu kadar air. Berbagai kerusakan dapat muncul akibat adanya perubahan kadar air pada suatu produk pangan seperti jamur dan bakteri, pengerasan, pelunakan maupun penggumpalan terutama pada produk kering. Dengan demikian kadar air menjadi titik kritis serta berperan penting dalam menentukan karakteristik fisiko-kimia, mikrobiologi, dan organoleptik selama produksi dan penyimpanan (Hutasoit, 2009; Kurniawan dkk., 2018).

Pengeringan merupakan salah satu cara mengeluarkan sebagian air dari suatu bahan dengan cara menguapkan air dari dalam bahan tersebut. Selama proses pengeringan terjadi 2 peristiwa penting yaitu perpindahan panas dan perpindahan massa yang terjadi secara simultan. Pada pengeringan, kecepatan perpindahan panas dari udara pengering dipengaruhi oleh tipe alat pengering yang digunakan, bahan konstruksi yang digunakan, metode pengeringan, kecepatan tekanan, suhu udara pengering dan suhu permukaan bahan (Amanah dkk, 2013).

Pengeringan merupakan salah satu proses yang penting dalam pembuatan gula semut. Pengeringan gula semut ditingkat pengrajin umumnya dilakukan melalui penjemuran dibawah sinar matahari karena tidak membutuhkan biaya untuk menyediakan sumber panas. Namun, penjemuran yang ditujukan untuk produk pangan kurang baik diterapkan, karena kebersihan bahan sulit diawasi, atau dengan kata lain resiko kontaminasi terhadap produk sulit dikontrol. Sementara itu penggunaan alat pengering mekanis untuk pengeringan gula semut masih terbatas, yang disebabkan oleh kurangnya pengetahuan masyarakat tentang kelebihan pengering mekanis serta belum tersedianya informasi mengenai kinerja alat pengering mekanis untuk gula semut khususnya alat pengering tipe rak (*cabinet dryer*) (Amanah dkk, 2013).

Pengeringan gula semut menggunakan alat pengering tipe rak telah dilakukan oleh Amanah dkk. (2013) dimana dilaporkan bahwa alat pengering tipe rak mampu mengeringkan gula semut dari kadar air 7% menjadi 3% dalam waktu maksimal 8 jam sesuai dengan kapasitas alat pengering. Kadar air akhir yang diperoleh menunjukkan bahwa pengeringan dengan alat pengering mampu menguapkan air dari produk lebih banyak dibandingkan dengan pengeringan matahari. Berdasarkan uraian diatas maka penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi karakteristik pengeringan gula semut menggunakan pengering tipe rak dengan bentuk silinder.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan

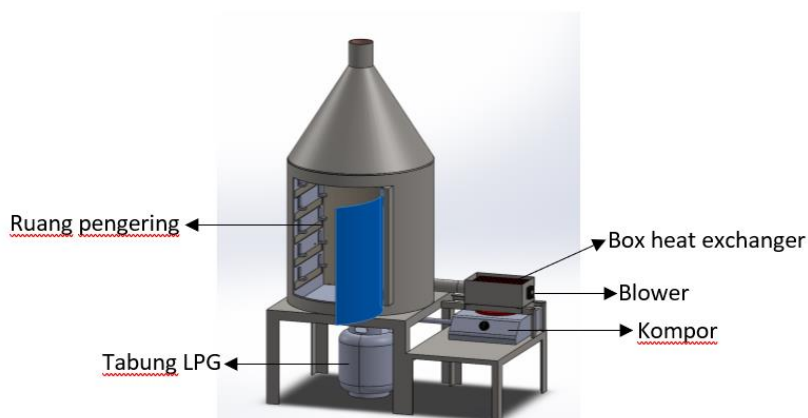
Gula semut yang diperoleh dari pengrajin gula semut di Desa Kekait Daye, Kecamatan Gunung Sari, Kabupaten Lombok Barat digunakan sebagai bahan utama dalam penelitian ini.

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu termodigital tipe K (Xintest HT-9815), oven (Memmert UNB 400), timbangan analitik (Kern ABJ 220), cawan, desikator, loyang, tabung gas LPG 3 kg, kompor gas dan penjepit.

