

# Kinetika Perubahan Parameter Kualitas Pisang Kapok (*Musa paradisiaca* L.) pada Suhu Penyimpanan

Evia Zunita Dwi Pratiwi\*<sup>1</sup>, Ajeng Dyah K<sup>2</sup>, Faizah<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknologi Pangan, Telkom University

e-mail: \*<sup>1</sup>[eviazdp@telkomuniversity.ac.id](mailto:eviazdp@telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[ajengk@telkomuniversity.ac.id](mailto:ajengk@telkomuniversity.ac.id), <sup>3</sup>[faizahfzh@telkomuniversity.ac.id](mailto:faizahfzh@telkomuniversity.ac.id)

## Abstrak

Pisang kapok (*Musa paradisiaca* L.) merupakan buah klimaterik yang rentan mengalami perubahan kualitas selama penyimpanan akibat laju respirasi yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kinetika perubahan kadar air dan total padatan terlarut (TPT) pada pisang kapok yang disimpan pada suhu 8°C, 14°C, dan 28,7°C selama 10 hari. Parameter kadar air diukur menggunakan metode pengeringan oven, sedangkan TPT diukur dengan refraktometer. Analisis kinetika menunjukkan bahwa perubahan kadar air mengikuti model kinetika orde pertama, sementara TPT mengikuti orde nol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu penyimpanan yang lebih rendah mampu menekan laju peningkatan kadar air dan TPT. Nilai konstanta laju (*k*) tertinggi ditemukan pada suhu 28,7°C, sedangkan terendah pada 8°C, mengindikasikan bahwa suhu rendah efektif memperlambat perubahan kualitas. Model Arrhenius digunakan untuk memprediksi perubahan kualitas, dengan nilai energi aktivasi (*E<sub>a</sub>*) menunjukkan kecenderungan yang bervariasi tergantung pada parameter yang diuji. Studi ini menegaskan pentingnya pengendalian suhu untuk memperpanjang umur simpan pisang kapok.

**Kata kunci**— Kinetika, Arrhenius, Penyimpanan, Pisang

## Abstract

Kepok banana (*Musa paradisiaca* L.) is a climacteric fruit that is susceptible to quality deterioration during storage due to its high respiration rate. This study aims to investigate the kinetics of changes in moisture content and total soluble solids (TSS) in kapok bananas stored at temperatures of 8°C, 14°C, and 28.7°C for 10 days. The moisture content was measured using the oven-drying method, while TSS was determined using a refractometer. Kinetic analysis revealed that changes in moisture content follow a first-order kinetic model, whereas TSS changes follow a zero-order model. The results indicated that lower storage temperatures effectively suppressed the rate of increase in both moisture content and TSS. The highest rate constant (*k*) was observed at 28.7°C, while the lowest was at 8°C, suggesting that low temperatures are effective in slowing quality degradation. The Arrhenius model was employed to predict quality changes, with activation energy (*E<sub>a</sub>*) values showing varying tendencies depending on the parameter measured. This study underscores the importance of temperature control in extending the shelf life of kapok bananas.

**Keywords**—Kinetics, Arrhenius, Storage, Banana

## 1. PENDAHULUAN

Buah pisang kepok (*Musa paradisiaca* L.) memiliki bentuk daging buah sedikit pipih dengan kulit buah yang tebal dibandingkan dengan jenis buah pisang lain seperti pisang susu ataupun pisang chavendish. Kadar air pisang kapok berkisar antara 58,1% hingga 82,8% dan total padatan terlarut 7,3 °brix hingga 28,7 °brix [1]. Buah pisang kapok banyak digunakan sebagai bahan

pembuatan aneka kreasi makanan diantaranya barongko, bolu pisang, dan sebagainya. Namun, pisang tergolong buah klimaterik yang masih melangsungkan metabolisme berupa respirasi dan reaksi enzimatik pada proses pascapanen [1]. Buah klimaterik memiliki laju respirasi lebih tinggi pada fase pematangan (*ripening*) dibandingkan buah non-klimaterik. Tingkat laju respirasi tersebut berdasarkan pada jumlah substrat yang hilang, O<sub>2</sub> yang digunakan, dan CO<sub>2</sub> yang dilepaskan [2]. Adanya respirasi pada buah pisang memungkinkan saat penyimpanan akan terjadi perubahan kandungan gula, pati, dan asam organik dengan bantuan oksigen menjadi molekul sederhana, juga menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Oleh sebab itu, pada periode akhir penyimpanan buah pisang kadar air mengalami peningkatan [1], dan perubahan parameter lainnya.

