

MODEL KINETIKA KEKERASAN GULA CETAK TEBU DENGAN PENAMBAHAN BUBUK KAYU MANIS SELAMA PENYIMPANAN

Kinetic Model of Hardness of Cane Mold Sugar With the Addition of Cinnamon Powder During Storage

Cindy Fatika Sari⁽¹⁾*, Lisma Khairani⁽¹⁾, Rahmi Fauziah⁽¹⁾, Andasuryani⁽²⁾

⁽¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

⁽²⁾ Dosen Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

* fatikasari72@gmail.com

ABSTRACT

The sugar cane juice produced through evaporation is processed into molded cane sugar. Adding cinnamon powder to cane sugar provides additional benefits for body health. One of the quality criteria for molded cane sugar is its hardness. The hardness value of printed cane sugar changes during storage; the sugar becomes softer and less complicated. Reaction kinetics can be used to observe changes in the hardness of printed cane sugar. The Arrhenius method was used in this research to determine how adding cinnamon powder affects the quality of molded cane sugar. This research was conducted in Nagari Lawang, Kec. Matur, Agam Regency and the Laboratory of Food Processing Engineering and Agricultural Products, Andalas University. This research used molded cane sugar with two concentrations of cinnamon powder, namely 0% and 0.255%. The sugar was then stored at three different temperatures, seven °C, 27 °C, and 45 °C, over 30 days, with daily observations. Kinetic analysis of molded cane sugar shows that when cinnamon powder is added, the quality decreases more quickly compared to control molded cane sugar, which has a k value of 0.3378 N/cm²/day at a temperature of 7°C, 0.4629 N/cm²/day at a temperature of 27°C, and 2.2728 N/cm²/day at a temperature of 27°C. Compared with storage temperatures of 27°C and 45°C, a temperature of 7°C showed a slower decline in the quality of molded cane sugar.

Keywords: molded cane sugar, cinnamon powder, kinetic model, temperature

ABSTRAK

Sari tebu yang dihasilkan melalui proses penguapan diolah menjadi gula tebu yang dicetak. Penambahan bubuk kayu manis pada gula tebu memberikan manfaat tambahan bagi kesehatan tubuh. Salah satu kriteria mutu gula tebu cetak adalah kekerasannya. Nilai kekerasan gula tebu cetak mengalami perubahan selama masa penyimpanan, gula menjadi lebih lembut dan tidak terlalu keras. Kinetika reaksi dapat

digunakan untuk mengamati perubahan kekerasan gula tebu cetak. Metode Arrhenius digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui bagaimana penambahan bubuk kayu manis terhadap kualitas gula tebu cetak. Penelitian ini dilaksanakan di Nagari Lawang, Kec. Matur, Kabupaten Agam dan Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian, Universitas Andalas. Penelitian ini menggunakan gula tebu cetak dengan dua konsentrasi bubuk kayu manis, yaitu 0% dan 0,255%. Gula kemudian disimpan pada tiga suhu berbeda: 7°C, 27°C, dan 45°C selama periode 30 hari, dengan pengamatan yang dilakukan setiap hari. Analisis kinetik gula tebu cetak menunjukkan bahwa ketika ditambahkan bubuk kayu manis, kualitasnya lebih cepat menurun dibandingkan gula tebu cetak kontrol, yang memiliki nilai k sebesar 0,3378 N/cm²/hari pada suhu 7°C, 0,4629 N/cm²/hari pada suhu 27°C dan 2,2728 N/cm²/hari pada suhu 45°C. Dibandingkan dengan suhu penyimpanan 27°C dan 45°C, suhu 7°C menunjukkan penurunan kualitas gula tebu cetak yang lebih lambat.

Kata Kunci: *gula tebu cetak, bubuk kayu manis, model kinetika, suhu*

*Submit: 19 Oktober 2023 * Revisi: 20 November 2023 * Accepted: 28 November 2023 * Publish: 30 November 2023*

PENDAHULUAN

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan komoditas penting yang menjadi bahan baku utama penghasil gula telah lama dibudidayakan di Indonesia, khususnya di Pulau Jawa dan Sumatera. Tanaman tebu dapat tumbuh di daerah beriklim tropis dan dapat dipanen setelah berumur kurang lebih 12 bulan [2]. Tanaman tebu mempunyai potensi yang besar untuk terus dikembangkan dan menghasilkan berbagai produk agroindustri untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, salah satunya adalah gula tebu cetak. Gula merah mempunyai rasa yang sedikit asam karena kandungan asam organik sehingga gula merah mempunyai aroma yang khas, sedikit asam dan berbau karamel [3].