Metode

Penelitian ini dilakukan di Laboraturium Teknik Bioproses dengan metode eksperimental. Unit pengering yang digunakan adalah alat pengering tipe rak dengan geometri silinder berdiameter 600 mm dengan dimensi 1200 mm x 750 mm x 2150 mm. Alat pengering ini memiliki 8 rak dengan ukuran loyang 340 mm x 340 mm serta sumber pemanas berasal dari gas LPG seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat pengering tipe rak berbentuk silinder

Gula semut yang diperoleh dari pengrajin gula semut merupakan gula semut yang baru saja diproduksi dan belum dikeringkan. Gula semut sebanyak 500 g dituang ke dalam loyang dan disusun pada rak pengering. Selanjutnya dipasang termokopel pada rak atas, rak tengah dan rak bawah untuk mengukur suhu lingkungan dan suhu bahan di masing-masing rak. Selain itu diukur pula suhu inlet, suhu udara keluar dari cerobong dan suhu heater. Pengukuran suhu dilakukan setiap satu menit pada 1 jam pertama, dan selanjutnya

diukur setiap 5 menit. Setiap 15 menit diambil sampel gula semut pada setiap rak dan diukur kadar airnya menggunakan metode oven.

Analisa Data

Konstanta laju pengeringan ditentukan melalui persamaan kinetika orde 1 yang dinyatakan sebagai berikut (Amanah dkk., 2013; Rahayoe dkk., 2008; Ummah dkk., 2016):

$$\frac{dM}{dT} = -k (M - M_e) \dots \dots \dots (1)$$

dengan mengintegrasikan persamaan (1), diperoleh:

$$\ln \frac{M - M_e}{M_o - M_e} = -k t \dots \dots \dots (2)$$

M adalah kadar air bahan saat t, M_o adalah kadar air awal ($t = 0$), M_e adalah kadar air setimbang dalam basis kering, k adalah konstanta laju pengeringan dan t adalah waktu dalam menit.

Nilai konstanta laju pengeringan (k) ditentukan melalui persamaan garis lurus hubungan antara $\ln \frac{M - M_e}{M_o - M_e}$ sebagai sumbu y dan t sebagai sumbu x. Selanjutnya nilai konstanta laju pengeringan digunakan untuk memprediksi nilai kadar air bahan selama pengeringan melalui persamaan berikut:

$$M_t = \{(M_o - M_e) \times e^{-kt}\} + M_e \dots \dots \dots (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air Gula Semut

Gula semut yang digunakan dalam penelitian ini adalah gula semut yang baru selesai diproduksi oleh pengrajin gula aren dan belum dikeringkan sehingga kadar airnya masih tinggi. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh kadar air awal gula semut sebesar 5,40 %. Kadar air menjadi salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas suatu produk. Kadar air yang tinggi pada gula semut menyebabkan umur simpan gula semut relatif singkat, sehingga tidak cocok jika langsung dikemas dan disimpan. Kurniawan (2018) melaporkan bahwa seiring lama penyimpanan, kadar air gula semut cenderung meningkat. Kenaikan kadar air dapat memicu kerusakan pada gula semut yang ditandai adanya penggumpalan. Tidak hanya itu, pengemasan dan penyimpanan gula semut pada kondisi kadar airnya di atas 3% dapat menyebabkan gula semut cepat berubah warna menjadi lebih coklat tua dan berbau tengik.

Profil Suhu Ruang Pengering dan Suhu Bahan

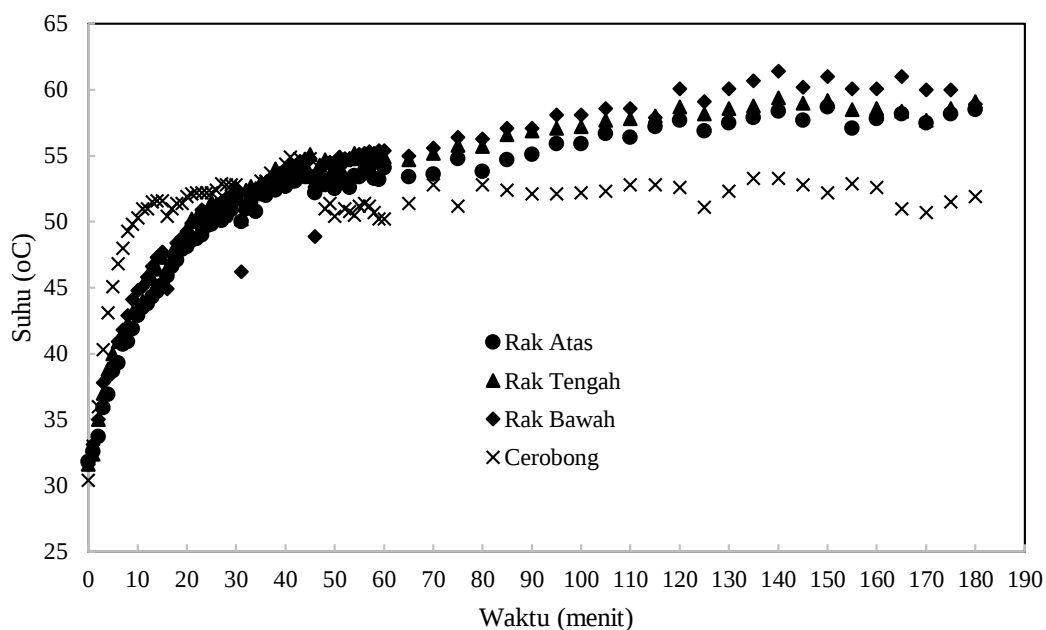
Pengeringan gula semut bertujuan untuk menurunkan kadar air gula semut hingga $\leq 3\%$. Pada penelitian ini, gula semut dikeringkan menggunakan alat pengering berbentuk silinder, dengan sumber pemanas dari gas LPG. Alat pengering seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dirancang sedemikian rupa agar udara panas yang masuk dengan bantuan

