

# Kinetika Reaksi Warna Gula Merah Tebu Cetak dengan Penambahan Bubuk Kayu Manis

## Color Reaction Kinetics of Printed Cane Brown Sugar with the Addition of Cinnamon Powder

Cindy Fatika Sari, Andasuryani\*, Dinah Cherie

Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, Padang 25163, Indonesia

\*E-mail: andasuryani@ae.unand.ac.id

Diterima: 5 Juni 2024; Disetujui: 5 Juli 2024

### ABSTRAK

Gula merah tebu cetak merupakan produk olahan nira tebu yang dihasilkan melalui proses penguapan. Penambahan bubuk kayu manis pada gula tebu memberikan manfaat tambahan bagi kesehatan tubuh. Salah satu kriteria mutu gula merah tebu cetak adalah warna. Warna gula tebu cetak mengalami perubahan selama masa penyimpanan; gula menjadi lebih berwarna coklat. Kinetika reaksi dengan metode Arrhenius digunakan untuk menentukan laju perubahan warna gula tebu cetak dengan penambahan bubuk kayu manis (0,255%) dan tanpa penambahan bubuk kayu manis (0%, kontrol). Gula merah tebu cetak disimpan pada tiga suhu berbeda: 7°C, 27°C, dan 45°C selama periode 30 hari, dengan pengamatan setiap tiga hari. Hasil analisis kinetika warna gula tebu cetak menunjukkan nilai laju penurunan ( $k$ ) sebesar 0,1512; 0,1815 dan 0,2177 berturut-turut pada suhu 7°C, 27°C, dan 45°C untuk parameter *light*. Sementara itu, nilai laju penurunan ( $k$ ) sebesar 0,7861; 0,8147 dan 0,9747 berturut-turut pada suhu 7°C, 27°C, dan 45°C untuk parameter *hue*. Hasil penelitian ini menemukan bahwa kualitas gula merah tebu cetak yang ditambahkan bubuk kayu manis berdasarkan parameter warna lebih cepat menurun dibandingkan gula merah tebu cetak kontrol. Hasil ini juga menunjukkan bahwa suhu penyimpanan 7°C memiliki laju penurunan warna gula merah tebu cetak yang lebih lambat dibandingkan dengan suhu 27°C dan 45°C. Persamaan penurunan mutu warna (*light*) gula merah tebu cetak pada perlakuan kontrol yaitu  $k = 28,7489 e^{((-407.74)/T)}$  dan pada perlakuan gula merah tebu cetak kayu manis yaitu  $k = 1,9971 e^{((-719.54)/T)}$ . Selanjutnya persamaan penurunan mutu warna (*hue*) gula merah tebu cetak pada perlakuan kontrol yaitu  $k = 1,1638 e^{((-1276.1)/T)}$  dan pada perlakuan gula merah tebu cetak kayu manis yaitu  $k = 3,3026 e^{((-405.54)/T)}$ .

**Kata kunci:** bubuk kayu manis; gula tebu cetak; model kinetika; suhu

### ABSTRACT

Molded cane brown sugar is a processed product of sugarcane sap produced through the evaporation process. The addition of cinnamon powder to cane sugar provides additional benefits for the health of the body. One of the quality criteria of printed cane brown sugar is color. The color of printed cane sugar changes during the storage period; the sugar becomes more brown in color. Reaction kinetics using the Arrhenius method was used to determine the rate of color change of printed cane sugar with cinnamon powder addition (0.255%) and without cinnamon powder addition (0%, control). The printed cane brown sugar was stored at three different temperatures: 7°C, 27°C, and 45°C over a period of 30 days, with observations every three days. The results of the color kinetics analysis of printed cane sugar showed the rate of decrease ( $k$ ) values of 0.1512; 0.1815 and 0.2177 at 7°C, 27°C, and 45°C for the *light* parameter, respectively. Meanwhile, the rate of decrease ( $k$ ) values were 0.7861; 0.8147 and 0.9747 at 7°C, 27°C, and 45°C respectively for the *hue* parameter. The results of this study found that the quality of printed sugar cane brown sugar added with cinnamon powder based on color parameters decreased faster than the control printed sugar cane brown sugar. The results also showed that a storage temperature of 7°C had a slower rate of color degradation of printed sugar cane brown sugar compared to 27°C and 45°C. The equation for the decrease in color quality (*light*) of printed sugar cane brown sugar in the control treatment is  $k = 28,7489 e^{((-407.74)/T)}$  and in the treatment of cinnamon printed sugar cane brown sugar is  $k = 1,9971 e^{((-719.54)/T)}$ . Furthermore, the equation for the decrease in color quality (*hue*) of printed sugar cane brown sugar in the control treatment is  $k = 1,1638 e^{((-1276.1)/T)}$  and in the cinnamon printed sugar cane brown sugar treatment is  $k = 3,3026 e^{((-405.54)/T)}$ .

**Keywords:** cinnamon powder; molded cane sugar; kinetic model; temperature

### PENDAHULUAN

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan komoditas penting yang menjadi bahan baku utama penghasil gula yang telah lama dibudidayakan di Indonesia khususnya Pulau Jawa dan Sumatera. Tanaman tebu dapat tumbuh di dataran yang beriklim tropis dan dapat dipanen setelah berumur kurang lebih 12 bulan (Bitibalyo dan Mustamu, 2021). Tanaman tebu sangat potensial untuk terus dikembangkan dan menghasilkan berbagai produk agroindustri untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, salah satunya adalah gula merah tebu cetak. Gula merah memiliki

rasa sedikit asam karena adanya kandungan asam organik sehingga gula merah mempunyai aroma yang khas, sedikit asam dan berbau karamel (Erwinda, 2013).

Gula merah tebu cetak adalah produk gula yang berasal dari tebu yang diperoleh dari penguapan dan memekatkan ekstrak tebu yang telah dipres kemudian dikristalisasi (Darma, 2019). Kualitas mutu gula merah tebu cetak dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan bubuk kayu manis. Wang *et al.* (2008) menyatakan bahwa komponen mayor minyak atsiri yang terkandung di dalam kayu manis adalah sinamaldehyd (60,72%), eugenol (17,62%) dan kumarin (13,39%). Sinamaldehyd pada kayu manis tidak hanya

memiliki nilai fungsional sebagai antioksidan, namun juga dapat berfungsi sebagai komponen antimikroba serta memperkuat cita rasa dan aroma apabila ditambahkan ke dalam makanan. Penambahan bubuk kayu manis akan menyamarkan aroma khas tebu dan memiliki efek kesehatan bagi tubuh. Kayu manis selain dimanfaatkan sebagai bumbu dapur dan pembuatan jamu karena memiliki aroma yang khas juga mengandung senyawa aktif yang memiliki efek kesehatan seperti menurunkan kolesterol, menurunkan kadar gula darah, antijamur, antivirus dan anti bakteri (Praseptiangga *et al.*, 2018).