Kualitas gula tebu cetak di Indonesia bisa dikatakan masih rendah karena cara pengolahannya masih tradisional, dimana proses penguapan nira tidak disertai dengan pengontrolan

suhu bahan sehingga kualitas produk akhir yang tidak terjaga dengan baik. Selain itu kualitas gula tebu juga dipengaruhi oleh mutu nira yang digunakan. Apabila nira yang digunakan telah terfermentasi maka gula akan sulit mengkristal dan gula yang dihasilkan memiliki kualitas yang tidak bagus. Gula tebu cetak kurang diminati dan dikenal orang dikarenakan rasa gula tebu cetak yang terlalu manis serta secara kimia kandungannya seperti lemak (0,15%) dan protein (0,06%) lebih sedikit jika dibandingkan dengan gula merah kelapa (lemak 10% dan protein 1,64%) [10].

Faktor lain yang menyebabkan rendahnya minat masyarakat untuk mengkonsumsi gula tebu cetak yaitu mutu tebu dan aroma khas tebu pada gula merah cetak yang dihasilkan [14]. Gula merah yang dihasilkan memiliki aroma tebu yang sangat kuat sehingga kurang disukai. Oleh karena itu, untuk meningkatkan nilai tambah gula tebu cetak dilakukan perbaikan aroma dan penganevaragaman rasa gula tebu cetak

dengan menambahkan bubuk kayu manis. Penambahan bubuk kayu manis akan menyamarkan aroma khas tebu dan memiliki efek kesehatan bagi tubuh. Selain digunakan sebagai bumbu dapur dan pembuatan jamu karena memiliki aroma yang khas, kayu manis juga mengandung senyawa aktif yang memiliki efek kesehatan seperti menurunkan kolestrol, menurunkan kadar gula darah, antijamur, antivirus dan anti bakteri [7].

Mutu gula tebu cetak dapat dilihat dari perubahan fisik gula seperti warna, kekerasan, aroma, rasa dan tekstur gula tersebut. Kekerasan merupakan salah satu kriteria mutu gula tebu cetak. Nilai kekerasan gula tebu cetak selama penyimpanan mengalami penurunan. Kualitas gula tebu cetak di tingkat petani dan industri rumahan umumnya rendah karena proses pengolahan yang tidak baik dengan kadar air yang tinggi [5]. Kadar air yang tinggi pada gula merah tebu cetak berpengaruh terhadap daya simpan gula, dimana gula akan berubah menjadi coklat kehitaman dengan struktur gula yang lembut dan mudah meleleh. Semakin tinggi kadar air gula merah cetak maka semakin rendah kekerasan gula, sebaliknya jika kadar air gula merah cetak rendah maka kekerasan gula merah cetak akan semakin meningkat [3].

Penentuan laju perubahan kekerasan gula tebu cetak dapat menggunakan kinetika reaksi untuk mengetahui seberapa besar penurunan mutu produk. Model kinetika digunakan untuk menggambarkan perubahan kualitas produk, termasuk kualitas eksternal seperti kekerasan dan warna, dan kualitas internal seperti karbohidrat, asam, fenol dan pigmen. Selain itu model kinetik digunakan untuk menggambarkan pembentukan senyawa yang tidak diinginkan, agregasi dalam pembentukan tekstur dan inaktivasi enzim dan

mikroorganisme [15]. Mekanisme reaksi dan konstanta laju reaksi dapat digunakan untuk menentukan pilihan proses terbaik atau kondisi penyimpanan yang dapat memberikan kualitas produk yang optimal [8].

Metode yang tepat untuk menggambarkan pengaruh suhu terhadap laju kerusakan produk adalah metode *Arrhenius*. Penggunaan model *Arrhenius* dapat digunakan untuk menjelaskan laju perubahan kualitas sebagai fungsi waktu pada suhu tertentu [9]. Gula tebu cetak yang berkembang saat ini masih memiliki ukuran yang besar dan beranekaragam serta belum adanya penganekaragaman aroma dan rasa dari gula tebu cetak yang dihasilkan. Salah satu kriteria mutu gula tebu cetak adalah kekerasan. Berdasarkan kekerasannya konsumen dapat menentukan kualitas gula tebu cetak yang baik. Sehingga penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengkaji perubahan mutu gula tebu cetak dengan penambahan bubuk rempah berupa bubuk kayu manis dengan menggunakan metode *Arrhenius*.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu wajan, spatula, literan, saringan dan cetakan silikon (*silicon mold*) gula merah berbentuk *love* dengan ukuran diameter 1 cm. Peralatan yang digunakan untuk pengujian penelitian yaitu *termometer*, kotak inkubator, lemari pendingin, kemasan *polyethylene*, *force gauge*, dan *colorimeter*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu nira tebu yang diperoleh dari hasil gilingan tebu yang berasal dari Lawang, Kecamatan Matur, Kabupaten Agam, Sumatera Barat dan bubuk kayu manis murni (*cinnamon powder*).

Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu nira tebu lambau yang berasal dari Lawang, Kecamatan Matur, Kabupaten Agam, Sumatera Barat. Nira tebu yang digunakan yaitu nira tebu segar yang memiliki pH berkisar 5,5 – 6,5. Total nira yang digunakan yaitu sebanyak 120 liter nira tebu yang menghasilkan gula merah cetak sebanyak 1.556 butir, dimana sebanyak 783 butir untuk bubuk kayu manis konsentrasi 0% dan 783 butir untuk bubuk kayu manis konsentrasi 0,255%.

Pemasakan Nira

Pemasakan nira dilakukan dengan menggunakan wajan yang terbuat dari besi. Nira sebanyak 60 liter dimasukkan ke dalam wajan dan dipanaskan menggunakan api besar. Suhu pemasakan yang digunakan yaitu 110°C. Setelah 30 menit nira dipanaskan nira akan mengeluarkan buih berwarna putih yang mengandung residu halus, kemudian buih tersebut dibersihkan menggunakan saringan. Selanjutnya pengukuran suhu pada nira saat mendidih. Kemudian nira ditutup dengan penutup nira berupa keranjang yang terbuat dari bambu yang bagian tengah keranjangnya berlubang. Hal ini bertujuan agar buih yang dihasilkan selama proses pemasakan nira tidak tumpah. Kemudian setelah beberapa jam nira dimasak dan buih udah mulai berkurang yang menandakan nira hampir masak maka penutup nira dibuka. Selanjutnya ditambahkan bubuk kayu manis dengan konsentrasi 0.255% per liter nira untuk perlakuan penambahan bubuk kayu manis. Setelah 20 menit bubuk kayu manis dimasukkan nira yang telah masak diangkat.

Pencetakan

Nira yang sudah masak terus diaduk untuk mempercepat penguapan air dari nira dan menghasilkan warna gula yang seragam. Kemudian gula merah dicetak menggunakan cetakan silikon yang terlebih dahulu sudah dibasahi dengan air untuk mempermudah pelepasan gula merah dari cetakan. 1 liter nira tebu dapat menghasilkan ± 250 gram gula cetak.



Gambar 1. Gula Cetak Tebu

Penyimpanan

Gula merah yang telah siap dicetak selanjutnya dimasukkan dalam kemasan *polyethylene* (PE) dan disimpan dalam inkubator dengan tiga suhu penyimpanan, yaitu suhu rendah (7°C), suhu ruang (27°C) dan suhu tinggi (45°C). Penggunaan kemasan *polyethylene* dipilih karena memiliki harga yang relatif murah, memiliki komposisi kimia yang baik, tahan terhadap lemak dan minyak serta tidak menimbulkan reaksi kimia pada makanan, fleksibel, uap air dan permeabilitas air yang rendah, dapat digunakan dalam penyimpanan beku (-50°C), dapat digunakan sebagai bahan laminasi dengan bahan lain serta tersedia dalam berbagai bentuk [13].

Penentuan Metode Kinetika

Data dari analisis parameter diplotkan terhadap waktu dan persamaan regresi linearnya dihitung sehingga menghasilkan tiga persamaan untuk

kondisi suhu penyimpanan produk dengan menggunakan $Y = a + bx$, dari masing-masing persamaan diperoleh nilai *slope* (b) yang merupakan laju penurunan mutu (k). Secara umum perubahan kualitas produk selama penyimpanan dijelaskan dalam kinetika orde nol, pertama atau lebih tinggi [15]. Bentuk terintegrasi dari model reaksi orde nol, satu dan dua ditunjukkan pada persamaan 1-3.

