



IDENTIFIKASI KESTABILAN PIGMEN ANTOSIANIN DARI KETAN HITAM (*Oryza sativa* L. forma *Glutinosa*) MENGGUNAKAN METODE AKSELERASI KERUSAKAN

Eva Maya Sari

Program Studi Agribisnis Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong
eva.mayasari27@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model kestabilan pigmen antosianin yang diekstrak dari ketan hitam dengan menggunakan metode penyimpanan yang dipercepat (akselerasi). Penelitian ini dilaksanakan dengan mengekstrak pigmen antosianin dari ketan hitam yang kemudian disimpan pada suhu ekstrem dengan interval suhu pengamatan sebagai berikut: 25, 50, 75, dan 95°C. Pengukuran kestabilan dilakukan secara duplo pada jam ke- 0, 2, 4, 6, 8, dan 10. Hasil perhitungan dengan menggunakan model kestabilan pigmen antosianin $k = 0.339 e^{-460.17(1/T)}$ dan $k = 0.536 e^{-145.52(1/T)}$ hasilnya menunjukkan bahwa masa kadaluarsa pigmen antosianin akan semakin pendek seiring meningkatnya suhu penyimpanan. Namun secara keseluruhan, antosianin yang diekstrak dari ketan hitam memiliki kestabilan yang bagus terhadap suhu penyimpanan.

Kata kunci: pigmen antosianin; ketan hitam; metode akselerasi; model Arrhenius

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the stability model of anthocyanin pigment which was extracted from black glutinous rice against the temperature of storage by using acceleration method. This research was done by extract the anthocyanin pigment of black glutinous rice which was afterwards saved in different temperature interval that were 25°C, 50°C, 75°C, and 95°C. The colour stability was measured at the hours 0, 2, 4, 6, 8, 10 of storage. The result of calculation by using the stability model of anthocyanin pigment $k = 0.339 e^{-460.17(1/T)}$ dan $k = 0.536 e^{-145.52(1/T)}$ showed that expire date of anthocyanin pigment would be shorter in arrow with the increasing of temperature of storage. However, in a whole, anthocyanin which was extracted from glutinous rice had good stability against the temperature of storage.

Keyword: anthocyanin pigment; black glutinous rice; acceleration method; Arrhenius model.

1. Pendahuluan

Penentuan mutu bahan makanan pada umumnya sangat bergantung pada beberapa faktor, diantaranya: cita rasa, warna, tekstur, dan nilai gizinya, serta faktor-faktor lain, seperti sifat mikrobiologis. Diantara faktor-faktor tersebut, warna merupakan faktor utama dan paling penting dalam menentukan mutu produk pangan. Hal ini dikarenakan warna produk pangan dapat langsung dinilai oleh konsumen (1).

Dewasa ini terdapat kecenderungan penyalahgunaan bahan pewarna sintetis untuk bahan pangan. Sebenarnya penggunaan pewarna sintetis bukanlah hal yang dilarang. Namun demikian, ketika harga pewarna sintetis dianggap cukup mahal bagi produsen kecil, maka mereka beralih ke pewarna tekstil, yang lebih murah dan lebih cerah warnanya. Sayangnya, mereka tidak mengetahui bahaya dibalik penggunaan pewarna yang memang tidak diperuntukkan bagi makanan tersebut (2).

Seiring dengan semakin tingginya kesadaran konsumen akan keamanan pangan, penggunaan bahan pewarna alami sebagai bahan pewarna makanan lebih diutamakan. Sejak beberapa dekade terakhir, pewarna alami telah banyak digunakan sebagai pewarna alternatif pengganti pewarna sintetis (3).

Pigmen pewarna alami banyak ditemukan di hampir semua bagian tanaman. Pada ketan hitam (*Oryza sativa* L. forma *Glutinosa*) pigmen warna merah dikandung dalam bulir buah. Pigmen ini sering digunakan sebagai pewarna bahan makanan. Ketan hitam mengandung pigmen antosianin (4)

Antosianin memiliki potensi yang tinggi dalam industri pangan sebagai bahan pewarna yang aman dan efektif (5).