Mutu gula merah tebu cetak dapat dilihat dari perubahan fisik gula, salah satunya adalah warna. Warna gula merah tebu cetak ditentukan oleh mutu nira yang digunakan dan proses pengolahan. Warna kecoklatan pada gula merah tebu cetak juga disebabkan adanya reaksi *browning maillard* dan reaksi karamelisasi. Selain itu suhu pemasakan juga mempengaruhi warna gula merah tebu cetak yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu pemasakan yang digunakan maka semakin tinggi intensitas warna gula merah tebu cetak yang dihasilkan. Gula merah cetak yang mempunyai warna lebih cerah dianggap memiliki kualitas yang lebih baik (Utami, 2008).

Penentuan laju perubahan warna gula merah tebu cetak dapat menggunakan kinetika reaksi untuk mengetahui tingkat penurunan mutu produk. Model kinetika digunakan untuk menggambarkan perubahan kualitas produk baik internal maupun eksternal. Selain itu model kinetika juga digunakan untuk menggambarkan pembentukan senyawa yang tidak diinginkan, agregasi dalam pembentukan tekstur dan inaktivasi enzim dan mikroorganisme (Zhang *et al.*, 2021). Mekanisme reaksi dan konstanta laju reaksi dapat digunakan untuk menentukan pilihan pada suatu kondisi proses atau penyimpanan terbaik yang dapat memberikan mutu produk yang optimum (Rahmawati *et al.*, 2020). Metode yang tepat untuk menggambarkan pengaruh suhu terhadap laju kerusakan produk adalah metode Arrhenius. Penggunaan model Arrhenius dapat digunakan untuk menjelaskan laju perubahan mutu sebagai fungsi waktu pada suhu tertentu (Sarungallo *et al.*, 2018).

Salah satu kriteria mutu gula merah tebu cetak adalah warna. Berdasarkan warnanya konsumen dapat menentukan kualitas gula tebu cetak yang baik. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengkaji laju perubahan warna gula merah tebu cetak dengan penambahan bubuk kayu manis menggunakan metode Arrhenius.

## METODOLOGI

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cetakan silikon (*silicon mold*) gula tebu cetak berbentuk *love* dengan ukuran diameter 1 cm, termometer, kotak inkubator, lemari pendingin, kemasan *polyethylene*, *force gauge* dan *colorimeter*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 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*). 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.

### Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dengan perlakuan yaitu pemberian konsentrasi bubuk kayu manis 0% (b/b) dan konsentrasi 0,255% (b/b) dan suhu penyimpanan (7°C, 27°C dan 45°C)

dengan tiga kali ulangan. Penggunaan bubuk kayu manis 0,255% bertujuan untuk melihat pengaruh bubuk kayu manis terhadap mutu gula merah cetak selama penyimpanan.

### Pemasakan Nira

Nira sebanyak 60 liter dimasukkan ke dalam wajan dan dipanaskan menggunakan api besar. Suhu pemasakan yang digunakan yaitu 110°C. Setelah 30 menit, nira akan mengeluarkan buih putih yang mengandung residu halus. Residu halus tersebut harus dikeluarkan dari wajan dengan menggunakan saringan. Selanjutnya, nira ditutup menggunakan keranjang yang pada bagian tengahnya berlubang agar selama proses pemasakan buih tidak tumpah. Setelah beberapa saat nira akan menyusut yang menandakan nira hampir masak. Selanjutnya tambahkan bubuk kayu manis dengan konsentrasi 0,255% per liter nira untuk perlakuan kayu manis. 20 menit setelah bubuk kayu manis dimasukkan, nira diangkat dan siap untuk dicetak.

### Pencetakan

Nira yang sudah masak terus diaduk sebelum dimasukkan ke dalam cetakan agar mempercepat penguapan air dan menghasilkan warna gula yang seragam. Gula dicetak menggunakan cetakan silikon yang terlebih dahulu dibasahi dengan air agar mempermudah pelepasan gula cetak tebu dari cetakan.

### Penyimpanan

Gula tebu dimasukkan ke dalam kemasan *polyethylene* (PE) ukuran 3 x 5 cm dan disimpan pada tiga suhu penyimpanan, yaitu suhu 7°C, suhu 27°C dan suhu 45°C. Gula tebu cetak disimpan selama 30 hari penyimpanan.

### Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah warna gula merah tebu cetak. Uji warna dilakukan dengan menggunakan alat *colorimeter* dengan parameter yang dibaca adalah L, a dan b. Pengukuran dilakukan dengan cara menempelkan alat *colorimeter* pada produk gula merah tebu cetak pada satu titik sehingga alat akan menghasilkan nilai L, a dan b dari produk. Perubahan warna pada gula tebu cetak dapat dilihat dengan menghitung nilai h (*hue*) (persamaan 1). *Hue* merupakan jenis warna atau arah dan posisi warna dalam spektrum warna. Nilai *hue* dinyatakan dalam derajat (°).

$$h = \tan^{-1} \frac{b}{a} \quad (1)$$

L (*light*) merupakan intensitas atau kecerahan dari cahaya yang diukur. Nilai *light* yang tinggi menunjukkan bahwa warna yang diukur memiliki kecerahan lebih terang. Sebaliknya, nilai *light* yang rendah menunjukkan warna yang diukur memiliki kecerahan yang rendah atau lebih gelap. Nilai *light* dinyatakan dalam skala numerik 0-100.

### Penentuan Model Kinetika

Secara umum perubahan kualitas produk selama penyimpanan dijelaskan dalam kinetika orde nol, pertama atau lebih tinggi (Zhang *et al.*, 2021). Bentuk integrasi dari model reaksi orde nol dan satu ditunjukkan pada Persamaan 2 dan 3.

$$\text{Orde nol: } M_t = M_0 - kt \quad (2)$$

$$\text{Orde satu: } M_t = M_0 e^{-kt} \quad (3)$$

dimana  $M_t$  adalah nilai indeks kualitas pada waktu tertentu,  $M_0$  adalah indeks kualitas pada kondisi awal,  $t$  adalah waktu penyimpanan,  $k$  adalah laju reaksi. Laju reaksi ( $k$ ) bervariasi dengan suhu sistem.

