

PENGARUH SUHU DAN LAMA PENYIMPANAN TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK DAN KIMIA SUSU BUBUK EDAMAME

The Effect of Temperature and Storage Time on Physical and Chemical Characteristics of Edamame Milk Powder

Zhafirah Catur Setyani, Tri Dewanti Widyaningsih, Dego Yusa Ali*

Departemen Ilmu Pangan dan Bioteknologi, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang 65145

*Email: dego@ub.ac.id

ABSTRAK

Susu bubuk edamame akan memiliki peluang yang sangat baik di pasaran karena memiliki kandungan nutrisi yang baik. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui hubungan suhu dan lama penyimpanan terhadap karakteristik mutu susu bubuk edamame menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan 2 faktor yakni faktor suhu penyimpanan (35°C, 45°C, dan 55°C) dan lama penyimpanan (hari ke-0, 7, 14, 21, 28, dan 35). Data dianalisis dengan ANOVA dengan selang kepercayaan 95% dan dilanjutkan dengan uji Fisher, uji Tukey, dan uji DMRT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa susu bubuk edamame memiliki kadar air awal 4,67%, kelarutan 88,14%, aw 0,51, tingkat penggumpalan 12,29%, nilai TBA 0,353 mg/kg, dan rerata uji warna L: 76,3, a: -2,8, dan b: +26,7. Setelah dilakukan penyimpanan selama 35 hari terlihat bahwa suhu dan lama penyimpanan berpengaruh nyata terhadap kadar air, aw, penggumpalan, nilai TBA dan warna (L*, a*, b*) dari susu edamame. Sementara itu, parameter kelarutan hanya dipengaruhi oleh lama penyimpanan.

Kata kunci: Edamame, susu bubuk, penyimpanan

ABSTRACT

Edamame milk powder will have a very good chance in the market because it has good nutritional content. The aim of this research is to determine the relationship between temperature and storage time on quality characteristics and shelf life of edamame milk powder used a completely randomized factorial design with 2 factors, namely storage temperature factors (35°C, 45°C, and 55°C) and storage time (days 0, 7, 14, 21, 28, and 35). Data were analyzed by ANOVA with 95% confidence interval and followed by Fisher's test, Tukey's test, and DMRT test. The results showed that edamame milk powder had an initial moisture content of 4.67%, solubility 88.14%, aw 0.51, agglomeration rate 12.29%, TBA value 0.353 mg/kg, and the mean color test L: 76.3, a: -2.8, and b: +26.7. After 35 days of storage, it was seen that the temperature and storage time had a significant effect on the moisture content, water activity, agglomeration, TBA value and color of edamame milk. Meanwhile, the solubility parameter is only affected by storage time.

Keywords: Edamame, storage time, milk powder, storage temperature

PENDAHULUAN

Edamame merupakan sayuran jenis kedelai berwarna hijau dengan nilai nutrisi yang lebih lengkap diantaranya asam amino esensial, isoflavin, dan genistein (Dewi, 2015). Umumnya, edamame dikonsumsi sebagai snack atau diolah menjadi produk minuman yakni sari edamame. Namun, produk dengan kadar air yang tinggi cenderung memiliki umur simpan yang lebih singkat. Salah satu produk yang dapat dikembangkan adalah susu bubuk edamame. Produk ini akan memiliki peluang yang sangat baik di pasaran karena tinggi protein dan mengandung sembilan asam amino esensial serta dapat digunakan sebagai alternatif pengganti susu sapi bagi orang yang menderita lactose intolerant dan alergi kasein (Dita, 2019).

Susu edamame akan lebih baik jika dikembangkan dalam fase bubuk karena massa dan volumenya lebih kecil sehingga lebih ekonomis dan efisien dari segi pendistribusian serta umur simpannya lebih panjang. Pembuatan susu bubuk edamame dapat dilakukan dengan metode foam mat drying yang melibatkan adanya perubahan bahan dari bentuk cairan menjadi busa (foam) dengan menambahkan zat pembuih/zat pengembang (foaming agent) dan foam stabilizer.