Aplikasi antosianin sebagai pewarna makanan dan minuman dapat dilakukan pada pH rendah untuk minuman ringan, minuman beralkohol, manisan, saos, piksel, makanan beku atau kalengan serta yogurt (6). Akan tetapi, beberapa produsen pangan mengatakan bahwa pewarna alami umumnya kurang stabil (7). Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas antosianin adalah pH, temperatur, cahaya, oksigen, dan ion logam. Antosianin lebih cepat rusak pada pH tinggi, dan reaksi ini dipercepat oleh adanya suhu yang tinggi (6).

Selama penyimpanan terjadi penurunan mutu yang mengakibatkan kerusakan antosianin. Proses penurunan mutu tersebut dapat diamati dengan cara mempercepat proses kerusakan dengan menggunakan uji akselerasi kerusakan, yaitu dengan menerapkan kondisi ekstrem. Dengan uji akselerasi maka pengamatan atau penilaian terhadap kestabilan antosianin dapat diketahui secara lebih cepat. Metode ini relatif murah, cepat, dan mudah (8).

Penelitian ini bermaksud untuk menggunakan metode akselerasi guna mengukur stabilitas pigmen antosianin dari ketan hitam selama penyimpanan pada berbagai suhu ekstrem. Atas dasar pemikiran tersebut, maka penulis melakukan penelitian dengan judul "Identifikasi Kestabilan Pigmen Antosianin dari Ketan Hitam (*Oryza sativa* L. forma



Glutinos) Menggunakan Metode Akselerasi Kerusakan”.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model kestabilan pigmen antosianin yang diekstrak dari ketan hitam terhadap suhu penyimpanan dengan menggunakan metode akselerasi.

2. Metode Penelitian

Bahan-bahan yang diperlukan pada penelitian ini adalah: ketan hitam, aquades, asam sitrat, dan petroleum eter.

Alat-alat yang dipergunakan pada penelitian ini meliputi, *aluminium foil*, kertas saring *Whatman no. 41*, *rotary evaporator vacuum*, *sentrifuse*, *water bath*, pH meter, *spektrofotometer*, *desikator*, *color reader Konica Minolta CR-10*, penyaring vakum, kertas saring biasa, lemari es, gelas piala, neraca analitik, corong pisah, erlenmeyer, gelas ukur, batang pengaduk, *thermometer*, pipet tetes, corong, kuvet.

Penelitian ini dilaksanakan dengan mengekstrak pigmen antosianin dari ketan hitam yang kemudian disimpan pada berbagai suhu dengan interval pengamatan sebagai berikut: Suhu 25⁰C, Suhu 50⁰C, Suhu 75⁰C, dan Suhu 95⁰C.

Pada penelitian ini dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali, pengukuran kestabilan dilakukan secara duplo pada jam ke- 0, 2, 4, 6, 8, dan 10.

Proses ekstraksi pigmen antosianin ketan hitam diawali dengan penimbangan bahan yang telah dibersihkan sebanyak 500 gram, membuat larutan sebanyak 1 liter dengan perbandingan antara aquades dan asam sitrat sebesar 97:3 kemudian dilakukan pencampuran larutan dengan bahan. Setelah itu dilakukan maserasi dalam refrigerator pada suhu 10⁰C selama 24 jam. Hasil ekstrak yang diperoleh kemudian disentrifuse selama 15 menit dengan kecepatan 3000 rpm, selanjutnya dilakukan penyaringan vakum menggunakan kertas saring *Whatman no. 41* dan ditambahkan 2% petroleum eter untuk memisahkan senyawa non antosianin.

Filtrat yang sudah diperoleh, diuapkan dengan *rotary evaporator vacuum* pada suhu 60⁰C sehingga volumenya menjadi 1/5 dari volume semula maka diperoleh konsentrat pigmen antosianin.

Konsentrat pigmen antosianin dimasukkan ke dalam botol kaca yang telah dilapisi *aluminium foil*. Setelah itu, dilakukan pengujian stabilitas terhadap suhu penyimpanan dengan menggunakan uji akselerasi kerusakan.

3. PEMBAHASAN

Nilai absorbansi pigmen antosianin yang diekstrak dari ketan hitam pada panjang gelombang 550 nm selama penyimpanan pada suhu 25⁰C disajikan pada gambar berikut.