Ketergantungan suhu dari laju reaksi dijelaskan menggunakan model Arrhenius (Zhang *et al.*, 2021) yang ditunjukkan pada Persamaan 4.

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

dimana  $E_a$  adalah energi aktivasi (kJ/mol),  $R$  adalah konstanta gas (8,314 J/mol. K, dan  $T$  adalah suhu penyimpanan (K).

Data pengukuran parameter warna pada tiga kondisi suhu penyimpanan diplotkan terhadap waktu dan ditentukan persamaan matematisnya berdasarkan orde reaksi (persamaan 2 dan 3). Orde reaksi yang dipilih adalah orde reaksi yang mempunyai nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) terbesar. Nilai *slope* ( $b$ ) dari masing-masing persamaan menunjukkan laju penurunan mutu ( $k$ ).

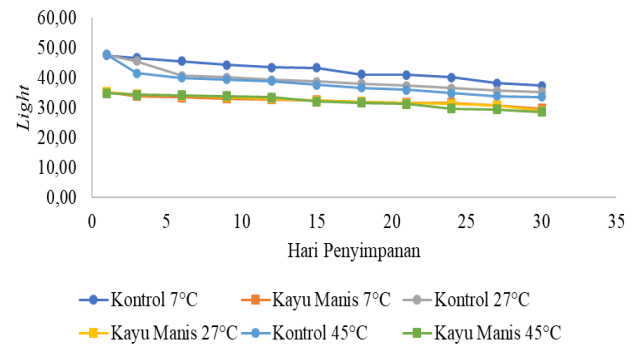
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perubahan Warna Gula Merah Tebu Cetak selama Penyimpanan

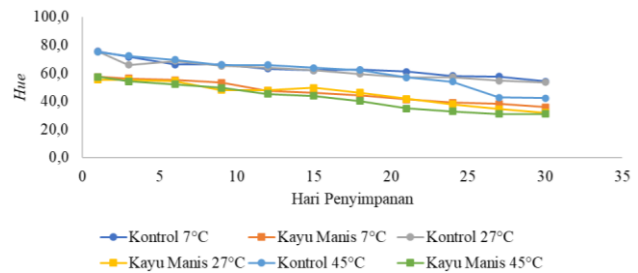
Warna merupakan salah satu faktor yang menentukan kualitas produk dan penerimaan bagi konsumen. Menurut Syska, *et al.*, (2023) warna mempengaruhi mutu dan kesukaan panelis terhadap produk. Nilai pengamatan yang diambil selama penyimpanan gula merah cetak adalah kecerahan warna gula yang diukur dalam nilai *light* (L), *a* dan *b*.

Kecerahan gula merah cetak dengan perlakuan pengaruh bahan tambahan dan tingkat suhu penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 1. Penurunan nilai kecerahan gula tebu cetak yang paling besar terdapat pada perlakuan tanpa tambahan bubuk kayu manis dan pada suhu penyimpanan 45°C. Sementara, penurunan kecerahan gula tebu cetak yang paling rendah terdapat pada perlakuan tanpa bahan tambahan dan pada suhu penyimpanan 7°C. Penurunan kecerahan pada gula tebu cetak dipengaruhi oleh suhu penyimpanan, dimana semakin tinggi suhu penyimpanan maka kecerahan produk semakin rendah (semakin gelap). Hal ini sejalan dengan studi yang dilaporkan oleh Syska *et al.*, (2023) bahwa semakin lama produk disimpan pada suhu tinggi, maka semakin banyak senyawa melanoid yang dihasilkan sehingga produk semakin coklat.

Perubahan warna gula merah tebu cetak selama 30 hari penyimpanan menyebabkan warna gula tebu cetak semakin gelap sehingga menurunkan nilai mutunya. Perubahan warna pada gula merah cetak juga disebabkan oleh penambahan bubuk kayu manis. Penambahan bubuk kayu manis secara keseluruhan pada gula merah cetak memberikan pengaruh pada karakteristik fisik yaitu warna, aroma, rasa dan tekstur. Kayu manis memiliki kandungan senyawa *polifenol* yang memiliki aktivitas antioksidan kuat. Terutama *proanthocyanidins* dan sinamaldehyd yang dapat bereaksi dengan komponen gula sehingga mempercepat reaksi *Maillard* dan karamelisasi dan menyebabkan perubahan warna lebih cepat. Selain itu, kayu manis memiliki pH yang cenderung asam. Lingkungan asam dapat mempercepat hidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa (gula inversi). Gula inversi ini lebih reaktif dan mudah mengalami reaksi pencoklatan non-enzimatis (reaksi *Maillard*) (Rao *et al.*, 2014).



Gambar 1. Nilai *Light* Gula Merah Tebu Cetak



Gambar 2. Nilai *Hue* Gula Merah Tebu Cetak

Warna kecoklatan pada gula tebu cetak disebabkan adanya reaksi pencoklatan non-enzimatis *Maillard* dan reaksi karamelisasi. Reaksi *Maillard* dicirikan dengan terjadinya pencoklatan non enzimatis antara gula pereduksi dan asam amino bebas yang reaktif dari protein (Musita, 2019). Reaksi *Maillard*:  $R-NH_2$  (asam amino) +  $R'-CHO$  (gula pereduksi)  $\rightarrow R-N=CH-R'$  (basa Schiff) +  $H_2O$  Basa Schiff kemudian mengalami serangkaian reaksi kompleks membentuk senyawa berwarna coklat (melanoidin). Sementara itu, reaksi karamelisasi adalah proses pencoklatan non enzimatis yang meliputi degradasi gula tanpa adanya asam amino, yang menghasilkan produk akhir berupa polimer tanpa nitrogen berwarna coklat (Musita, 2019). Terjadinya reaksi *maillard* pada gula merah mengakibatkan nilai kecerahan (L) pada gula merah menurun, sedangkan nilai kemerahan (a) meningkat (Erwinda, 2013). Nilai kekuningan (b) pada gula merah berbanding lurus dengan nilai kecerahan (L) dan berbanding terbalik dengan nilai kemerahan (a). Semakin rendah rerata nilai kemerahan maka rerata nilai kecerahan dan kekuningan gula merah semakin tinggi (Erwinda, 2013).