exhaust fan dapat bersirkulasi melalui efek siklon sehingga diharapkan mempercepat pengeringan. Pada penelitian ini diamati suhu lingkungan dan suhu bahan baik pada rak atas, rak tengah dan rak bawah serta suhu udara yang keluar melalui cerobong (Gambar 2 dan Gambar 3).

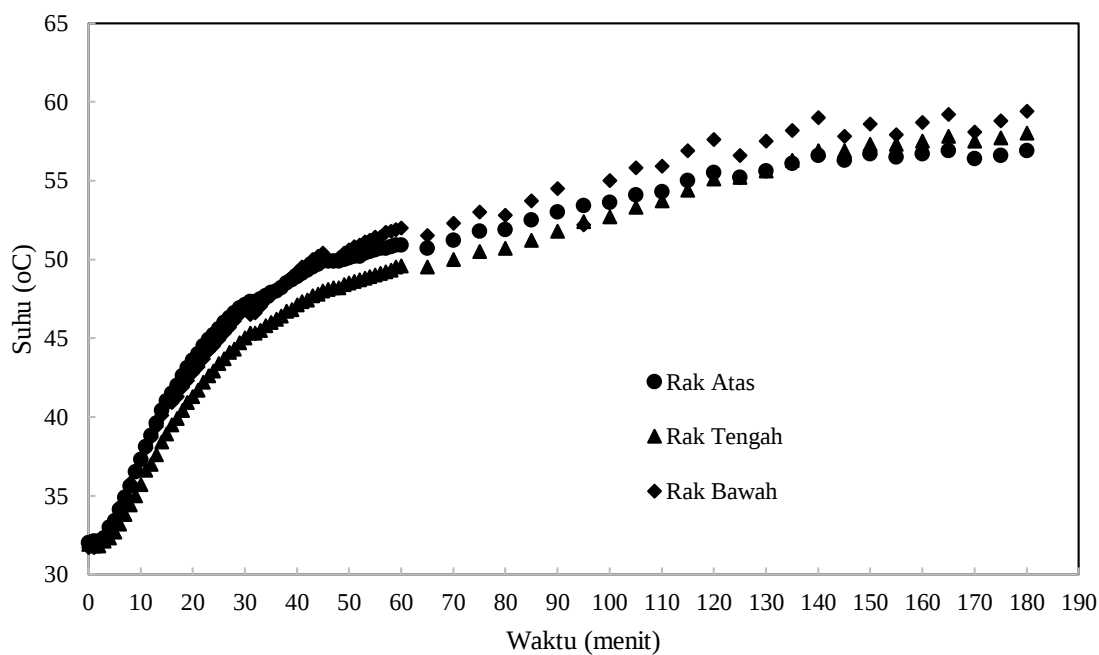
Udara lingkungan pada suhu 29 – 30°C sebelum masuk ke ruang pengering terlebih dahulu dilewatkan pada box *heat exchanger* yang dipanaskan oleh kompor gas (gas LPG). Suhu udara di ruang box *heat exchanger* diukur menggunakan termokopel dan diperoleh suhu rata-rata sebesar 371,34°C. Gambar 2 menunjukkan profil suhu udara di dalam ruang pengering baik di rak atas, rak tengah dan rak bawah. Suhu udara di ruang pengering di setiap rak meningkat drastis di awal pemanasan. Hal ini terjadi karena udara panas yang masuk digunakan untuk memanaskan udara di ruang pengering. Seiring perubahan waktu, suhu lingkungan di setiap rak cenderung mengalami kenaikan. Baik pada rak atas, tengah dan bawah, suhu mulai cenderung stabil setelah 2 jam yaitu rata-rata sebesar 57,85°C, 58,67°C dan 60,22°C berurut-turut. Sementara itu suhu udara yang keluar meninggalkan ruang pengering melalui cerobong mulai konstan setelah 1 jam dengan suhu rata-rata sebesar 52,21°C. Sedangkan suhu udara yang masuk ke dalam ruang pengering melalui lubang inlet mencapai konstan setelah 1 jam dan rata-rata suhunya sebesar 63,95°C. Hasil *annova* menunjukkan bahwa ada perbedaan nyata suhu udara pada setiap rak pengering ($p \text{ value} < 0.05$). Berdasarkan hasil uji lanjut ($\alpha = 5\%$), suhu udara di ruang pengering tertinggi hingga terendah berturut-turut suhu rak atas, tengah dan bawah. Suhu udara pengering sangat mempengaruhi proses pengeringan suatu bahan. Semakin tinggi suhu, maka RH udara di ruang pengering semakin rendah. Dengan semakin rendah RH udara pengering maka kadar air bahan akan semakin rendah (Suherman, dkk., 2012). Pengering tipe rak banyak diaplikasikan dalam pengeringan produk karena memiliki desain yang sederhana serta daya tampung yang relatif besar. Selain itu alat pengering tipe rak cocok untuk operasi skala kecil dan yang menginginkan perubahan cepat dalam lini produk. Namun kelemahan utama dari pengering tipe rak yaitu sebaran suhu pada ruang pengering yang cenderung tidak merata. Dilaporkan bahwa kualitas dan kesegeraman bahan yang dikeringkan dapat dipengaruhi oleh bentuk geometri dari ruang pengering (Al-Kindi dkk., 2015; Heldman & Singh, 2009).