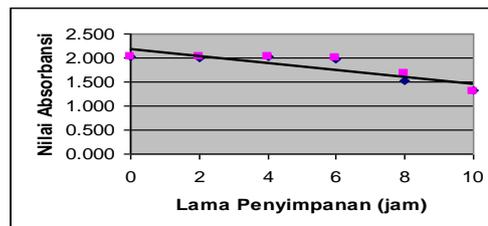


Figure 1. Graphic of absorbency value of anthocyanin pigment of black glutinous rice at λ 550 nm during temperature of storage at 25⁰C.

Pada gambar diatas terlihat bahwa pigmen antosianin yang diekstrak dari ketan hitam mengalami penurunan nilai absorbansi selama penyimpanan pada suhu 25⁰C. Pada suhu penyimpanan yang lebih tinggi yaitu suhu 50⁰C, juga terjadi penurunan nilai absorbansi pigmen antosianin yang diekstrak dari ketan hitam. Pada awal penyimpanan mempunyai nilai absorbansi tertinggi sebesar 2,084 dan mengalami penurunan pada akhir penyimpanan dengan nilai absorbansi terendah sebesar 0,711 (Gambar 2).

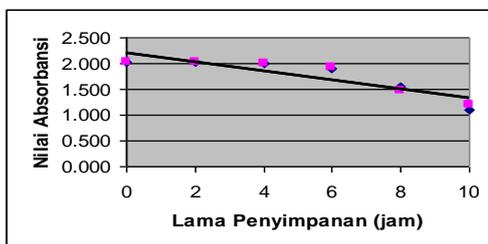


Figure 2. Graphic of absorbency value of anthocyanin pigment of black glutinous rice at λ 550 nm during temperature of storage at 50⁰C.

Hal yang serupa juga terjadi pada suhu penyimpanan 75⁰C dan suhu penyimpanan 95⁰C (Gambar 3 dan Gambar 4). Pada awal penyimpanan nilai absorbansi tertinggi sebesar 2,084 dan kemudian mengalami mengalami penurunan pada akhir penyimpanan dengan nilai absorbansi terendah 0,757 untuk suhu penyimpanan 75⁰C, dan sebesar 0,700 untuk suhu penyimpanan 95⁰C.

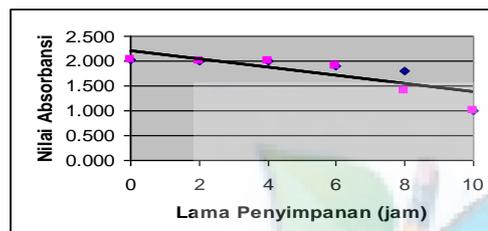


Figure 3. Graphic of absorbency value of anthocyanin pigment of black glutinous rice at λ 550 nm during temperature of storage at 75⁰C.

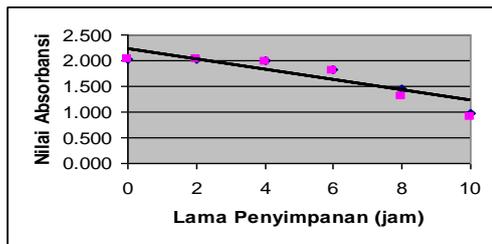


Figure 4. Graphic of absorbency value of anthocyanin pigment of black glutinous rice at λ 550 nm during temperature of storage at 95 °C.

Adanya kecenderungan penurunan nilai absorbansi, menunjukkan bahwa tingkat penyerapan cahaya dengan panjang gelombang maksimum sebesar 550 nm oleh pigmen antosianin semakin berkurang selama penyimpanan.