Berdasarkan hasil uji ANOVA gula merah tebu cetak pada Tabel 1 menunjukkan bahwa konsentrasi bubuk kayu manis berpengaruh terhadap nilai *light* pada gula merah cetak yang dapat dilihat bahwa *P-Value* < 0,05 sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Kemudian tingkat suhu penyimpanan juga berpengaruh terhadap *light* gula merah cetak yang dapat dilihat bahwa *P-Value* < 0,05 sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Selanjutnya kombinasi antara pengaruh bahan tambahan dan suhu penyimpanan memiliki nilai *P-Value* < 0,05 sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima, yang artinya adanya pengaruh konsentrasi bubuk kayu manis dan suhu penyimpanan terhadap nilai *light* gula merah cetak.

Tabel 1. Uji ANOVA *Light* gula merah tebu cetak

| Sumber Keceragaman               | Derajat Bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat Tengah | F hitung | P-Value(>F)   |
|----------------------------------|---------------|----------------|----------------|----------|---------------|
| Konsentrasi bubuk kayu manis (A) | 1             | 272,533        | 272,533        | 4115,78  | < 2,2e-16 *** |
| Tingkat Suhu (B)                 | 2             | 16,612         | 8,306          | 125,44   | 9,050e-09 *** |
| AB                               | 2             | 13,944         | 6,972          | 105,29   | 2,456e-08 *** |
| Galat                            | 12            | 0,795          | 0,066          |          |               |
| Total                            | 17            |                |                |          |               |

Keterangan: \*\*\* = sangat-sangat signifikan

Tabel 2. Uji ANOVA *hue* gula merah tebu cetak

| Sumber Keragaman                 | Derajat Bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat Tengah | F hitung  | P- Value(>F)  |
|----------------------------------|---------------|----------------|----------------|-----------|---------------|
| Konsentrasi Bubuk Kayu Manis (A) | 1             | 1305,61        | 1305,61        | 16712,338 | < 2,2e-16 *** |
| Tingkat suhu (B)                 | 2             | 29,64          | 14,82          | 189,688   | 8,308e-10 *** |
| AB                               | 2             | 2,23           | 1,11           | 14,255    | 0,0006757 *** |
| Galat                            | 12            | 0,94           | 0,08           |           |               |
| Total                            | 17            |                |                |           |               |

Keterangan: \*\*\* = sangat-sangat signifikan

Tabel 3. Persamaan regresi linear *light* orde 0 dan orde 1 gula merah tebu cetak pada perlakuan kontrol

|      | Persamaan Reaksi        |                         |        | R <sup>2</sup> |
|------|-------------------------|-------------------------|--------|----------------|
|      | Orde Nol                | Orde 1                  | Orde 0 | Orde 1         |
| 7°C  | $y = -0,3368x + 47,63$  | $y = -0,008x + 3,868$   | 0,9874 | 0,9844         |
| 27°C | $y = -0,3684x + 45,058$ | $y = -0,0091x + 3,8096$ | 0,8480 | 0,8774         |
| 45°C | $y = -0,3822x + 43,923$ | $y = -0,0098x + 3,7851$ | 0,8502 | 0,8886         |

Tabel 4. Persamaan regresi linear *light* orde 0 dan orde 1 gula merah tebu cetak pada perlakuan bubuk kayu manis

| Suhu | Persamaan Reaksi        |                         |        | R <sup>2</sup> |
|------|-------------------------|-------------------------|--------|----------------|
|      | Orde Nol                | Orde 1                  | Orde 0 | Orde 1         |
| 7°C  | $y = -0,1512x + 34,626$ | $y = -0,0047x + 3,5461$ | 0,9474 | 0,9468         |
| 27°C | $y = -0,1815x + 35,162$ | $y = -0,0056x + 3,5625$ | 0,9644 | 0,9573         |
| 45°C | $y = -0,2177x + 35,372$ | $y = -0,0069x + 3,5698$ | 0,9711 | 0,9656         |

Tabel 5. Nilai *slope* (k) untuk setiap parameter *light*

| T (°C) | Perlakuan |        |         |         |                  |         |
|--------|-----------|--------|---------|---------|------------------|---------|
|        | T (K)     | 1/T    | Kontrol |         | Bubuk Kayu Manis |         |
|        |           |        | k       | Ln k    | k                | Ln k    |
| 7°C    | 280       | 0,0036 | 0,008   | -4,8283 | 0,1512           | -1,8892 |
| 27°C   | 300       | 0,0033 | 0,0091  | -4,6995 | 0,1815           | -1,7065 |
| 45°C   | 318       | 0,0031 | 0,0098  | -4,6254 | 0,2177           | -1,5246 |

Gambar 2 menunjukkan nilai *hue* pada gula merah tebu cetak. Selama proses penyimpanan terjadi perubahan warna pada gula merah tebu cetak dari kuning ke coklat. Hal

ini diakibatkan oleh suhu penyimpanan, dimana semakin tinggi suhu penyimpanan maka warna pada gula merah tebu cetak semakin coklat. Selain itu, penambahan bubuk kayu

manis juga mempengaruhi warna pada gula merah tebu cetak. Gula merah tebu cetak dengan tambahan bubuk kayu manis memberikan warna yang lebih gelap dibandingkan dengan gula tebu cetak kontrol. Penambahan rempah selain bubuk kayu manis juga dapat mempengaruhi warna pada gula merah tebu cetak seperti bubuk jahe, kencur, kunyit, cengkeh, pala, daun pandan dan ekstrak kulit buah. Pemberian bahan aditif lainnya dapat memberikan variasi baru pada produksi gula merah tebu cetak.