Dalam mempertahankan kualitas produk pangan terdapat beberapa faktor yang berperan diantaranya adalah faktor suhu dan lama penyimpanan yang dapat mempengaruhi karakteristik mutu susu bubuk sehingga penting

untuk diperhatikan. Susu bubuk yang disimpan selama beberapa waktu akan memiliki karakteristik mutu yang berbeda karena terjadi degradasi mutu yang akan berpengaruh terhadap umur simpannya. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan karakteristik mutu susu bubuk edamame selama proses penyimpanan.

METODOLOGI PENELITIAN

Desain Penelitian

Desain penelitian yang dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dengan 2 faktor yakni faktor suhu penyimpanan (35°C, 45°C, dan 55°C) dan lama penyimpanan (hari ke-0, 7, 14, 21, 28, dan 35) yang diulang sebanyak 3 kali. Data dianalisis dengan ANOVA dengan selang kepercayaan 95% dan dilanjutkan dengan uji Fisher untuk faktor suhu penyimpanan, uji Tukey untuk faktor lama penyimpanan, dan uji DMRT untuk interaksi antara kedua faktor.

Tahapan penelitian

Proses pembuatan susu edamame cair mengacu pada metode Setiyowati (2019) yang diawali dengan memilih biji edamame yang utuh, tidak keropos dan berlubang lalu dibersihkan kulit luar dan kulit arinya. Selanjutnya, biji edamame dicuci dengan air mengalir. Lalu, biji edamame direbus dengan suhu $\pm 80^{\circ}\text{C}$ selama 3 menit. Setelah itu, biji edamame digiling menggunakan blender hingga halus dengan perbandingan air dan edamame adalah 4 : 1. Kemudian, bubuk edamame

yang dihasilkan disaring menggunakan kain saring hingga diperoleh filtrat. Lalu, filtrat dipasteurisasi pada suhu sekitar 85°C selama 15 menit hingga diperoleh susu edamame cair. Proses selanjutnya adalah pengubahan dari bentuk cairan menjadi bubuk menggunakan metode *foam-mat drying* yang mengacu pada metode Purbasari (2019). Susu edamame cair dicampur dengan tween 80 (1%) yang berfungsi sebagai bahan pembusa (*foaming agent*) dan diaduk hingga homogen menggunakan mixer selama 3 menit. Kemudian, dilakukan penambahan dekstrin (10%) yang berfungsi sebagai bahan penstabil dan diaduk menggunakan mixer selama 5 menit. Lalu, susu edamame dituang pada loyang stainless steel dengan ketebalan 2 mm. Proses selanjutnya adalah pengeringan menggunakan cabinet dryer dengan suhu 80°C selama 4-5 jam. Lembaran kering hasil pengeringan susu edamame selanjutnya dihancurkan menggunakan blender hingga halus lalu diayak menggunakan ayakan 80 mesh sehingga diperoleh bubuk susu dengan tingkat kehalusan yang seragam. Kemudian, susu bubuk edamame dikemas dalam kemasan aluminium foil dan disimpan pada tiga suhu

penyimpanan, yakni 35°C, 45°C, dan 55°C untuk diuji kadar air, aktivitas air, kelarutan, penggumpalan, nilai TBA dan uji warna (L^* , a^* , b^*) setiap 7 hari sekali selama 35 hari.