Buah Pisang yang tergolong sebagai klimaterik memiliki produktifitas CO<sub>2</sub> dan gas etilen yang tinggi seiring pemasakan buah. Hal tersebut menyebabkan umur buah menjadi pendek dan mudah rusak. Adanya proses pemasakan buah menyebabkan perubahan fisikokimia diantaranya kadar air, warna, tekstur, dan total padatan terlarut. Kualitas buah secara umum dinilai berdasarkan sifat fisikokimia dan umur simpannya [3]. Parameter tersebut juga mempengaruhi tingkat penerimaan konsumen. Perlakuan pasca panen yang baik pada produk pertanian akan membantu menjaga umur simpan sekaligus kualitas bahan pangan. Berbagai perlakuan digunakan untuk menekan laju kerusakan dan memperpanjang umur simpan buah, diantaranya menggunakan penyimpanan dingin, penggunaan pengemas untuk buah tomat yang memiliki umur simpan pendek [4], dan perlakuan perendaman CaCl<sub>2</sub> pada terung ungu [5]. Penggunaan suhu rendah pada penyimpanan produk hortikultura sangat umum digunakan karena sederhana dan tidak memerlukan pra-perlakuan pada buah. Suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi umur simpan produk hortikultura [1]. Hal tersebut disebabkan oleh suhu rendah mampu menekan laju respirasi yang tinggi. Pada buah pepaya yang memiliki laju respirasi tinggi seperti halnya pada buah pisang, perlakuan penyimpanan suhu 15 °C selama 3 hari mampu mempertahankan sifat fisik buah dengan baik [6].

Umur simpan yang pendek serta tingginya laju respirasi pada buah pisang kepok, mendorong upaya monitoring kualitas pisang kapok selama proses penyimpanan serta selama proses rantai pasok sebelum diolah menjadi makanan yang lezat. Oleh sebab itu dilakukan kajian terhadap pengaruh suhu ruang penyimpanan terhadap kualitas fisik buah pisang selama penyimpanan. Mengamati perubahan kualitas buah selama penyimpanan dapat dilakukan dengan menggunakan pemodelan. Salah satunya adalah model kinetika yang dapat digunakan sebagai dasar untuk mengetahui perubahan parameter kualitas buah dan sayur. Berdasarkan literatur, model kinetika digunakan dalam perubahan kualitas terung ungu selama penyimpanan [5] dan perubahan kualitas mangga arumanis (*Mangifera indica L.*) selama rantai pasok [7].

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan buah pisang kapok *Musa paradisiaca L.* sebanyak 300 buah pisang, kemudian disimpan pada perlakuan suhu 8, 14, dan 28 masing – masing suhu sebanyak 100 buah pisang kepok. Berdasarkan [1], umur simpan pisang dalam kondisi layak konsumsi adalah 10 hari, Sehingga pengukuran sampel dilakukan setiap hari selama 10 hari penyimpanan.

### 2.2 Pengukuran Kadar Air

Parameter pengukuran kadar air bahan pangan sangat berpengaruh terhadap daya simpan dan kualitas suatu bahan pangan, sehingga parameter tersebut sangat penting untuk diketahui (8). Kadar air diukur menggunakan metode pengeringan oven pada suhu 105°C hingga mencapai

berat konstan yang dicapai. Sampel Pisang yang digunakan sebanyak 2gram yang diletakkan pada cawan aluminium sebanyak 3 kali pengulangan untuk 1 sampel kemudian dikeringkan menggunakan oven (). Kemudian kadar air dihitung menggunakan persamaan (1).

$$KA_{(wb)}(\%) = \frac{M_0 - M_t}{M_0} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Dengan  $M_0$  adalah massa awal sebelum dilakukan proses pengeringan,  $M_t$  adalah massa pada hari pengukuran.