Orde nol : $M_t = M_0 - kt$ (1)

Orde satu : $M_t = M_0 e^{-kt}$ (2)

Orde dua : $\frac{1}{M_t} - \frac{1}{M_0} = kt$ (3)

Dimana M_t adalah nilai indeks kualitas pada waktu tertentu, t adalah waktu penyimpanan, k adalah laju reaksi. Laju reaksi (k) bervariasi dengan suhu sistem. Ketergantungan suhu dari laju reaksi dijelaskan menggunakan model *Arrhenius* [15] yang ditunjukkan pada persamaan 4.

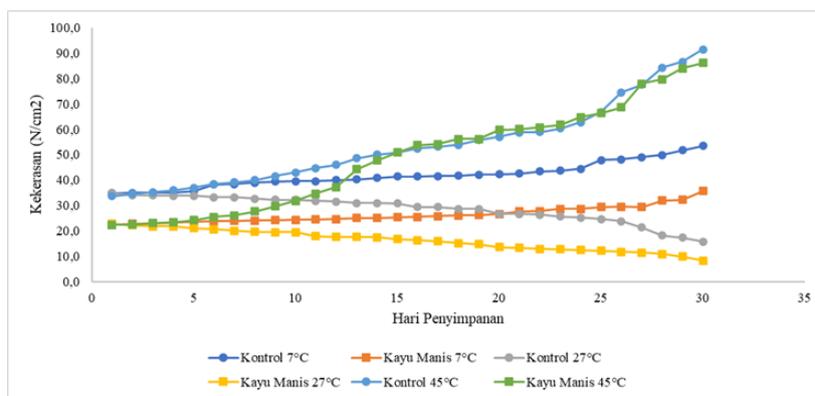
$\ln k = \ln k_0 - \frac{Ea}{RT}$(4)

Pengamatan Kekerasan

Uji kekerasan pada gula merah cetak dilakukan dengan menggunakan alat *force gauge*. *Force gauge* berfungsi untuk mengukur elastisitas, daya tahan dari tekanan, kelenturan suatu material. Pengujian dilakukan pada bagian tengah gula merah cetak, kemudian diulang sebanyak 3 kali dan dirata-ratakan. Kekerasan dinyatakan dalam satuan N/cm^2 .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekerasan merupakan salah satu faktor kualitas fisik yang sangat penting pada produk gula merah. Menurut SNI 01-6237-2000 gula merah cetak dengan kualitas yang baik memiliki tekstur dan struktur yang kompak, berpasir lembut serta tidak terlalu keras [1]. Gula memiliki sifat yang higroskopis (mudah menyerap air) karena adanya kandungan sukrosa sehingga daya simpan produk menjadi lebih pendek. Nilai kekerasan gula merah cetak tebu dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kekerasan Gula Tebu Cetak

Gambar 2 menunjukkan kekerasan gula tebu cetak pada perlakuan tanpa bubuk kayu manis dan bubuk kayu manis 0,255% pada suhu 7°C dan 45°C

mengalami kenaikan setiap harinya. Namun kekerasan gula tebu cetak pada perlakuan suhu 45°C memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan suhu 7°C.

Hal ini terjadi karena pada suhu tinggi kelembaban relatif (RH) di lingkungan menjadi rendah dan pada suhu tinggi kadar air pada gula tebu cetak mengalami penguapan selama penyimpanan yang mengakibatkan kekerasan pada gula tebu cetak meningkat. Oleh karena itu suhu dan kecepatan udara yang tinggi akan mempercepat proses penguapan pada permukaan dan bagian dalam partikel [4].

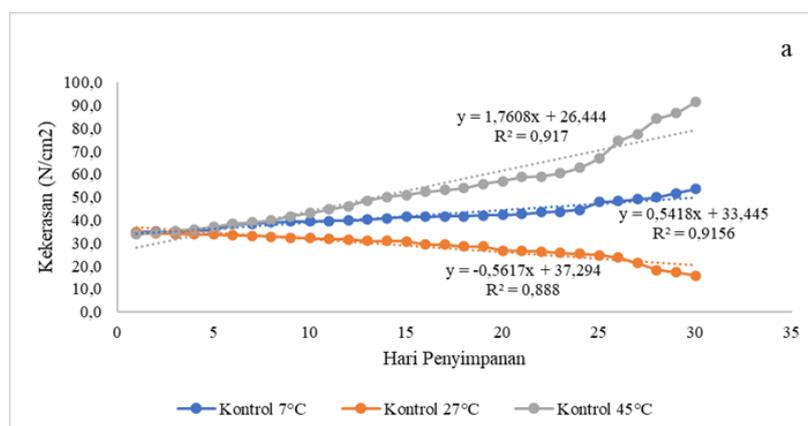
Gula tebu cetak yang diberikan perlakuan bahan tambahan berupa rempah akan menghasilkan produk dengan kadar air yang tinggi yang menyebabkan kekerasan pada gula tebu cetak menurun atau lembek. Bubuk kayu manis bersifat higroskopis sehingga mengikat air pada proses pemasakan gula tebu cetak sehingga gula tebu cetak yang dihasilkan mempunyai kadar air yang lebih tinggi. Pemberian bahan tambahan pada gula mengakibatkan *impurities* dalam gula semakin tinggi sehingga gula menjadi semakin higroskopis [6]. Kadar air sangat berpengaruh terhadap kekerasan dari gula tebu cetak. Semakin tinggi kadar air gula merah cetak maka kekerasan gula merah cetak akan semakin rendah, sebaliknya jika kadar air gula merah cetak rendah maka kekerasan gula merah cetak akan semakin tinggi [12].