Berdasarkan grafik nilai absorbansi pigmen antosianin pada berbagai suhu penyimpanan diatas dapat diperoleh nilai-nilai persamaan linier sebagai berikut:

Tabel 1. Linear equation, k value and k_0 value at different temperature of storage from concentrate of anthocyanin pigment of black glutinous rice

Temp of strage (°C)	Linear Equation	K Value	k_0 Vlu
25	$Y = 2.169 - 0.071X$	0.071	2.17
50	$Y = 2.203 - 0.087X$	0.087	2.20
75	$Y = 2.205 - 0.083X$	0.083	2.20
95	$Y = 2.223 - 0.101X$	0.101	2.22

Apabila nilai-nilai k pada table diatas diterapakan dalam rumus Arrhenius, yaitu:

$$k = k_0 e^{-E/RT}$$

atau $\ln k = \ln k_0 - E/RT$

karena $\ln k_0$ dan $-E/R$ merupakan bilangan konstan, maka persamaan diatas dapat ditulis sebagai berikut:

$$\ln k = A + B \cdot 1/T$$

sehingga apabila setiap nilai k dan 1/T diplotkan dalam sebuah grafik, maka akan diperoleh gambar sebagai berikut:

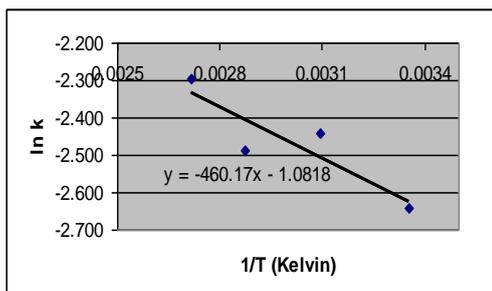


Figure 5. Graphic of the relation between k and 1/T of anthocyanin pigment of black glutinous rice base on absorbency value at different temperature of storage.

Dengan demikian $\ln k = -1,0818 - 460,17 (1/T)$ maka, besarnya nilai E dapat diperoleh, yaitu sebagai berikut:

$$-E/R = B$$

$$-E/R = -460,17^{\circ}K$$

$$R = 1,986 \text{ kal/mol } ^{\circ}K$$

Jadi $E = 913,89 \text{ kal/mol}$

Dan nilai k_0 diperoleh sebagai berikut:

$$\ln k_0 = A$$

$$\ln k_0 = -1,0818$$

$$k_0 = 0,339$$

Dengan demikian model atau persamaan untuk stabilitas pigmen antosianin dari ketan hitam adalah: $k = 0,339 e^{-460,17(1/T)}$

Setelah didapat model untuk stabilitas pigmen antosianin yang diekstrak dari ketan hitam, maka kita dapat menduga kestabilan pigmen antosianin yang disimpan pada berbagai suhu lainnya dengan memanfaatkan model tersebut. Jika pigmen antosianin yang diekstrak dari ketan hitam disimpan pada suhu T, maka dapat ditentukan rumus umum untuk nilai absorbansi adalah:

$$A = 2,084 - k \cdot \Delta T \dots\dots\dots (\text{Rumus 1})$$

Dimana

$$k = 0,399 e^{-460,17 (1/T)}$$

Dari rumus di atas dapat diketahui bahwa semakin tinggi suhu penyimpanan pigmen antosianin yang diekstrak dari ketan hitam maka nilai k semakin besar, hal ini merupakan indikasi bahwa masa kadaluarsa semakin singkat dan kestabilan pigmen antosianin semakin rendah. Kenyataan ini diperkuat oleh hasil penelitian yang menyatakan bahwa pigmen antosianin yang disimpan pada suhu tinggi memiliki kestabilan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pigmen antosianin yang disimpan pada suhu rendah (3). Memperkuat hal tersebut, hasil penelitian lain juga menyatakan bahwa konsentrasi antosianin yang diekstrak dengan pelarut air dari tanaman roselle (*Hibiscus sabdariffa*) sangat stabil pada suhu dingin (9)

Hubungan antara suhu dan reaksi kimia yang terjadi dipaparkan dalam konsep reaksi kesetimbangan dalam struktur antosianin terjadi secara endotermik dari kiri ke kanan sebagai berikut (10):



A : biru quinoidal

AH^+ : merah kation flavium

B : tak berwarna karbinol pseudobasa

C : tak berwarna kalkon

Dikarenakan reaksi kesetimbangan bersifat endotermis reaksi akan berlangsung lebih cepat pada suhu yang tinggi, menyebabkan terjadinya perubahan kation flavium yang berwarna merah menjadi karbinol pseudobasa yang tidak berwarna.