Gambar 3 menunjukkan profil suhu bahan selama pengeringan baik di rak atas, tengah dan bawah. Di awal pemanasan, suhu bahan meningkat drastis, dikarenakan udara panas yang masuk ke ruang pengering digunakan untuk menaikkan suhu bahan yang terjadi melalui perpindahan panas konveksi. Seiring perubahan waktu suhu bahan terus meningkat dan selanjutnya panas yang diterima bahan digunakan untuk menguapkan sejumlah air yang terkandung dalam bahan yang disertai adanya perbedaan tekanan antara suhu ruang pengering dan suhu bahan. Pada menit ke 120, suhu bahan baik di rak atas, tengah dan bawah mulai stabil, yang rata-rata sebesar 56,31°C; 56,85°C dan 58,26°C berturut-turut. Hasil *annova* menunjukkan bahwa ada perbedaan nyata suhu bahan pada rak pengering. Setelah dilakukan uji lanjut ($\alpha=5\%$) diperoleh bahwa suhu di rak atas berbeda nyata dengan suhu di rak tengah dan rak bawah, namun suhu bahan di rak tengah dan bawah tidak berbeda nyata. Suhu bahan tertinggi terjadi pada rak atas. Adanya

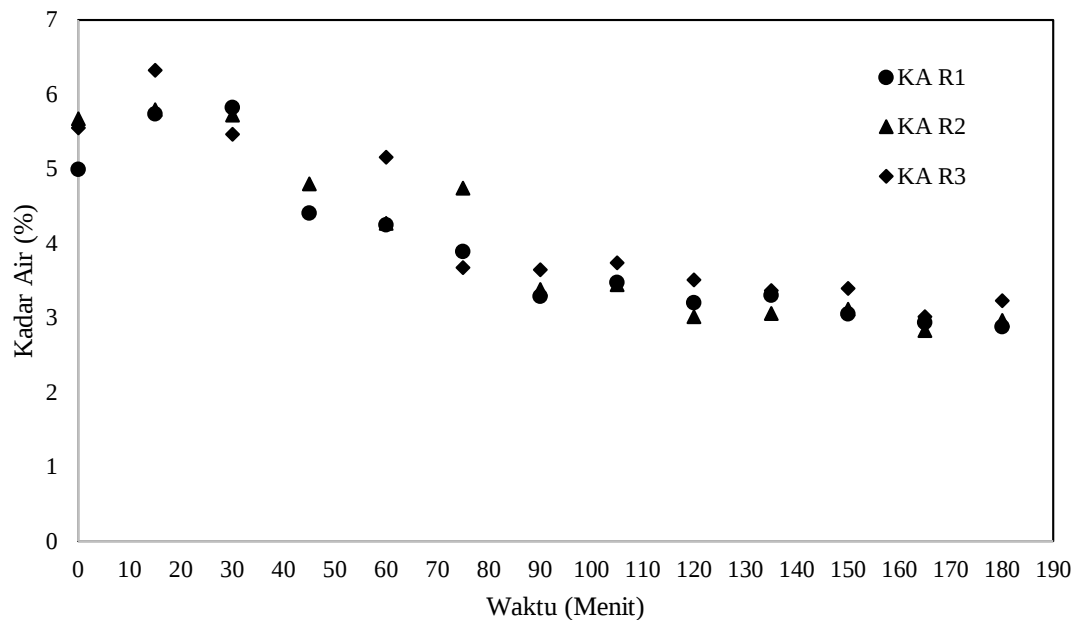
perbedaan antara suhu udara pengering dan suhu bahan memicu terjadinya transfer uap yang meninggalkan bahan. Semakin besar perbedaan suhu antara media pemanas dengan bahan, maka transfer panas menjadi semakin cepat terjadi sehingga jumlah air yang teruapkan semakin tinggi dan kecepatan pengeringan semakin cepat.