Prosedur Analisis

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini antara lain kadar air (AOAC, 1995 dalam Manasika dan Widjanarko, 2014), aktivitas air (Pawkit, 2017), kelarutan (Susanti dan Putri, 2014), penggumpalan (Molina, 2019), nilai Thiobarbituric Acid (TBA) (Tarlakis et al di dalam Sudarmadji, 2007) dan uji warna (L^* , a^* , b^*) (Manasika dan Widjanarko, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. KADAR AIR

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan faktor suhu dan lama penyimpanan memberikan pengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap nilai kadar air susu bubuk edamame. Kadar air susu bubuk edamame menunjukkan kenaikan selama 35 hari proses penyimpanan pada 3 suhu yang berbeda. Rerata kadar air susu bubuk edamame terhadap perlakuan suhu dan lama penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 1. Rerata Kadar Air Susu Bubuk Edamame Akibat Perbedaan Suhu Penyimpanan

Suhu Penyimpanan (°C)	Kadar Air (%)
35	5,07 ± 0,309 ^a
45	5,15 ± 0,323 ^{ab}
55	5,24 ± 0,373 ^b

Keterangan:

1. Data merupakan rata-rata dari 3 kali ulangan dengan angka setelah ± adalah standar deviasi
2. Angka yang didampingi notasi berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($\alpha=0,05$)

Tabel 2. Rerata Kadar Air Susu Bubuk Edamame Akibat Perbedaan Waktu Penyimpanan

Lama penyimpanan (hari)	Kadar air (%)
0	4,67 ± 0,205 ^d
7	4,87 ± 0,196 ^d
14	5,16 ± 0,105 ^c
21	5,27 ± 0,085 ^{bc}
28	5,40 ± 0,112 ^{ab}
35	5,55 ± 0,157 ^a

Keterangan:

1. Data merupakan rata-rata dari 3 kali ulangan dengan angka setelah \pm adalah standar deviasi
2. Angka yang didampingi notasi berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($\alpha=0,05$)

Terjadinya perubahan kadar air dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Menurut Puspitasari *et al.*, (2020), peningkatan kadar air pada produk pangan dipengaruhi oleh suhu dan permeabilitas kemasan. Lebih lanjut, Putri (2016), menyatakan bahwa adanya permeabilitas kemasan dapat menyebabkan naiknya kadar air. Penggunaan suhu penyimpanan yang berbeda dapat berpengaruh terhadap sifat permeabilitas bahan kemasan. Menurut Ijayanti (2020) semakin kecil permeabilitas uap air kemasan maka daya tembus uap air semakin kecil pula, begitupun sebaliknya. Semakin tinggi suhu penyimpanan yang digunakan maka akan meningkatkan permeabilitas bahan kemasan terhadap uap air. Hal tersebut akan menyebabkan semakin banyak uap air dari lingkungan yang dapat melewati bahan kemasan. Lebih lanjut, Miskiyah dan Yuanita (2020) menyatakan bahwa perubahan kadar air tersebut terjadi akibat adanya absorpsi uap air dari lingkungan ke dalam bahan.

2. NILAI THIOBARBITURIC ACID (TBA)

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, diperoleh hasil bahwa faktor suhu dan lama penyimpanan berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap nilai TBA susu bubuk edamame. Kemudian, antara suhu dan lama waktu penyimpanan menunjukkan interaksi yang berpengaruh nyata terhadap nilai TBA susu bubuk edamame ($\alpha = 0,05$). Semakin lama waktu penyimpanan dan semakin tinggi suhu maka nilai TBA pada sampel semakin meningkat. Rerata nilai TBA susu bubuk edamame dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Rerata Nilai TBA Susu Bubuk Edamame Terhadap Berbagai Perlakuan Suhu dan Lama Penyimpanan

Perlakuan	Nilai TBA (mg malonaldehid/kg sampel)		
	35°C	45°C	55°C
Hari ke-0	0,353 ± 0,011 ^a	0,353 ± 0,011 ^a	0,353 ± 0,011 ^a
Hari ke-7	0,376 ± 0,005 ^b	0,405 ± 0,008 ^c	0,439 ± 0,008 ^d
Hari ke-14	0,415 ± 0,012 ^{cd}	0,457 ± 0,005 ^e	0,496 ± 0,009 ^f
Hari ke-21	0,452 ± 0,008 ^e	0,496 ± 0,012 ^f	0,559 ± 0,004 ^h
Hari ke-28	0,541 ± 0,005 ^g	0,608 ± 0,008 ⁱ	0,673 ± 0,012 ^j
Hari ke-35	0,593 ± 0,008 ⁱ	0,682 ± 0,005 ^j	0,75 ± 0,027 ^k