Terjadinya pembukaan cincin heterosiklik dan pembentukan kalkon sebagai tahap pertama dalam degradasi (5). Memperkuat hal tersebut, hasil



penelitian lain melaporkan bahwa antosianin yang dipanaskan pada pH 2-4 akan mengalami hidrolisis ikatan glikosida pada posisi 3 terlebih dahulu, lalu diikuti dengan konversi aglikon menjadi kalkon yang kemudian akan menghasilkan α -diketon (11).

1.1. Intensitas Warna

Pengukuran intensitas warna secara objektif dilakukan dengan menggunakan *colour reader*. Dengan menggunakan alat tersebut diperoleh nilai – nilai L, a dan b yang merupakan parameter warna dalam sistem pengukuran warna Hunter. Nilai L (*lightness*) adalah suatu nilai yang menyatakan gelap dan terangnya konsentrasi pigmen antosianin dari ketan hitam yang akan dianalisis. Nilai L ini sama dengan nilai *value* dalam sistem Munsell (12). Semakin besar nilai L, maka semakin terang atau cerah bahan tersebut (13).

Nilai L konsentrasi pigmen antosianin yang diekstrak dari ketan hitam selama penyimpanan pada suhu 25^oC disajikan pada berikut.

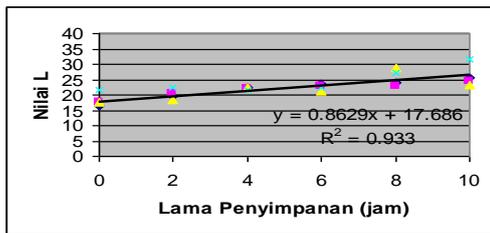


Figure 6. Graphic of L value of anthocyanin pigment of black glutinous rice in λ 550 nm during temperature of storage at 25^oC.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa selama penyimpanan pada suhu 25^oC terjadi peningkatan nilai L konsentrasi pigmen antosianin yang diekstrak dari ketan hitam. Pada awal penyimpanan nilai L terendah adalah 16,6 dan mengalami peningkatan pada akhir penyimpanan dengan nilai L tertinggi sebesar 31,8.

Pada suhu penyimpanan yang lebih tinggi yaitu suhu 50^oC, juga terjadi peningkatan nilai L pigmen antosianin yang diekstrak dari ketan hitam. Pada awal penyimpanan mempunyai nilai L terendah sebesar 16,6 dan peningkatan menjadi 34,9 pada akhir penyimpanan (Gambar 7).

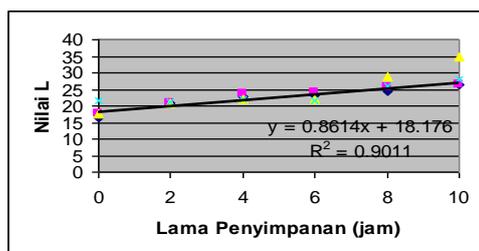


Figure 7. Graphic of L value of anthocyanin pigment of black glutinous rice in λ 550 nm during temperature of storage at 50^oC.

Hal yang sama juga terjadi pada suhu penyimpanan 75^oC dan suhu penyimpanan 95^oC (Gambar 8 dan Gambar 9). Pada awal penyimpanan nilai

L terendah sebesar 16,6 dan kemudian mengalami peningkatan pada akhir penyimpanan dengan nilai L tertinggi 35,5 untuk suhu penyimpanan 75^oC, dan sebesar 43,5 untuk suhu penyimpanan 95^oC.

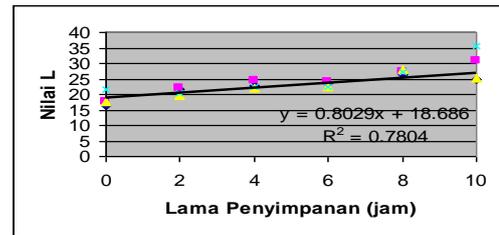


Figure 8. Graphic of L value of anthocyanin pigment of black glutinous rice in λ 550 nm during temperature of storage at 75^oC.