Gambar 2. Profil suhu udara diruang pengering



Gambar 3. Profil suhu gula semut



Gambar 4. Perubahan kadar air gula semut selama pengeringan

Perubahan Kadar Air Selama Pengeringan

Kadar air merupakan salah satu sifat fisik bahan pangan yang menunjukkan jumlah air yang terkandung dalam bahan yang dapat dinyatakan dalam basis basah dan basis kering. Selama pengeringan gula semut, kadar air bahan mengalami penurunan setiap waktu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Perubahan kadar air bahan dapat menggambarkan tingkat penguapan air di dalam bahan selama proses pengeringan. Kadar air awal gula semut dimasing-masing rak dianggap seragam yaitu sebesar 5,40%, sementara kadar air akhir gula semut setelah dikeringkan selama 3 jam baik di rak atas, tengah dan bawah berturut-turut sebesar 2,87% , 2,96% dan 3,22%. Berdasarkan hasil annova (p value < 0.05) menunjukkan bahwa ada perbedaan nyata perubahan kadar air pada rak pengering. Setelah dilakukan uji lanjut ($\alpha=5\%$) diperoleh bahwa perubahan kadar air gula semut pada rak bawah dengan rak atas tidak berbeda nyata, begitu juga dengan rak atas dan rak tengah, namun berbeda nyata pada rak bawah dengan rak tengah. Dapat dikatakan bahwa perubahan kadar air gula semut yang paling besar terjadi pada rak bawah. Berdasarkan SNI Gula Palma, kadar air maksimal sebesar 3%. Secara keseluruhan alat pengering silinder tipe rak dengan bentuk geometri silinder dapat mengeringkan gula semut hingga kadar air dibawah 3% selama 3 jam dengan suhu udara ruang pengering dan suhu bahan rata-rata sebesar 58,92°C dan 57,14°C.

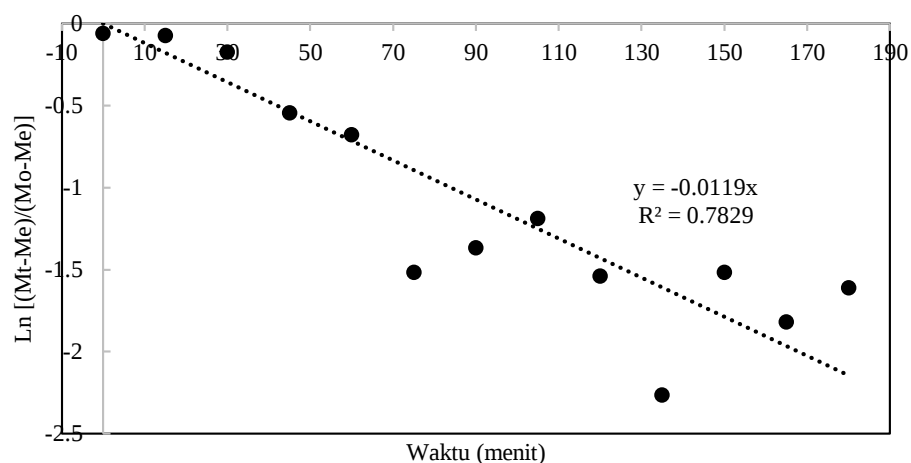
Suhu sangat mempengaruhi penurunan kadar air bahan, dimana semakin tinggi suhu pengeringan maka semakin berkurang kadar air dalam bahan. Hal ini terjadi karena energi panas yang dibawa oleh udara pengering mampu menguapkan molekul-molekul air pada permukaan bahan sehingga memperbesar tekanan uap air dalam bahan karena kelembapan udara disekitar bahan menurun. Meningkatnya tekanan uap air ini memicu terjadinya aliran uap air dari bahan ke udara sehingga mengakibatkan kecepatan