### 2. 3 Pengukuran Total Padatan Terlarut (TPT)

Total padatan terlarut merupakan kandungan bahan terlarut glukosa, sukrosa, fruktosa, dan pektin diartikan sebagai tingkat kemanisan suatu produk. Diukur menggunakan refraktometer (PAL –  $\alpha$ , atago, USA) (rentang pengukuran 0 – 85% / 0,1%, akurasi pengukuran 0,2 %brix). Sampel kemudian diletakkan pada prisma refractometer untuk memperoleh nilai total padatan terlarut yang diekspresikan dengan nilai brix. Sampel diukur sebanyak 3 pengulangan.

### 2. 4 Model Kinetika

Persamaan kinetika digunakan untuk mengetahui laju perubahan kadar air dari sampel buah yang digunakan selama penyimpanan. Penentuan orde dilakukan berdasarkan nilai konstanta (k) laju perubahan kadar air buah dengan menggunakan grafik plot data awal antara data kadar air (C) terhadap waktu (t).

Penentuan orde berdasarkan grafik, orde 0 merupakan hubungan linier antara kadar air terukur vs waktu penyimpanan (t) yang membentuk *slope* konstan. Sedangkan orde 1 adalah grafik hubungan linier ln kadar air vs waktu penyimpanan (t). Grafik dengan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) tinggi mendekati 1 digunakan sebagai orde yang akan dianalisis. Persamaan kinetika orde 0 dan 1 terlihat pada persamaan 2 dan 3.

$$C_t = (k \cdot t) - C_0 \quad (2)$$

$$C_t = C_0 \cdot e^{-kt} \quad (3)$$

### 2. 5 Persamaan Arrhenius

Model kinetika yang digunakan untuk memprediksi parameter buah dan *self-life* dapat menggunakan persamaan *Arrhenius* dengan persamaan 4 [8].

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (4)$$

Dengan A adalah faktor frekuensi tumbukan,  $E_a$  adalah energi aktivasi (J/mol), R adalah konstanta gas (J/Kmol.K), dan T adalah suhu ruang penyimpanan buah [9].

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3. 1 Persamaan Kinetika

Analisis dilakukan menggunakan keseluruhan data penyimpanan buah pisang selama 10 hari pada suhu penyimpanan 28,7 °C, 14°C, dan 8°C. Berdasarkan koefisien korelasi ( $R^2$ ) yang tertinggi diketahui bahwa parameter kadar air pada suhu penyimpanan 28,7 °C, 14 °C, dan 8°C mengikuti orde 1. Sedangkan untuk parameter TPT untuk suhu penyimpanan 28,7 °C, 14 °C, dan 8 °C merupakan orde 0. Setelah diketahui orde pada masing – masing perlakuan dan parameter pengukuran, maka dapat ditentukan nilai konstanta (k). Berdasarkan data hasil pada Tabel 1 dan Tabel 2 nilai konstanta pada parameter kadar air dan total padatan terlarut menunjukkan nilai positif sehingga dapat diketahui bahwa dengan perlakuan suhu penyimpanan yang berbeda pada pisang kapok, terjadi penambahan konsentrasi kadar air dan TPT selama waktu penyimpanan.

Tabel 1 Nilai Kostanta (k) dan nilai koefisien korelasi observasi ( $R^2$  obs) kadar air

| Sampel           | Ordo 0                       |                | Ordo 1                       |                |
|------------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|
|                  | k<br>(%.hari <sup>-1</sup> ) | R <sup>2</sup> | k<br>(%.hari <sup>-1</sup> ) | R <sup>2</sup> |
| 28,7 °C - Pisang | 0,795                        | 0,887          | 0,012                        | 0,889          |
| 14 °C - Pisang   | 0,625                        | 0,950          | 0,010                        | 0,951          |
| 8 °C - Pisang    | 0,606                        | 0,960          | 0,009                        | 0,961          |