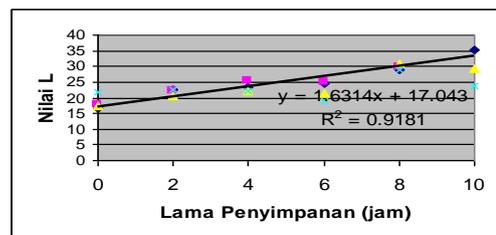


Figure 9. Graphic of L value of anthocyanin pigment of black glutinous rice in λ 550 nm during temperature of storage at 95^oC.

Peningkatan nilai L pigmen antosianin yang diekstrak dari ketan hitam terjadi disemua suhu penyimpanan. Semakin tinggi suhu penyimpanan, maka nilai L semakin besar. Nilai L yang besar menandakan warna bahan semakin mendekati warna putih yang berarti pigmen antosianin yang diekstrak dari ketan hitam mempunyai warna yang semakin pucat.

Dari grafik nilai L pigmen antosianin pada berbagai suhu penyimpanan diatas dapat diperoleh nilai-nilai persamaan linier sebagai berikut:

Table 2. Linear equation, k value and k_0 value at different temperature of storage from concentrate of anthocyanin pigment of black glutinous rice

Temp of strage (°C)	Linear Equation	K Value	k_0 Vlue
25	Y=	0.863	17.69
50	0.8629X+17.686	0.861	18.18
75	Y=	0.803	18.69
95	0.8614X+18.176	1.631	17.04
	Y=		
	0.8029X+18.686		
	Y=		
	1.6314X+17.043		

Apabila nilai-nilai k pada table diatas diterapkan dalam rumus Arrhenius, yaitu:



9 772406 823002

$$k = k_0 e^{-E/RT}$$

$$\text{atau } \ln k = \ln k_0 - E/RT$$

karena $\ln k_0$ dan $-E/R$ merupakan bilangan konstan, maka persamaan diatas dapat ditulis sebagai berikut:

$$\ln k = A + B \cdot 1/T$$

sehingga apabila setiap nilai k dan $1/T$ diplotkan dalam sebuah grafik, maka akan diperoleh gambar sebagai berikut:

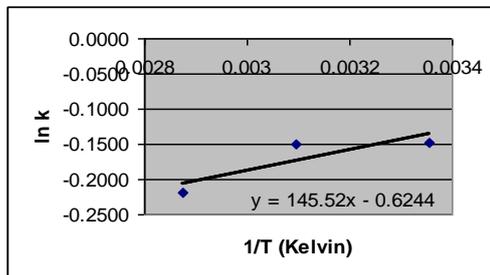


Figure 10. Graphic of the relation between k and $1/T$ of anthocyanin pigment of black glutinous rice base on L value at different temperature of storage.

Dengan demikian $\ln k = -0,6244 + 145,52 (1/T)$ maka, besarnya nilai E dapat diperoleh, yaitu sebagai berikut:

$$-E/R = B$$

$$-E/R = 145,52^{\circ}K$$

$$R = 1,986 \text{ kal/mol } ^{\circ}K$$

$$\text{Jadi } E = 289 \text{ kal/mol}$$

Dan nilai k_0 diperoleh sebagai berikut:

$$\ln k_0 = A$$

$$\ln k_0 = -0,6244$$

$$k_0 = 0,536$$

Dengan demikian nilai k untuk persamaan stabilitas pigmen antosianin dari ketan hitam adalah:

$$k = 0,536 \cdot e^{-145,52 (1/T)}$$

Dengan menggunakan nilai k tersebut, dapat ditentukan nilai L pada suhu tertentu, yaitu:

$$L = 16,66 - k \cdot \Delta T \dots\dots\dots (\text{Rumus 2})$$

Dimana

$$k = 0,536 \cdot e^{-145,52 (1/T)}$$

Dengan menggunakan kedua persamaan tersebut Rumus (1 dan 2.) dapat ditentukan nilai A ataupun L yang mengidentifikasi masa kadaluarsa antosianin.