penguapan bahan meningkat. Proses perpindahan massa air dalam bahan ke udara dipicu adanya perbedaan antara tekanan uap air bahan dengan tekanan uap air udara, dimana tekanan uap air bahan yang lebih besar dari tekanan uap air udara. Semakin tinggi suhu udara pengering, perbedaan suhu antara media pemanas dengan bahan yang semakin besar memicu terjadinya transfer panas sehingga semakin banyak air yang teruapkan dan kecepatan pengeringan semakin cepat. Makin tinggi suhu udara pengeringan maka semakin besar energi panas yang dibawa ke udara sehingga makin cepat transfer massa yang terjadi (Dwika, dkk., 2012; Suherman dkk., 2012).

Konstanta laju pengeringan

Konstanta laju pengeringan (k) merupakan sebuah besaran yang menyatakan jumlah uap air yang dipindahkan setiap menit selama proses pengeringan sehingga digunakan sebagai indikator cepat lambatnya proses pengeringan berlangsung pada suatu bahan. Nilai k yang semakin kecil menunjukkan kecepatan uap air yang berdifusi keluar bahan semakin lambat, dan sebaliknya, nilai k yang semakin besar mengindikasikan kecepatan uap air berdifusi keluar bahan semakin cepat. Nilai konstanta laju pengeringan sangat dipengaruhi pada besarnya harga koefisien difusi suatu bahan yang dikeringkan, dimana keduanya berbanding lurus (Ummah dkk., 2018; Sushanti & Sirwanti, 2018; Rahayoe dkk., 2008).

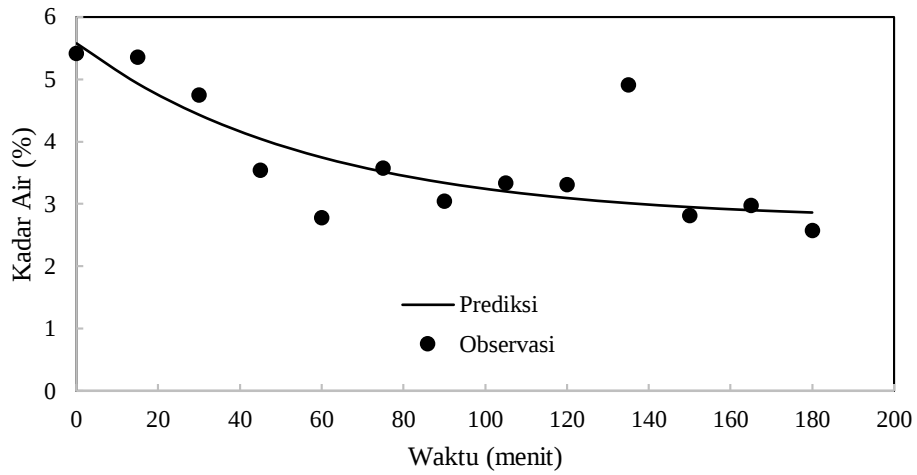
Konstanta laju pengeringan gula semut ditentukan melalui grafik hubungan antara $\ln MR$ versus waktu yang ditunjukkan pada Gambar 5. Nilai slope menunjukkan konstanta laju pengeringan yang menyatakan jumlah uap air yang dipindahkan setiap waktunya selama proses pengeringan. Istiadi dkk. (2002) menyatakan bahwa terutama pada lapis tipis, konstanta laju pengeringan bergantung pada beberapa sifat-sifat perpindahan termasuk temperatur udara pengering dan kadar air bahan. Tabel 1 menunjukkan nilai konstanta laju pengeringan pada setiap rak.