Nilai kostanta (k) rendah pada suhu yang paling rendah yaitu 8°C dan tinggi pada suhu penyimpanan 28,7 °C untuk kedua parameter yang diukur. Semakin rendah suhu penyimpanan maka laju penambahan kadar air dan TPT selama penyimpanan semakin rendah. Berdasarkan [10], meningkatnya suhu perlakuan menyebabkan laju perubahan kadar airnya juga semakin besar yang ditunjukkan dengan peningkatan nilai k. Dalam penelitian ini suhu rendah menghambat perubahan kedua parameter yang diuji. Suhu dan lama waktu penyimpanan memberikan pengaruh signifikan terhadap parameter TPT, serta terjadi interaksi antara suhu dan lama waktu penyimpanan terhadap TPT [6].

Tabel 2 Nilai Kostanta (k) dan nilai koefisien korelasi observasi ( $R^2$  obs) Total Padatan Terlarut

| Sampel           | Ordo 0                               |                | Ordo 1                           |                |
|------------------|--------------------------------------|----------------|----------------------------------|----------------|
|                  | k<br>(%brix<br>.hari <sup>-1</sup> ) | R <sup>2</sup> | k<br>(%brix.hari <sup>-1</sup> ) | R <sup>2</sup> |
| 28,7 °C - Pisang | 0,553                                | 0,826          | 0,021                            | 0,795          |
| 14 °C - Pisang   | 0,295                                | 0,732          | 0,011                            | 0,714          |
| 8 °C - Pisang    | 0,139                                | 0,783          | 0,005                            | 0,778          |

### 3. 2 Persamaan Arrhenius

Persamaan *Arrhenius* dianalisis pada setiap perlakuan suhu penyimpanan dan parameter yang diuji. Persamaan *Arrhenius* dapat digunakan untuk mengetahui perubahan kualitas pada bahan pangan [11]. Terdapat faktor frekuensi tumbukan (A) dan energi aktivasi (Ea) dalam persamaan Arrhenius. Setelah diperoleh persamaan kinetika *Arrhenius* pada Tabel 3 dan Tabel 4, digunakan persamaan 2 dan 3 sesuai dengan orde masing – masing parameter yaitu orde 0 untuk kadar air dan orde 1 untuk TPT sehingga dapat diperoleh nilai kualitas buah pisang kapok selama penyimpanan pada suhu 28,7 °C, 14 °C, dan 8 °C.

Tabel 3 Persamaan Kadar Air Prediksi

| Sampel           | Faktor Frekuensi Tumbukan (A) | Energi aktivasi (Ea) | Persamaan Kinetika Kadar Air <i>Arrhenius</i> | Persamaan Kadar Air Prediksi                                 |
|------------------|-------------------------------|----------------------|---|--|
| 28,7 °C - Pisang | 0,95887                       | 0,099                | $k = 0,95887 \cdot e^{\frac{0,0119}{T}}$      | $C_t = (0,95887 \cdot e^{\frac{0,0119}{T}}) \cdot t + 63,39$ |
| 14 °C - Pisang   | 0,98807                       | 0,084                | $k = 0,98807 \cdot e^{\frac{0,0101}{T}}$      | $C_t = (0,98807 \cdot e^{\frac{0,0101}{T}}) \cdot t + 59,20$ |
| 8 °C - Pisang    | 0,99896                       | 0,081                | $k = 0,99896 \cdot e^{\frac{0,0097}{T}}$      | $C_t = (0,99896 \cdot e^{\frac{0,0097}{T}}) \cdot t + 59,17$ |