Pembentukan warna pada gula merah tebu cetak juga dipengaruhi oleh kondisi bahan baku dan proses pembuatannya. Pembentukan warna pada gula merah terjadi karena adanya reaksi *browning maillard* dan karamelisasi, yang menyebabkan terdapatnya warna kecoklatan yang dihasilkan dari pigmen melanoidin (pigmen warna coklat) (Yuwana, *et al.*, 2022). Kondisi bahan baku meliputi segar atau asam nira yang digunakan dan komposisi kimia nira, sedangkan proses pembuatannya meliputi suhu pemasakan, pengadukan selama pemasakan serta kondisi kebersihan proses dan alat-alat yang digunakan selama proses pemasakan (Nurlela, 2002). Semakin tinggi suhu pemasakan akan semakin cepat terjadinya reaksi karamelisasi. Suhu yang tinggi dapat mengeluarkan molekul air dari setiap gula, sehingga tersisa cairan sukrosa yang lebur dan meningkatkan intensitas warna pada gula merah cetak (Mita, *et al.*, 2022).

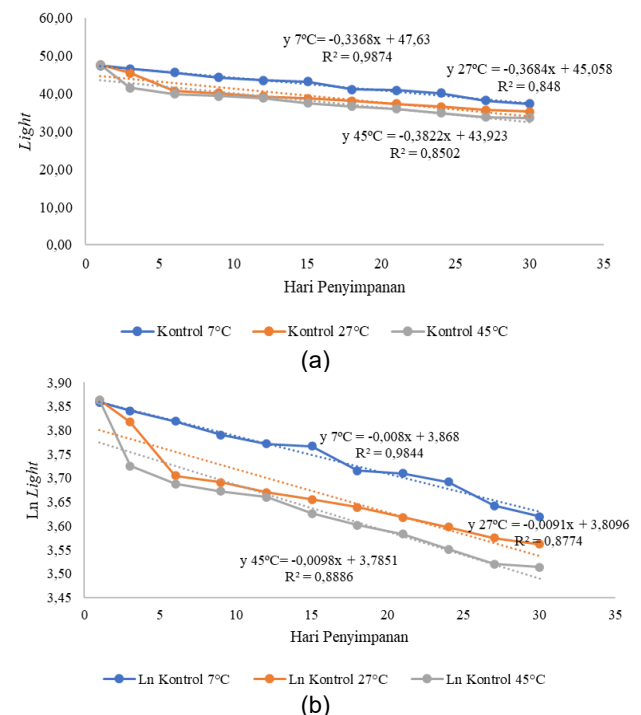
Berdasarkan hasil uji ANOVA yang dapat dilihat pada Tabel 2 menunjukkan bahwa konsentrasi bubuk kayu manis berpengaruh terhadap nilai *hue* gula merah cetak yang ditunjukkan dengan nilai *P-Value* < 0,05 sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Tingkat suhu penyimpanan juga berpengaruh terhadap nilai *hue* gula merah cetak yang ditunjukkan dengan nilai *P-Value* < 0,05 sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Nilai interaksi antara konsentrasi bubuk kayu manis dan tingkat suhu penyimpanan memiliki nilai *P-Value* < 0,05 sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima yang artinya adanya pengaruh konsentrasi bubuk kayu manis dan tingkat suhu penyimpanan terhadap nilai *hue* gula merah cetak.

### Kinetika Mutu Warna Gula Merah Tebu Cetak Parameter warna-Light

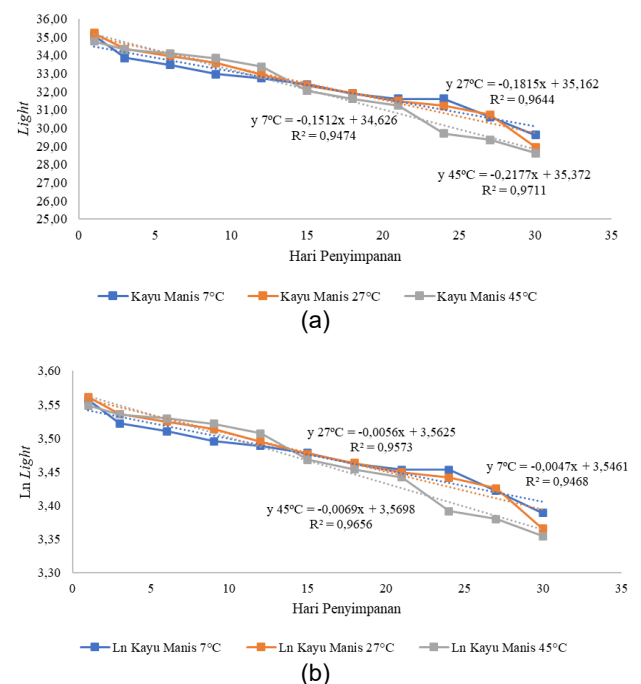
Penentuan laju penurunan mutu gula merah tebu cetak diawali dengan penentuan orde reaksi dari parameter warna-*Light*. Nilai orde reaksi parameter warna-*Light* pada gula merah tebu cetak kontrol dan kayu manis dapat dilihat pada Gambar 3 - 4. Terlihat pada perlakuan kontrol, nilai  $R^2$  orde 1 lebih besar daripada nilai  $R^2$  orde 0, sehingga laju penurunan mutu *Light* gula merah tebu cetak pada perlakuan kontrol mengikuti reaksi orde 1. Sementara itu, perlakuan bubuk kayu manis memperlihatkan nilai  $R^2$  orde 0 lebih besar daripada nilai  $R^2$  orde 1, sehingga laju penurunan mutu *Light* gula tebu cetak pada perlakuan bubuk kayu manis mengikuti reaksi orde 0. Persamaan regresi dan nilai  $R^2$  pada masing-masing perlakuan pada suhu penyimpanan yang berbeda untuk parameter *Light* selengkapnya ditampilkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Nilai *slope* dari persamaan regresi merupakan konstanta laju reaksi (*k*) pada suhu tertentu (Syska, *et al.*, 2023). Selanjutnya, nilai *k* untuk parameter *Light* dari masing-masing perlakuan ditampilkan pada Tabel 5. Nilai *k* negatif, menunjukkan terjadinya penurunan *light* gula merah tebu cetak selama penyimpanan. Nilai *k* terbesar terdapat pada perlakuan penambahan bubuk kayu manis dengan suhu penyimpanan 45°C. Pada suhu 45°C ini, nilai *Light* gula tebu cetak akan berkurang setiap hari sebesar 0,2177. Nilai *k* terkecil terdapat pada perlakuan kontrol dengan suhu penyimpanan 7°C. Pada suhu 7°C ini, nilai *Light* gula tebu cetak akan berkurang setiap hari sebesar 0,008. Hasil ini

memperlihatkan bahwa pemberian bubuk kayu manis mempercepat perubahan nilai *Light* gula merah tebu cetak dibandingkan dengan perlakuan tanpa bubuk kayu manis. Disamping itu, semakin tinggi suhu penyimpanan maka laju penurunan *Light* juga akan semakin besar.