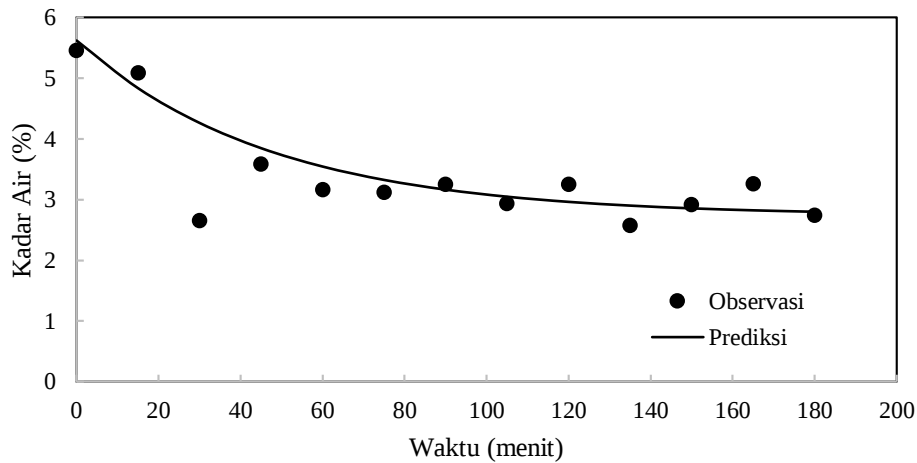
Gambar 5. Hubungan $\ln [(Mt-Me)/(Mo-Me)]$ versus waktu pada pada rak bawah

Tabel 1. Konstanta laju pengeringan

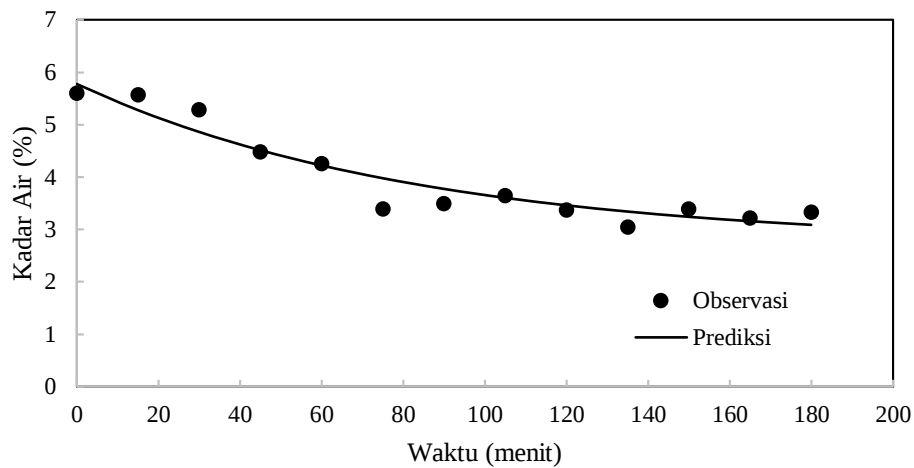
	Persamaan	k
Rak atas	$y = -0.0172$	-0.0172
Rak tengah	$y = -0.0212$	-0.0212
Rak bawah	$y = -0.0119$	-0.0119



Gambar 6. Kadar air prediksi pada rak atas

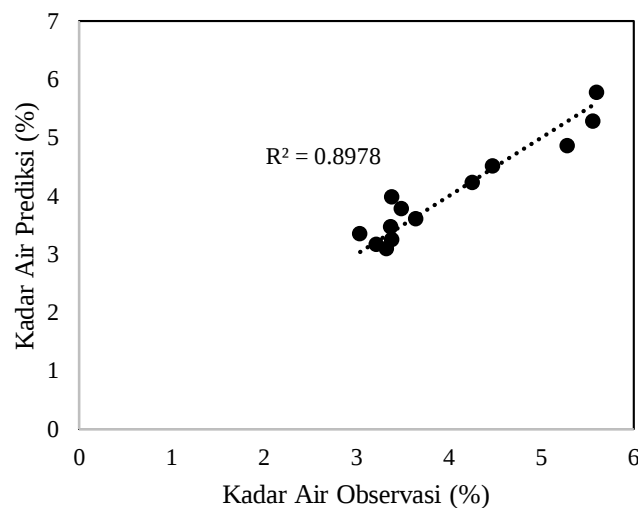


Gambar 7. Kadar air prediksi pada rak tengah



Gambar 8. Kadar air prediksi pada rak bawah

Sementara itu perubahan kadar air gula semut selama pengeringan menggunakan pengering tipe rak berbentuk silinder diprediksi menggunakan persamaan (3) dengan kadar air setimbang 2,56 % (bk) untuk masing-masing rak yang ditunjukkan pada Gambar 6, 7 dan 8 dimana kadar air prediksi mendekati kadar air hasil pengamatan. Selain itu hasil uji validasi nilai konstanta laju pengeringan dilakukan dengan memplotkan kadar air observasi dengan kadar air prediksi sehingga diperoleh persamaan dengan gradien garis yang mendekati 1 seperti yang ditunjukkan Gambar 9. Berdasarkan nilai R^2 yang $> 0,5$ menunjukkan bahwa kadar air yang diprediksi mampu menggambarkan kondisi yang mendekati perubahan kadar air yang sesungguhnya selama pengeringan.