1.2. Penentuan Masa Kadaluarsa

Dari hasil uji organoleptik diketahui, tingkat intensitas yang masih dapat diterima konsumen adalah pada nilai $A = 0,425$ dan nilai $L = 31,7$. Dengan menggunakan ambang batas tersebut, dapat ditentukan masa kadaluarsa pigmen antosianin yang diekstrak dari ketan hitam pada suhu ruang ($27^{\circ}C$), yaitu:

1). Nilai Absorbansi

$$A = 2,084 - k \cdot \Delta t \dots\dots\dots (\text{Rumus 1})$$

$$\text{Dimana } k = 0,399 \cdot e^{-460,17 (1/T)}$$

$$k = 0,399 \cdot e^{-460,17 (1/273+27)}$$

$$k = 0,399 \cdot e^{-460,17 (1/300)}$$

$$k = 0,08606 \text{ hari}$$

Penurunan nilai absorbansi pigmen antosianin yang diekstrak dari ketan hitam adalah:

$$A = 2,084 - 0,425$$

$$A = 1,659$$

$$\text{Masa kadaluarsa} = \frac{1,659}{0,08606 \text{ hari}}$$

$$= 19 \text{ hari}$$

2). Nilai Lightness (L)

$$L = 16,6 - k \cdot \Delta t \dots\dots\dots (\text{Rumus 2})$$

$$\text{Dimana } k = 0,536 \cdot e^{-145,52 (1/T)}$$

$$k = 0,536 \cdot e^{-145,52 (1/300)}$$

$$k = 0,3299 \text{ hari}$$

$$k = 0,3299 \text{ hari}$$

Penurunan nilai L pigmen antosianin yang diekstrak dari ketan hitam adalah:

$$L = 31,7 - 16,6$$

$$L = 15,1$$

$$\text{Masa kadaluarsa} = \frac{19,9}{0,3299 \text{ hari}}$$

$$= 46 \text{ hari}$$

2. Kesimpulan

Dari hasil pengamatan terhadap nilai absorbansi dan nilai L , diperoleh model kestabilan pigmen antosianin $k = 0,339 \cdot e^{-460,17(1/T)}$ dan $k = 0,536 \cdot e^{-145,52(1/T)}$. Dengan menggunakan model tersebut dapat ditentukan masa kadaluarsa pigmen yang mengindikasikan kestabilan pigmen antosianin yang diekstrak dari ketan hitam.

Daftar Pustaka

1. Winarno, F.G. Kimia pangan dan gizi. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta, 2012.
2. Hidayat, N., dan Saati, E. A. Membuat pewarna alami. Trubus Agrisarana: Surabaya, 2016.
3. Kurniawan, R. F. Stabilitas pigmen antosianin dari kulit ubi jalar terhadap faktor cahaya dan suhu penyimpanan. Skripsi Departemen Kimia. Institut Pertanian Bogor: Bogor, 2014.
4. Aligita, W. Isolasi antosianin dari ketan hitam (*Oryza sativa* L *forma Glutinosa*). Skripsi Program Studi Sains dan Teknologi Farmasi. Institut Teknologi Bandung: Bandung, 2017.
5. Markakis, P. Anthocyanins as food additives. Academic Press: New York, 2002.
6. Kumalaningsih, S. Antioksidan alami. Trubus Agrisarana: Surabaya, 2016.
7. Muliawati, T. A. Uji stabilitas pigmen antosianin bunga turi merah (*Sesbania grandiflora* (L) Pers) (kajian pemanasan, cahaya, dan logam). Skripsi Jurusan THP. Universitas Muhammadiyah Malang: Malang, 2017.
8. Syarif, R., dan Halid, H. Teknologi penyimpanan pangan. Arcan: Jakarta, 2003.
9. Esselen, W. B., and Sammy, G.M. Food Production Development. Wiley: New York, 2000.
10. Brouillard R. 2002. Chemical structure of anthocyanins. Di dalam: Harborne JB, editor. The flavonoids: advance in research since 1986. London: Chapman and Hall. Hlm 1675-1680.



11. .Sastrohamidjojo, H. Sintesis bahan alami. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta, 2006.
12. Pomeranz. Y, and C. E. Meloan. Food Analystist: theory and practice. The AVI Publh. Co. INC. Westport: Conecticut, 2000
13. Sahrial. Pengaruh perbandingan minyak/air dan substituen jantung terhadap mutu pasta ikan cakalang (*Katsuwonis Pelamis L*). Fakultas Teknologi Pertanian. Institute Pertanian Bogor: Bogor, 2006.