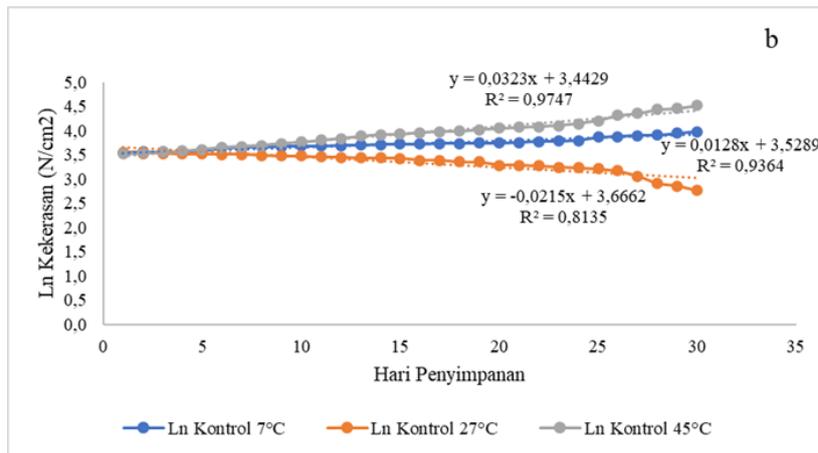
Selain bahan tambahan, kekerasan gula tebu cetak juga dipengaruhi oleh

suhu dan lama penyimpanan. Penyimpanan gula tebu cetak pada suhu 7°C memiliki nilai kekerasan yang semakin meningkat namun perubahannya tidak signifikan. Hal ini terjadi karena pada suhu dingin terjadi kesetimbangan udara. Penyimpanan gula tebu cetak pada suhu 27°C memiliki nilai kekerasan yang rendah dibandingkan dengan penyimpanan suhu 7°C dan suhu 45°C. Hal ini terjadi karena pada suhu ruang (27°C) RH pada lingkungan tinggi sehingga uap air yang ada di lingkungan akan diserap oleh produk yang mengakibatkan kadar air produk meningkat. Kenaikan kadar air pada produk gula tebu cetak mengakibatkan gula merah cetak menjadi lebih lembek sehingga kekerasan gula tebu cetak menjadi rendah.