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



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

Selanjutnya, nilai *k* dalam bentuk  $\ln k$  dan suhu penyimpanan dalam satuan K diplotkan untuk mendapatkan persamaan Arrhenius. Nilai  $\ln k$  sebagai ordinat (sumbu y)

dan nilai  $1/T$  sebagai absis (sumbu x) yang dapat dilihat pada Gambar 5. Nilai  $E_a$  menunjukkan energi minimum yang diperlukan untuk perubahan atribut mutu, yang menentukan cepat atau lambatnya suatu reaksi berlangsung.  $E_a$  yang rendah berlangsung lebih cepat dan sebaliknya  $E_a$  yang tinggi terjadi lebih lambat. Persamaan Arrhenius untuk perubahan parameter warna-*Light* gula merah tebu cetak pada perlakuan kontrol yaitu  $k = 28,7489 e^{((-407,74)1/T)}$  dan pada perlakuan gula merah tebu

cetak pada perlakuan penambahan bubuk kayu manis yaitu  $k = 1,9971 e^{((-719,54)1/T)}$ . Berdasarkan persamaan Arrhenius nilai *Light* yang didapatkan gula merah tebu cetak kontrol memiliki nilai  $E_a$  (407,74 ) lebih kecil dibandingkan nilai  $E_a$  gula merah tebu cetak perlakuan bubuk kayu manis (719,54 ). Hal ini mengindikasikan bahwa gula merah tebu cetak kontrol lebih cepat mengalami perubahan nilai *Light*.

Tabel 6. Persamaan regresi linear *hue* orde 0 dan orde 1 gula merah tebu cetak pada perlakuan kontrol

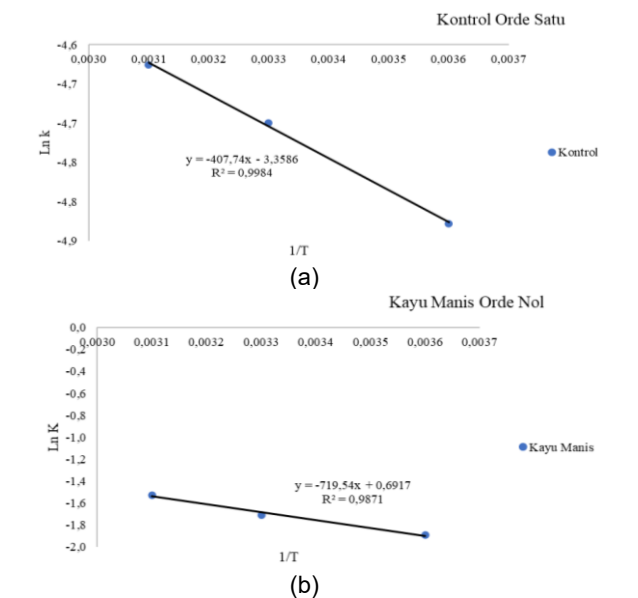
| Suhu | Persamaan Reaksi        |                         | R <sup>2</sup> |        |
|------|-------------------------|-------------------------|----------------|--------|
|      | Orde Nol                | Orde 1                  | Orde 0         | Orde 1 |
| 7°C  | $y = -0,6062x + 72,568$ | $y = -0,0095x + 4,2887$ | 0,9091         | 0,9252 |
| 27°C | $y = -0,6371x + 71,673$ | $y = -0,0102x + 4,2773$ | 0,9161         | 0,9359 |
| 45°C | $y = -1,0814x + 77,263$ | $y = -0,0188x + 4,3771$ | 0,9299         | 0,8885 |

Tabel 7. Persamaan regresi linear *hue* orde 0 dan orde 1 gula merah tebu cetak pada perlakuan kayu manis

| Suhu | Persamaan Reaksi        |                         | R      |        |
|------|-------------------------|-------------------------|--------|--------|
|      | Orde Nol                | Orde 1                  | Orde 0 | Orde 1 |
| 7°C  | $y = -0,7861x + 58,548$ | $y = -0,017x + 4,0874$  | 0,9822 | 0,9864 |
| 27°C | $y = -0,8147x + 57,996$ | $y = -0,0187x + 4,0878$ | 0,9391 | 0,9183 |
| 45°C | $y = -0,9747x + 57,645$ | $y = -0,0231x + 4,0855$ | 0,9819 | 0,9810 |

Tabel 8. Nilai *slope* (k) untuk setiap perlakuan dengan parameter *hue*

| T (°C) | T (K) | 1/T    | Perlakuan |         |            |         |
|--------|-------|--------|-----------|---------|------------|---------|
|        |       |        | Kontrol   |         | Kayu Manis |         |
|        |       |        | k         | Ln k    | k          | Ln k    |
| 7°C    | 280   | 0,0036 | 0,0095    | -4,6565 | 0,7861     | -0,2407 |
| 27°C   | 300   | 0,0033 | 0,0102    | -4,5854 | 0,8147     | -0,2049 |
| 45°C   | 318   | 0,0031 | 0,0188    | -3,9739 | 0,9747     | -0,0256 |



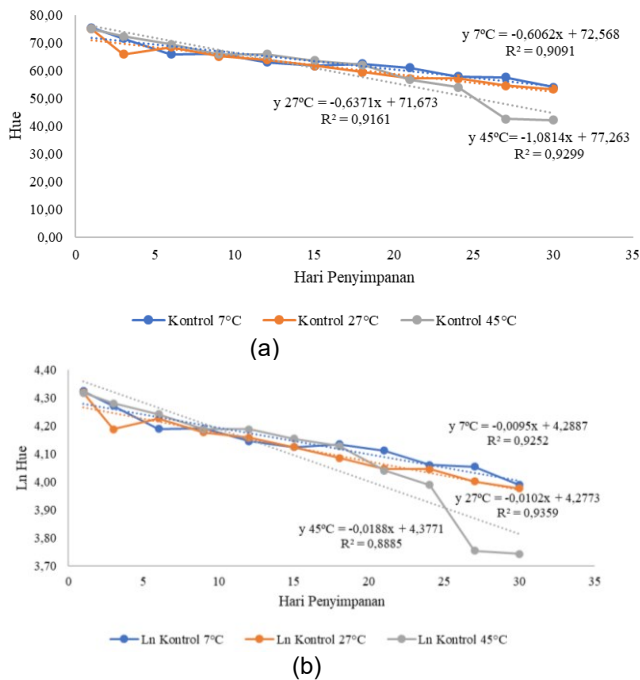
Gambar 5. Plot arrhenius untuk pengamatan *light* gula merah tebu cetak; (a) perlakuan kontrol 0; (b) perlakuan bubuk kayu manis