Keterangan :

1. Data merupakan rata-rata dari 3 kali ulangan dengan angka setelah ± adalah standar deviasi
2. Angka yang didampingi notasi berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($\alpha = 0,05$)

Berdasarkan hasil penelitian, nilai TBA susu bubuk edamame semakin meningkat dengan adanya peningkatan suhu penyimpanan akibat susu bubuk edamame yang disimpan pada suhu tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Hasibuan *et al.*, (2019) dimana salah satu faktor yang menyebabkan kenaikan nilai TBA adalah suhu. Bertambahnya waktu penyimpanan juga menyebabkan nilai TBA pada susu bubuk edamame semakin meningkat. Menurut Purnamasari dan Zain (2012) menyatakan bahwa lama waktu penyimpanan akan mempengaruhi terjadinya ketengikan pada makanan dimana semakin lama penyimpanan suatu bahan pangan maka nilai TBA yang dihasilkan semakin tinggi pula. Terjadinya peningkatan nilai TBA tersebut disebabkan oleh proses penyimpanan dalam waktu yang relatif lama akan memicu terjadinya reaksi oksidasi lemak pada bahan pangan. Sehingga terjadinya peningkatan nilai TBA menunjukkan bahwa selama periode penyimpanan telah terjadi reaksi oksidasi lemak. Menurut Muchtadi *et al.*,

(2011) peristiwa tersebut dapat terjadi karena selama proses penyimpanan, lemak dan minyak pada bahan pangan mengalami proses oksidasi yang menghasilkan komponen seperti aldehid, keton, dan asam lemak yang dapat menyebabkan terjadinya ketengikan.

3. PENGUMPALAN

Berdasarkan Tabel 4 terlihat bahwa tingkat penggumpalan susu bubuk edamame mengalami peningkatan seiring dengan lama penyimpanan pada setiap kondisi suhu. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa suhu dan lama waktu penyimpanan berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap tingkat penggumpalan susu bubuk edamame. Kemudian, antara suhu dan lama waktu penyimpanan menunjukkan interaksi yang berpengaruh nyata terhadap tingkat penggumpalan susu bubuk edamame ($\alpha = 0,05$). Tabel 4 menunjukkan rerata tingkat penggumpalan pada susu bubuk edamame yang disimpan pada 3 kondisi suhu penyimpanan selama 35 hari.

Tabel 4. Rerata Tingkat Penggumpalan Susu Bubuk Edamame Terhadap Berbagai Perlakuan Suhu dan Lama Penyimpanan

Perlakuan	Tingkat Penggumpalan (%)		
	35°C	45°C	55°C
Hari ke-0	12,29 ± 0,014 ^a	12,29 ± 0,014 ^a	12,29 ± 0,014 ^a
Hari ke-7	12,41 ± 0,223 ^{ab}	12,7 ± 0,180 ^{bcd}	12,94 ± 0,100 ^{cde}
Hari ke-14	12,63 ± 0,316 ^{abc}	12,96 ± 0,156 ^{cde}	13,45 ± 0,125 ^{gh}
Hari ke-21	13,07 ± 0,144 ^{def}	13,35 ± 0,565 ^{fgh}	13,88 ± 0,085 ⁱ
Hari ke-28	13,3 ± 0,085 ^{efg}	13,71 ± 0,251 ^{hi}	14,39 ± 0,233 ^j
Hari ke-35	13,47 ± 0,172 ^{gh}	13,85 ± 0,31 ⁱ	16,07 ± 0,26 ^k

Keterangan :

1. Data merupakan rata-rata dari 3 kali ulangan dengan angka setelah ± adalah standar deviasi
2. Angka yang didampingi notasi berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($\alpha = 0,05$)