Table 4 Persamaan TPT Prediksi

| Sampel | Faktor Frekuensi | Persamaan TPT Prediksi |
|--------|------------------|------------------------|
|--------|------------------|------------------------|

|                  | Tumbukan<br>(A)       | Energi<br>aktivasi<br>(Ea) | Persamaan<br>Kinetika TPT<br><i>Arrhenius</i>        |   |
|------------------|-----------------------|----------------------------|--|---|
| 28,7 °C - Pisang | $4,88 \times 10^{10}$ | 0,460                      | $k = 4,88 \times 10^{10} \cdot e^{\frac{0,0553}{T}}$ | $C_t = 23,32 \cdot e^{\left(4,88 \times 10^{10} \cdot e^{\frac{0,0553}{T}}\right) \cdot t}$ |
| 14 °C - Pisang   | $7,10 \times 10^{10}$ | 0,245                      | $k = 7,10 \times 10^{10} \cdot e^{\frac{0,0294}{T}}$ | $C_t = 24 \cdot e^{\left(7,10 \times 10^{10} \cdot e^{\frac{0,0294}{T}}\right) \cdot t}$    |
| 8 °C - Pisang    | $4,4 \times 10^{11}$  | 1,151                      | $k = 4,4 \times 10^{11} \cdot e^{\frac{0,1384}{T}}$  | $C_t = 26,53 \cdot e^{\left(4,4 \times 10^{11} \cdot e^{\frac{0,1384}{T}}\right) \cdot t}$  |

Berdasarkan nilai Ea yang diperoleh untuk parameter kadar air yang ditunjukkan Tabel 3, pada suhu penyimpanan 8 °C memiliki nilai yang terendah dan suhu penyimpanan 28,7 °C memiliki nilai Ea tertinggi, hal ini mengindikasikan bahwa proses perubahan parameter kadar air sangat mudah terjadi pada suhu penyimpanan 8 °C, sedangkan seharusnya parameter kadar air pisang kapok pada suhu penyimpanan 8 °C memiliki energi aktivasi yang tinggi. Hal tersebut disebabkan semakin rendah suhu maka proses respirasi akan terhambat. Perlakuan suhu penyimpanan pisang kapok pada parameter TPT yang ditunjukkan Tabel 4 diperoleh nilai Ea tinggi pada suhu 8 °C, dan terendah pada suhu penyimpanan 14 °C. Energi aktivasi (Ea) dapat didefinisikan sebagai energi minimum yang dibutuhkan untuk memulai suatu reaksi, sehingga reaksi akan cepat apabila nilai Ea rendah. Reaksi pematangan yang tidak sesuai pada buah saat disimpan di suhu rendah merupakan gejala *chilling injury*, seperti penyimpanan mangga pada suhu 8 °C yang menyebabkan buah mangga mengalami kerusakan di semua perlakuan *pretreatment* yang diberikan dan control [12]. Pelambatan proses perombakan pati menjadi glukosa dapat menjadi salah satu indikasi terjadi *chilling injury* pada penyimpanan suhu rendah [13]. Namun perlu dilakukan kajian lebih terhadap parameter lain seperti kekerasan, total asam, dan susut bobot buah seperti yang dilakukan pada penelitian lain [12].

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu penyimpanan berpengaruh signifikan terhadap kinetika perubahan kadar air dan total padatan terlarut (TPT) pada pisang kapok. Perubahan kadar air mengikuti model kinetika orde pertama, sedangkan TPT mengikuti orde nol. Suhu penyimpanan yang lebih rendah (8°C) mampu menekan laju perubahan kedua parameter tersebut dibandingkan dengan suhu yang lebih tinggi (28,7°C). Model Arrhenius menunjukkan bahwa energi aktivasi (Ea) tertinggi ditemukan pada suhu penyimpanan 28,7°C untuk kadar air, sedangkan untuk TPT, Ea tertinggi ditemukan pada suhu 8°C. Temuan ini mengindikasikan bahwa penyimpanan pada suhu rendah efektif dalam memperlambat perubahan kualitas, meskipun potensi terjadinya *chilling injury* perlu diperhatikan.

#### 5. SARAN

Penelitian lebih lanjut disarankan untuk mengkaji parameter kualitas lainnya seperti kekerasan, total asam, dan susut bobot guna mendapatkan pemahaman yang lebih komprehensif.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maulia Ikhsan, Tamrin, and M. Z. Kadir, "Pengaruh Media Simpan Pasir Dan Biji Plastik Dengan Pemberian Air Pendingin Terhadap Perubahan Mutu Pada Buah Pisang Kepok (Musa Normalis L)," *J. Tek. Pertan. Lampung* Vol, vol. 3, no. 2, pp. 173–182, 2014.
- [2] A. R. Utomo, "Pengaruh Suhu Penyimpanan terhadap Kecepatan Respirasi: Model Respirasi Pisang 'Cavendish.'" pp. 1–2, 2003.