Parameter warna-*Hue*

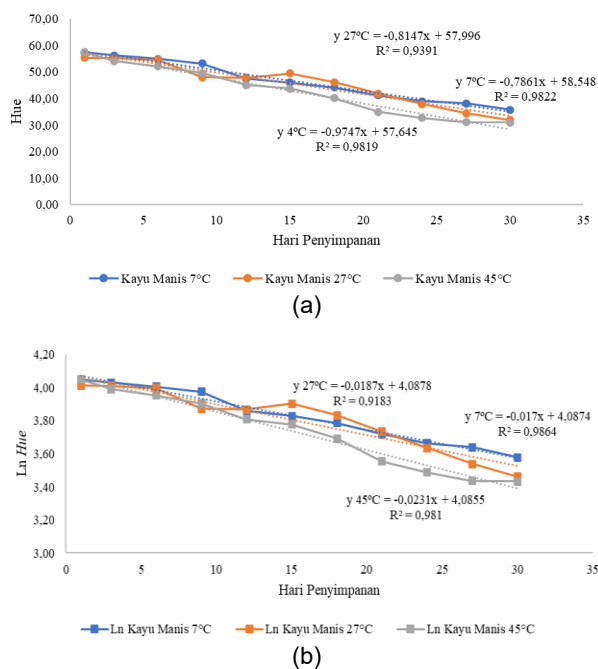
Parameter selanjutnya untuk mengetahui laju perubahan mutu gula merah tebu cetak selama penyimpanan adalah nilai *Hue*. Perubahan nilai *Hue* gula merah tebu cetak untuk setiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7. Terlihat bahwa pada perlakuan kontrol, nilai  $R^2$  orde 1 lebih besar dari pada  $R^2$  orde 0, sehingga laju penurunan mutu *Hue* gula merah tebu cetak pada perlakuan kontrol mengikuti reaksi orde 1. Sedangkan pada perlakuan penambahan bubuk kayu manis, nilai  $R^2$  orde 0 lebih besar daripada  $R^2$  orde 1, sehingga laju penurunan parameter mutu *Hue* gula merah tebu cetak pada perlakuan bubuk kayu manis mengikuti reaksi orde 0.

Persamaan regresi dan nilai  $R^2$  pada masing-masing perlakuan pada suhu penyimpanan yang berbeda untuk parameter *Hue* selengkapnya ditampilkan pada Tabel 6 dan Tabel 7. Selanjutnya, nilai k untuk parameter *Hue* dari masing-masing perlakuan ditampilkan pada Tabel 8. Nilai k negatif, menunjukkan terjadinya penurunan *Hue* gula tebu selama penyimpanan. Nilai k terbesar terdapat pada perlakuan penambahan bubuk kayu manis dengan suhu penyimpanan 45°C. Pada suhu 45°C ini, nilai *Hue* gula tebu cetak akan berkurang setiap hari sebesar 0,9747. Nilai k

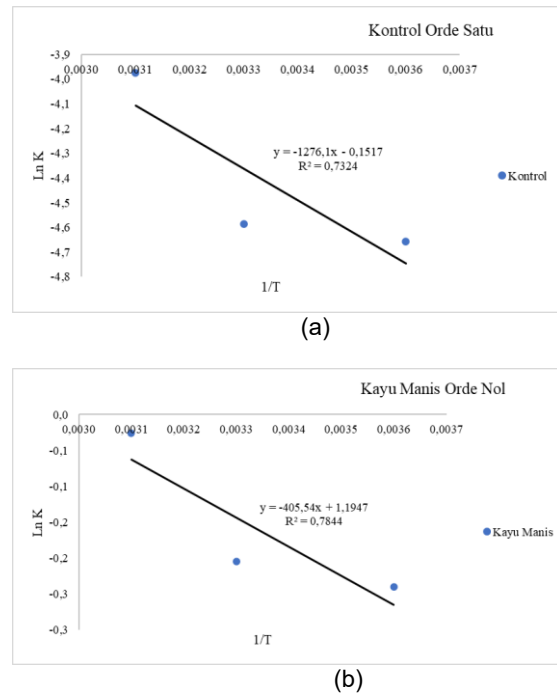
terkecil terdapat pada perlakuan kontrol dengan suhu penyimpanan 7°C. Pada suhu 7°C ini, nilai *Hue* gula tebu cetak akan berkurang setiap hari sebesar 0,0095. Hasil ini sama dengan parameter warna-*Light* yaitu memperlihatkan perubahan nilai *Hue* lebih cepat terjadi pada perlakuan penambahan bubuk kayu manis dibandingkan dengan perlakuan tanpa bubuk kayu manis dan semakin tinggi suhu penyimpanan maka laju penurunan *Hue* juga akan semakin besar.



Gambar 6. Orde reaksi perubahan *hue* gula merah tebu cetak kontrol; (a) reaksi orde 0; (b) reaksi orde 1.