Dari data tersebut terlihat bahwa rerata tingkat penggumpalan susu bubuk edamame semakin meningkat seiring dengan bertambahnya suhu dan lama waktu penyimpanan. Sifat susu bubuk edamame yang higroskopis mengakibatkan susu bubuk menjadi lengket hingga dapat terbentuk gumpalan selama penyimpanan. Fenomena penggumpalan juga berkaitan dengan kadar air pada suatu bahan. Priyanto *et al.*, (2008) menyatakan bahwa selama proses penyimpanan partikel dapat saling bergabung sebagai suatu aglomerat. Proses aglomerasi tersebut diasosiasikan dengan adanya perubahan kadar air akibat absorpsi uap air dari lingkungan. Akibatnya permukaan bahan menjadi lengket dan

menyebabkan kohesi antar partikel membentuk *cluster* dimana penggabungan beberapa *cluster* menghasilkan fenomena penggumpalan.

4. AKTIVITAS AIR

Nilai Aktivitas air susu bubuk edamame pada semua suhu perlakuan mengalami peningkatan sampai akhir penyimpanan. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, faktor suhu dan lama penyimpanan berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap nilai aktivitas air susu bubuk edamame. Rerata nilai aktivitas air susu bubuk edamame terhadap perlakuan suhu dan lama penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 5. Rerata Nilai Aktivitas Air Susu Bubuk Edamame Akibat Perbedaan Suhu Penyimpanan

Suhu penyimpanan (°C)	Aktivitas Air
35	0,53 ± 0,023 ^a
45	0,54 ± 0,032 ^b
55	0,56 ± 0,045 ^c

Keterangan:

1. Data merupakan rata-rata dari 3 kali ulangan dengan angka setelah ± adalah standar deviasi
2. Angka yang didampingi notasi berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($\alpha=0,05$)

Tabel 6. Rerata Nilai Aktivitas Air Susu Bubuk Edamame Akibat Perbedaan Waktu Penyimpanan

Lama penyimpanan (hari)	Aktivitas air
0	0,51 ± 0,022 ^d
7	0,52 ± 0,018 ^d
14	0,53 ± 0,018 ^{cd}
21	0,55 ± 0,024 ^{bc}
28	0,57 ± 0,029 ^{ab}
35	0,59 ± 0,028 ^a

Keterangan:

1. Data merupakan rata-rata dari 3 kali ulangan dengan angka setelah ± adalah standar deviasi
2. Angka yang didampingi notasi berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($\alpha=0,05$)

Meningkatnya suhu dan lama waktu penyimpanan berdampak pada nilai aktivitas air susu bubuk edamame yang semakin meningkat. Pada bahan pangan, aktivitas air berkaitan erat dengan kadar air. Legowo *et al.*, (2007) menyatakan bahwa hubungan kadar air dengan aktivitas air ditunjukkan dengan kecenderungan bahwa semakin tinggi kadar air maka nilai aktivitas airnya pun semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena permeabilitas bahan kemasan yang meningkat seiring dengan semakin tinggi suhu penyimpanan yang akan menyebabkan uap air dari lingkungan yang melewati bahan kemasan menjadi semakin banyak (Puspitasari, 2020). Hal tersebut mengakibatkan produk menyerap uap air dari lingkungan sehingga kadar air bahan meningkat yang dapat berpengaruh pada perubahan nilai aktivitas air.

5. KELARUTAN

Tingkat kelarutan susu bubuk edamame yang disimpan pada berbagai suhu penyimpanan mengalami penurunan seiring dengan semakin tingginya suhu penyimpanan dan bertambahnya waktu penyimpanan. Hasil analisis ragam menunjukkan faktor lama penyimpanan memberikan pengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap nilai kadar kelarutan susu bubuk edamame. Sementara itu, faktor suhu penyimpanan tidak memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap kelarutan susu bubuk edamame. Rerata nilai kelarutan susu bubuk edamame akibat perbedaan suhu dan lama waktu penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 7 dan 8 sebagai berikut.