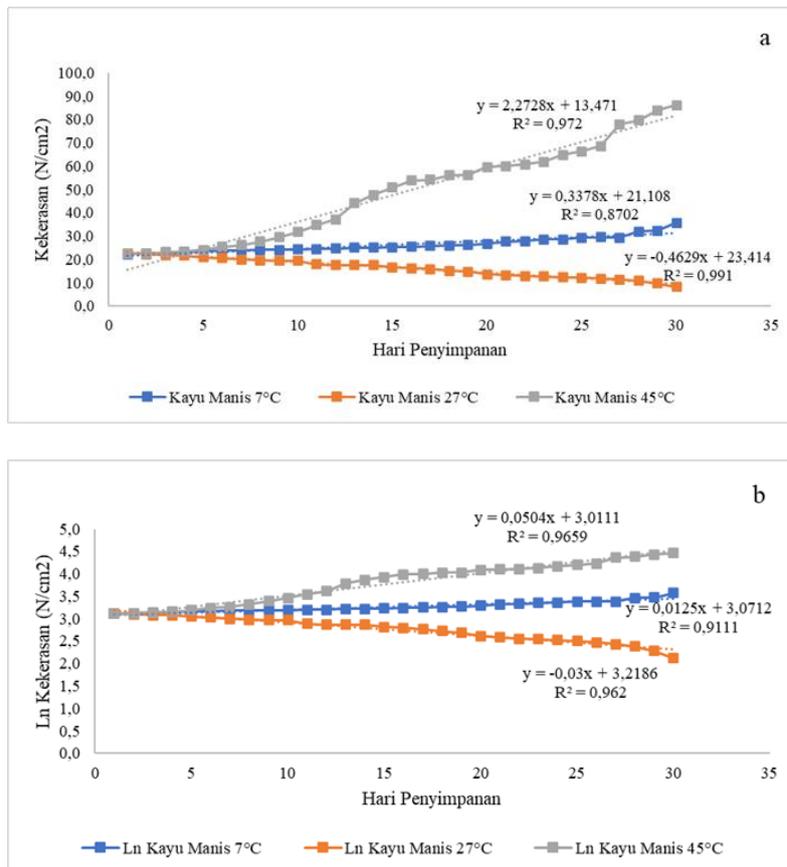
Kinetika Mutu Kekerasan Gula Tebu Cetak

Penentuan laju penurunan mutu gula tebu cetak diawali dengan penentuan orde reaksi dari parameter kekerasan. Nilai orde reaksi parameter kekerasan pada gula tebu cetak kontrol dan kayu manis dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.





Gambar 3. Orde Reaksi Perubahan Kekerasan Gula Tebu Cetak Kontrol; (a) reaksi orde 0; (b) reaksi orde 1



Gambar 4. Orde Reaksi Perubahan Kekerasan Gula Tebu Cetak Bubuk Kayu Manis; (a) reaksi orde 0; (b) reaksi orde 1

Tabel 1. Persamaan Regresi Linear Kekerasan Orde 0 dan Orde 1 Gula Merah Cetak Pada Perlakuan Kontrol

| Suhu | Persamaan Reaksi | | R | |
|------|-----------------------|-----------------------|--------|--------|
| | Orde Nol | Orde 1 | Orde 0 | Orde 1 |
| 7°C | $Y = 0,5418x+33,445$ | $Y = 0,0128x+3,5289$ | 0,9156 | 0,9364 |
| 27°C | $Y = -0,5617x+37,294$ | $Y = -0,0215x+3,6662$ | 0,888 | 0,8135 |
| 45°C | $Y = 1,7608x+26,444$ | $Y = 0,0323x+3,4429$ | 0,917 | 0,9747 |

Tabel 2. Persamaan Regresi Linear Kekerasan Orde 0 dan Orde 1 Gula Merah Cetak Pada Perlakuan Bubuk Kayu Manis

| Suhu | Persamaan Reaksi | | R | |
|------|-----------------------|--------------------|--------|--------|
| | Orde Nol | Orde 1 | Orde 0 | Orde 1 |
| 7°C | $Y = 0,3378x+21,108$ | $y=0,0125x+3,0712$ | 0,8702 | 0,9111 |
| 27°C | $Y = -0,4629x+23,414$ | $y=-0,03x+3,2186$ | 0,991 | 0,962 |
| 45°C | $Y = 2,2728x+13,471$ | $y=0,0504x+3,0111$ | 0,972 | 0,9659 |

Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan bahwa pada perlakuan gula tebu cetak kontrol nilai koefisien determinasi (R^2) orde 1 memiliki nilai lebih besar sehingga laju penurunan mutu kekerasan gula tebu cetak kontrol mengikuti orde reaksi 1. Sedangkan pada perlakuan bubuk kayu

manis nilai koefisien determinasi (R^2) orde 0 memiliki nilai lebih besar dibandingkan orde 1 sehingga laju penurunan mutu kekerasan gula tebu cetak bubuk kayu manis mengikuti orde reaksi 0.

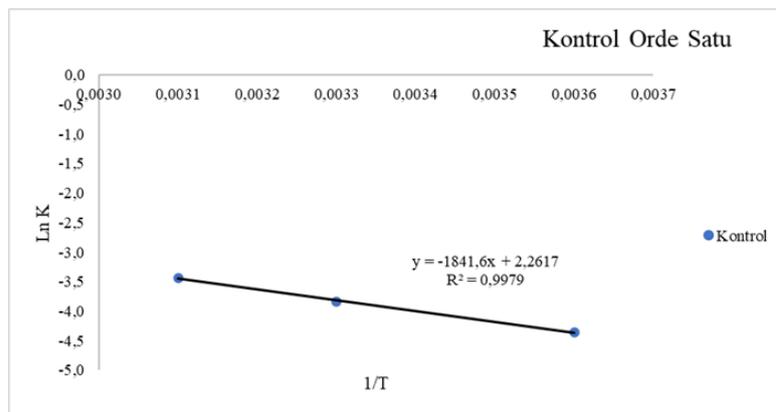
Tabel 3. Nilai Slope (k) untuk Setiap Perlakuan Parameter Kekerasan