Gambar 9. Uji validasi kadar air prediksi dan kadar air observasi pada rak bawah

KESIMPULAN

Alat pengering tipe rak dengan geometri silinder mampu mengeringkan gula semut dari kadar air awal 5,40% menjadi 3,02% selama 3 jam, dengan suhu ruang pengering rata-rata sebesar 58,91°C dan rata-rata suhu bahan 57,14°C. Konstanta laju pengeringan sebesar 0.0119 - 0.0212 menit⁻¹. Berdasarkan nilai R^2 yang > 0,5 menunjukkan bahwa kadar air yang diprediksi mampu menggambarkan kondisi yang mendekati perubahan kadar air yang sesungguhnya selama pengeringan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti menyampaikan terima kasih kepada Kemenristekdikti atas pendanaan melalui Program Kreativitas Mahasiswa Bidang Penerapan Teknologi (PKM-T) tahun 2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Kindi, H., Purwanto, Y.A., Wulandani, D. Analisis CFD Aliran Udara Panas pada Pengering Tipe Rak dengan Sumber Energi Gas Buang. *Jurnal Keteknik Pertanian*. 2015; 3(1): 9 -16.
- Amanah, H.Z., T, Erlinda, Rahayoe, S., Setyowati, P. Analisis Kinerja Alat Pengering Tipe Rak (Cabinet Dryer) untuk Pengeringan Gula Semut. Seminar Nasional Sains & Teknologi, Lembaga Penelitian Universitas Lampung, 19-20 November 2013: 1260-1268.
- Dwika, R.T., Ceningsih T., Sasongko S.B. Pengaruh Suhu dan Laju Alir Udara Pengering Pada Pengeringan Karaginan Menggunakan Teknologi Spray Dryer. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2012; 1(1): 298-304.
- Evalia, Nur A. Strategi Pengembangan Agroindustri Gula Semut Aren. *Jurnal Manajemen & Agribisnis*. 2015; 12 (1) : 57 – 67
- Fahrizal, Nggandung, Y., & Kartiwan. Optimasi Produksi Gula Cetak dan Gula Semut Lontar Terintegrasi Dengan Metode Linear Programming. Seminar Nasional Hasil Penelitian (SNHP)-VII Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas PGRI Semarang. 2017: 505 – 510.
- Hutasoit, N. *Penentuan Umur Simpan Fish Snack (Produk Ekstrusi) Menggunakan Metode Akselerasi Dengan Pendekatan Kadar Air Kritis dan Metode Konvensional*. Skripsi. Teknologi Hasil Perairan. IPB. Bogor; 2009.
- Istadi, Sumardiono, S., Soetrisnanto, S. Penentuan Konstanta Pengeringan Dalam Sistem Pengeringan Lapis Tipis (Thin Layer Drying). *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia 2002*, Jakarta : 27 Maret 2002. Hal.: A-51 – A-57.
- Kurniawan, H., Bintoro, N., Karyadi, J.N.W., 2018. Pendugaan Umur Simpan Gula Semut dalam Kemasan Dengan Pendekatan Arrhenius. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*; 2018; 6 (1): 93 – 99.
- Mustaufik & Haryanti, P. *Evaluasi Mutu Gula Kelapa Kristal Beriodium Yang Dibuat Dengan Teknik Fortifikasi dan Jenis Bahan Baku Yang Berbeda*. Jurusan Teknologi Pertanian. Unsoed. Jawa Tengah; 2006.

- Rahayoe, S., Rahardjo, B., Kusumandari, Rr S. 2008. Konstanta Laju Pengeringan Daun Sambiloto Menggunakan Pengering Tekanan Rendah. *Jurnal Rekayasa Proses*. Vol. 2 (1): 17 – 23.
- Suherman., Purbasari, A., Aulia, M.P. Pengaruh Suhu Udara dan Berat Sampel Pada Pengeringan Tapioka Menggunakan Pengering Unggun Terfluidakan. Prosiding SNST ke-3. 2012; A45-A50.
- Sushanti, G., & Sirwanti. 2018. Laju Pengeringan Chips Mocaf Menggunakan Cabinet Dryer. *Jurnal Galung Tropika*, Vol. 7 (3): 229 – 235.
- Ummah, N., Purwanto, A. P., Suryani, A. 2016. Penentuan Konstanta Laju Pengeringan Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) Iris Menggunakan Tunnel Dehydrator. *Journal of Agro-based Industry*; 33(2): 49-56
- Winarno, F. G. *Kimia Pangan*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta; 2004.