- [3] M. Mohd Ali, N. Hashim, S. Abd Aziz, and O. Lasekan, "Shelf Life Prediction and Kinetics of Quality Changes in Pineapple (*Ananas comosus*) Varieties at Different Storage Temperatures," *Horticulturae*, vol. 8, no. 11, 2022, doi: 10.3390/horticulturae8110992.
- [4] R. Breemer, G. Pattiruhu, T. H. Pertanian, F. Pertanian, and U. Pattimura, "Pengaruh suhu dan sistim penyimpanan terhadap mutu fisik tomat," vol. 9, no. 5, pp. 7751–7758, 2024.
- [5] H. A. Lestari, A. A. P. Prabowo, and C. Soolany, "Kinetic Analysis of Physical Quality Change on Eggplant (*Solanum melongena* L.) during Storage," *J. Agritechno*, vol. 13, no. 2, pp. 84–89, 2020, doi: 10.20956/at.v13i2.339.
- [6] M. S. Akilie, "Kombinasi Suhu Rendah Dan Lama Penyimpanan Terhadap Sifat Fisik Buah Pepaya California (*Carica papaya* L.)," *Agritechnology*, vol. 3, no. 1, p. 35, 2021, doi: 10.51310/agritechnology.v3i1.55.
- [7] L. Ningrum, E. Warsiki, Y. Aris Purwanto, and S. Mariana Widayanti, "Model kinetika perubahan kualitas mangga arumanis (*Mangifera indica* L.) selama rantai pasok," *Desember*, vol. 17, no. 4, pp. 813–820, 2023, doi: 10.21107/agrointek.v17i4.17415.
- [8] D. Rahayu and N. Bintoro, "Mathematical analysis and modelling of respiration rate of tropical climacteric produces during storage under various temperatures," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 355, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/355/1/012034.
- [9] D. Triardianto and Nursigit Bintoro, "Kinetika Perubahan Kualitas Pisang Kepok (*Musa acuminata*) Dibawah Pengaruh Pemaparan Ozon dan Suhu Ruang Penyimpanan," *Agrointek*, vol. 15, no. 2, pp. 452–458, 2021.
- [10] R. Khathir, R. Jannati, and R. Agustina, "Estimasi Umur simpan," *J. Rona Tek. Pertan.*, vol. 14, no. 2, pp. 1–9, 2021.
- [11] A. Fatharani, N. Bintoro, and A. D. Saputro, "Analisis Matematis Perubahan Kualitas Kolang-Kaling (*Arenga pinnata*) pada Penyimpanan Modified Atmosphere Packaging (MAP).," *J. Ilm. Rekayasa Pertan. dan Biosist.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 2023, doi: 10.29303/jrpb.v11i1.455.
- [12] G. Pattiruhu, Y. A. Purwanto, E. Darmawanty, D. Teknik, F. T. Pertanian, and I. P. Bogor, "Perlakuan Panas untuk Mengurangi Gejala Kerusakan Dingin pada Mangga (*Mangifera indica* L.) var . Gadung selama Penyimpanan pada Suhu Rendah Heatshock Treatment in Reducing Chilling Injury Symptoms on Mangoes (*Mangifera indica* L.) cv . Gadung during Low Temperature Storage," vol. 1, no. 1, pp. 8–13, 2017.
- [13] C. Sugianti, R. Hasbullah, Y. A. Purwanto, and D. A. Setyabudi, "Kajian Pengaruh Iradiasi Dosis 0.75 Kgy Terhadap Kerusakan Dingin (Chilling Injury) Pada Buah Mangga Gedong Selama Penyimpanan," *J. Tek. Pertan. LampungVol*, vol. 3, no. 2, pp. 195–204, 2014.