| T (°C) | T (K) | 1/T | Perlakuan | | | |
|-----------|-------|--------|-----------|---------|------------------|---------|
| | | | Kontrol | | Bubuk Kayu Manis | |
| | | | k | Ln k | k | Ln k |
| 7°C | 280 | 0,0036 | 0,0128 | -4,3583 | 0,3378 | -1,0853 |
| 27°C | 300 | 0,0033 | 0,0215 | -3,8397 | 0,4629 | -0,7702 |
| 45°C | 318 | 0,0031 | 0,0323 | -3,4327 | 2,2728 | 0,8210 |

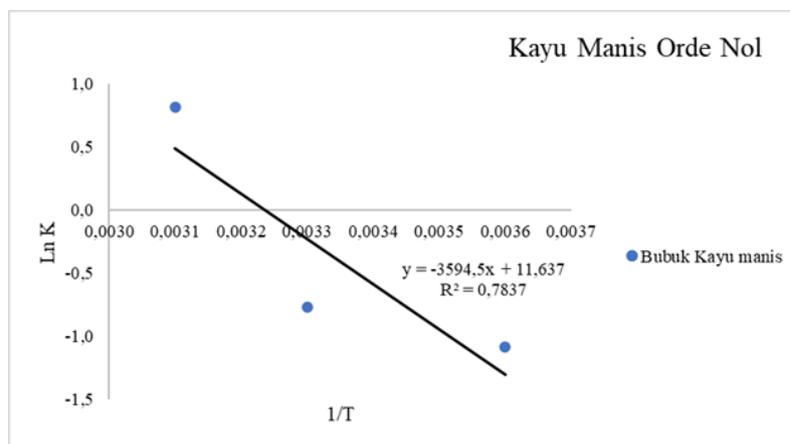
Nilai slope dari persamaan regresi yang didapat merupakan konstanta laju reaksi (k) pada suhu tertentu [11]. Nilai slope yang didapatkan dari persamaan regresi linear pada Tabel 3 merupakan nilai k dari berbagai suhu penyimpanan. Berdasarkan tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai penurunan mutu gula tebu cetak pada perlakuan bubuk kayu manis mengalami penurunan mutu lebih cepat dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

Selanjutnya semakin tinggi suhu maka penurunan mutu gula tebu cetak semakin besar.

Selanjutnya nilai k yang didapatkan dari suhu penyimpanan \ dibuat plot Arrhenius yang diperoleh dari meregresikan nilai ln k sebagai ordinat (sumbu y) dan nilai 1/T sebagai absis (sumbu x) yang dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Plot Arrhenius untuk Pengamatan Kekerasan pada Perlakuan Kontrol



Gambar 6. Plot Arrhenius untuk Pengamatan Kekerasan pada Perlakuan Bubuk Kayu Manis

Nilai E_a menunjukkan energi yang dibutuhkan untuk perubahan atribut kualitas, sehingga semakin besar E_a maka semakin besar pula energi yang dibutuhkan untuk bereaksi dan begitu juga sebaliknya. Berdasarkan Gambar 4 dan 5 dengan menggunakan persamaan 4, maka dihasilkan persamaan penurunan mutu kekerasan gula tebu cetak pada perlakuan kontrol yaitu $k = 9,5993 * e^{((-1841,6)/T)}$ dan pada perlakuan gula tebu cetak tebu kayu manis yaitu $k = 113210,0248 * e^{((-3594,5)/T)}$.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil riset menunjukkan bahwa gula tebu cetak yang diberi perlakuan bubuk kayu manis memiliki nilai kekerasan lebih rendah dibandingkan gula tebu cetak kontrol. Selain itu gula tebu cetak dengan bubuk kayu manis juga mengalami penurunan mutu lebih cepat. Hal ini dibuktikan dengan nilai k (penurunan mutu) pada berbagai suhu penyimpanan gula tebu cetak kayu manis lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol dengan nilai k 0,3378 pada suhu 7°C, 0,4629 pada suhu 27°C dan 2,2728 pada suhu 45°C.