Gambar 7. Orde Reaksi Perubahan Hue Gula Merah Tebu Cetak Kayu Manis; (a) reaksi orde 0; (b) reaksi orde 1



Gambar 8. Plot arrhenius untuk pengamatan *hue* gula merah tebu cetak; (a) perlakuan kontrol 0; (b) perlakuan bubuk kayu manis

Selanjutnya, plot  $\ln k$  dan suhu penyimpanan untuk mendapatkan persamaan Arrhenius dalam menentukan laju perubahan nilai *Hue* diperlihatkan pada Gambar 8. Persamaan Arrhenius yang diperoleh untuk gula merah tebu cetak perlakuan kontrol yaitu  $k = 1,1638 e^{((-1276,1)/T)}$  dan pada perlakuan gula merah tebu cetak kayu manis yaitu  $k = 3,3026 e^{((-405,54)/T)}$ . Berdasarkan persamaan Arrhenius nilai *Hue* gula merah tebu cetak yang didapatkan gula merah tebu cetak perlakuan kontrol memiliki nilai  $E_a$  (1276,1) lebih besar dari nilai  $E_a$  gula merah tebu cetak perlakuan kayu manis (405,54). Hal ini mengindikasikan bahwa gula merah tebu cetak kontrol lebih lambat mengalami perubahan nilai *Hue* dibandingkan dengan gula merah tebu dengan penambahan bubuk kayu manis.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa gula merah tebu cetak yang diberi perlakuan bubuk kayu manis memiliki nilai warna *Light* dan *Hue* lebih rendah dibandingkan gula merah tebu cetak kontrol. Selain itu gula merah 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 merah tebu cetak kayu manis lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol dengan nilai  $k$  warna (*light*) sebesar 0,1512 pada suhu 7°C, 0,1815 pada suhu 27°C, dan 0,2177 pada suhu 45°C. Nilai  $k$  warna (*hue*) sebesar 0,7861 pada suhu 7°C, 0,8147 pada suhu 27°C, dan 0,9747 pada suhu 45°C. Persamaan penurunan mutu warna (*light*) gula merah tebu cetak pada perlakuan kontrol yaitu  $k = 28,7489 e^{((-407,74)/T)}$  dan pada perlakuan gula merah tebu cetak kayu manis yaitu  $k = 1,9971 e^{((-719,54)/T)}$ . Selanjutnya persamaan penurunan mutu warna (*hue*) gula merah tebu cetak pada perlakuan kontrol yaitu  $k = 1,1638 e^{((-1276,1)/T)}$  dan pada perlakuan gula merah tebu cetak

kayu manis yaitu  $k = 3,3026 e^{((-405.54)/T)}$ ). Berdasarkan hasil penelitian direkomendasikan penyimpanan gula merah tebu cetak disimpan pada suhu dingin 7°C. Selain itu, hasil penelitian ini dapat membuka peluang untuk pengembangan produk gula merah tebu cetak baru, peningkatan umur simpan, dan bahkan menciptakan varian gula merah tebu cetak dengan karakteristik unik yang diminati pasar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bitibalyo, M. dan Mustamu, Y.A. (2021). Kadar kemanisan tebu (*saccharum officinarum* L.) di kampung Wariori Indah distrik Masni kabupaten Manokwari. *Jurnal Agrotek*, 9(1), hal. 39–45.
- Darma, D.P.P. (2019). Karakterisasi Profil Sensoris Gula Merah Tebu (*Brown Sugar*) dan Pengaruhnya Terhadap Kualitas Sensoris Kopi Robusta Tirtoyudo Menggunakan Metode Jar. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya, Malang.
- Erwinda, M.D. (2013). Pengaruh pH Nira Tebu dan Konsentrasi Penambahan Kapur Terhadap Kualitas Gula Merah. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya, Malang.
- Herawati, H. (2008). Penentuan umur simpan pada produk pangan, *Jurnal Litbang Pertanian*, 27(4), hal. 124–130.
- Mita, S., ASYIK, N. dan Sadimantara, M.S. (2022) "Karakteristik Kimia dan Organoleptik Gula Aren Yang Diproduksi Oleh Masyarakat Desa Tanjung Batu Dan Kabangka. *Jurnal Berkala Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Sciences)*, 2(2), hal. 118–125. Tersedia pada: <https://doi.org/10.56189/jagris.v2i2.27579>.
- Musita, N. (2019). Pengembangan Produk Gula Semut dari Aren dengan Penambahan Bubuk Rempah. *Warta Industri Hasil Pertanian*, 36(2), hal. 106. Tersedia pada: <https://doi.org/10.32765/wartaihp.v36i2.5212>.
- Nurlela (2002). Kajian Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Warna Gula Merah. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Praseptianga, D., Nabila, Y. dan Muhammad, D.R.A. (2018). Kajian Tingkat Penerimaan Panelis pada *Dark Chocolate Bar* dengan Penambahan Bubuk Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*), *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 33(1), hal. 78–88. Tersedia pada: <https://doi.org/10.20961/carakatani.v33i1.19582>.
- Rahmawati, S. et al. (2020). Kinetika Reaksi Hidrolisis Pati Biji Alpukat (*Persea americana* Mill) dengan Katalis HCl. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 4(1), hal. 120–131. Tersedia pada: <https://doi.org/10.24815/jipi.v4i1.16480>.
- Rao, P. V., & Gan, S. H. (2014). Cinnamon: a multifaceted medicinal plant. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*.
- Sarungallo, Z. L., Santoso, B., Tethool, E. F., Situngkir, R. U., & Tupamahu, J. (2018). Kinetika Perubahan Mutu Minyak Buah Merah (*Pandanus conoideus*) Selama Penyimpanan. *Agritech*, 38(1), hal. 64. Tersedia pada: <https://doi.org/10.22146/agritech.25216>.
- Syska, K., Nuroniah, N.S. dan Ropiudin, R. (2023) "Pendugaan Umur Simpan Gula Kelapa Kristal dalam Kemasan Vakum menggunakan Metode Accelerated Shelf Life Test (ASLT) Model Arrhenius," *Rona Teknik Pertanian*, 16(1), hal. 69–80. Tersedia pada: <https://doi.org/10.17969/rtp.v16i1.31499>.
- Utamai, M.F. (2008). Studi Pengembangan Usaha Gula Merah Tebu di Kabupaten Rembang. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Wang, S.Y. Yang, C. W., Liao, J. W., Zhen, W. W., Chu, F. H., & Chang, S. T. (2008). Essential oil from leaves of *Cinnamomum osmophloeum* acts as a xanthine oxidase inhibitor and reduces the serum uric acid levels in oxonate-induced mice," *Phytomedicine*, 15(11), hal. 940–945. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2008.06.002>.
- Yuwana, A.M.P., Putri, D.N. dan Harini, N. (2022). Hubungan antara atribut sensori dan kualitas gula merah tebu: pengaruh pH dan kondisi karamelisasi. *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 13(1), hal. 54–66. Tersedia pada: <https://doi.org/10.35891/tp.v13i1.2767>.
- Zhang, W., Luo, Z., Wang, A., Gu, X., & Lv, Z. (2021). Kinetic models applied to quality change and shelf life prediction of kiwifruits. *Lwt*, 138(July 2020), hal. 110610. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110610>.