Saran

Berdasarkan riset yang telah dilakukan penulis menyarankan penyimpanan gula tebu cetak pada suhu 7°C. Kemudian untuk kajian selanjutnya perlunya mengkaji kemasan yang baik untuk gula merah cetak tebu dengan tambahan bubuk kayu manis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2000). *Standarisasi Nasional Indonesia (SNI) 01-6237-2000: Gula Merah Tebu*. Badan Standarisasi Nasional (BSN), Jakarta.
- [2]. Bitibalyo, M., & Mustamu, Y. A. Kadar kemanisan tebu (*saccharum officinarum* L .) di kampung Wariori Indah distrik Masni kabupaten Manokwari. *Jurnal Agrotek*, 2021. 9(1) : p. 39–45.
- [3]. Skripsi, Erwinda, M.D., Pengaruh pH Nira Tebu dan Konsentrasi Penambahan Kapur Terhadap Kualitas Gula Merah, Teknologi Hasil Pertanian. 2013, Universitas Brawijaya: Malang. p. 21.
- [4]. Hasany, M.R., Afrianto, E., Pratama, R.I, Pendugaan Umur Simpan Menggunakan Metode Accelerated Shelf Life Test (Aslt) Model Arrhenius pada Fruit Nori. *Journal of Food Technology and Agroindustry*, 2017. 8(1): p. 37–42.
- [5]. Musita, N. Pengembangan Produk Gula Semut dari Aren dengan Penambahan Bubuk Rempah. *Warta Industri Hasil Pertanian*, 2019. 36(2): p.106.
- [6]. Natawijaya, D., Suhartono, S., & Undang, U, Analisis Rendemen Nira dan Kualitas Gula Aren (*Arenga pinnata* Merr.) di Kabupaten Tasikmalaya. *Jurnal Agroforestri Indonesia*, 2018. 1(1): p. 57–64.
- [7]. Praseptiangga, D., Nabila, Y., & Muhammad, D. R. A. Kajian Tingkat Penerimaan Panelis pada Dark Chocolate Bar dengan Penambahan Bubuk Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*). *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 2018. 33(1) : p. 78–88.
- [8]. Rahmawati, S., Asnila, A., Suherman, S., & Abram, P. H. Kinetika Reaksi Hidrolisis Pati Biji Alpukat (*Persea americana* Mill) dengan Katalis HCl. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 2020. 4(1): p. 120–131.
- [9]. Sarungallo, Z. L., Santoso, B., Tethool, E. F., Situngkir, R. U., & Tupamahu, J. Kinetika Perubahan Mutu Minyak Buah Merah (*Pandanus conoideus*) Selama Penyimpanan. *Agritech*, 2018. 38(1): p. 64.
- [10]. Sutrisno, C. D. N., & Susanto, W. H. Pengaruh Penambahan Jenis dan Konsentrasi Pasta (Santan dan Kacang) terhadap Kualitas Produk Gula Merah. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2014. 2(1): p. 97–105.
- [11]. Syska, K., Nuroniah, N. S., & Ropiudin, R. Pendugaan Umur Simpan Gula Kelapa Kristal dalam Kemasan Vakum menggunakan Metode Accelerated Shelf Life Test (ASLT) Model Arrhenius. *Rona Teknik Pertanian*, 2023. 16(1): p.69–80.
- [12]. Skripsi, Utami, M. F. (2008). Studi Pengembangan Usaha Gula Merah Tebu di Kabupaten Rembang, Teknologi Industri Pertanian. 2008, Institut Pertanian Bogor: Bogor. p.20.
- [13]. Wulandari, A., Waluyo, S., & Dwi

- Dian Novita. Prediksi Umur Simpan Kerupuk Kemplang dalam Kemasan Plastik Polipropilen Beberapa Ketebalan. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 2013. 2(2): p. 105–114.
- [14]. Yasser, M., Iqbal, A. M., Asfar, A., Irfan, A. M., Asfar, T., Rianti, M., Budianto, E., Pengembangan Produk Olahan Gula Merah Tebu dengan Pemanfaatan Ekstrak Herbal di Desa Latelang Kabupaten Bone. *Jurnal Panrita Abdi*, 2020. 4(1): p. 42–51.
- [15]. hang, W., Luo, Z., Wang, A., Gu, X., & Lv, Z. Kinetic models applied to quality change and shelf life prediction of kiwifruits. *LWT*, 2021. p. 138.