Tabel 7. Rerata Kelarutan Susu Bubuk Edamame Akibat Perbedaan Suhu Penyimpanan

Suhu penyimpanan (°C)	Kelarutan (%)
35	87,36 ± 0,973
45	87,18 ± 1,032
55	86,99 ± 1,121

Keterangan:

1. Data merupakan rata-rata dari 3 kali ulangan dengan angka setelah ± adalah standar deviasi
2. Angka yang didampingi notasi berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($\alpha = 0,05$)

Tabel 8. Rerata Kelarutan Susu Bubuk Edamame Akibat Perbedaan Waktu Penyimpanan

Lama penyimpanan (hari)	Kelarutan
0	88,14 ± 0,879 ^a
7	87,49 ± 0,884 ^{ab}
14	87,28 ± 0,908 ^{ab}
21	87,07 ± 0,952 ^{ab}
28	86,70 ± 0,924 ^{ab}
35	86,37 ± 0,899 ^b

Keterangan:

1. Data merupakan rata-rata dari 3 kali ulangan dengan angka setelah ± adalah standar deviasi
2. Angka yang didampingi notasi berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($\alpha = 0,05$)

Ernawati (2010) dalam Permatasari dan Afifah (2020) menyatakan bahwa kelarutan suatu bahan dipengaruhi oleh kadar airnya dimana semakin tinggi kadar air suatu bahan maka semakin rendah kelarutannya dikarenakan produk cenderung membentuk butiran yang lebih besar tetapi tidak *porous*. Dalam penelitian ini diperoleh hasil bahwa kadar air susu bubuk edamame berbanding terbalik dengan kelarutannya. Dimana semakin meningkatnya suhu penyimpanan maka kadar air yang semakin besar sementara kelarutan susu bubuk edamame semakin kecil. Menurut Permata dan Sayuti (2016), kadar air yang tinggi pada bahan dapat mengganggu proses rekonstitusi yang menyebabkan terjadinya penggumpalan pada waktu penambahan air sebelum dikonsumsi. Terjadinya peningkatan kadar air dalam bahan

pangan akan membentuk ikatan yang dapat menyebabkan terbentuknya gumpalan. Akibatnya, bahan tidak mampu menyerap air dalam jumlah yang besar dan dibutuhkan waktu yang lama untuk memecah ikatan antar partikel serta mengakibatkan kemampuan produk untuk larut menjadi menurun.

6. WARNA

Nilai Kecerahan (L^*)

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa faktor suhu dan lama penyimpanan memberi pengaruh nyata terhadap tingkat kecerahan susu bubuk edamame ($\alpha = 0,05$). Pada parameter gabungan (interaksi suhu dan lama waktu penyimpanan), terlihat perbedaan nyata terhadap tingkat kecerahan susu bubuk ($\alpha = 0,05$).

Tabel 9. Rerata Nilai Kecerahan Susu Bubuk Edamame Terhadap Berbagai Perlakuan Suhu dan Lama Penyimpanan

Perlakuan	Tingkat Kecerahan (L*)		
	35°C	45°C	55°C
Hari ke-0	76,3 ± 0,153 ^d	76,3 ± 0,153 ^f	76,3 ± 0,153 ^e
Hari ke-7	76,2 ± 0,3 ^d	75,7 ± 0,058 ^e	74,9 ± 0,153 ^d
Hari ke-14	75,3 ± 0,360 ^c	75,2 ± 0,208 ^d	74,1 ± 0,2 ^c
Hari ke-21	74,9 ± 0,265 ^b	74,8 ± 0,058 ^c	73,7 ± 0,265 ^b
Hari ke-28	74,6 ± 0,153 ^b	74,1 ± 0,058 ^b	73,2 ± 0,252 ^a
Hari ke-35	74,2 ± 0,153 ^a	73,6 ± 0,153 ^a	73,1 ± 0,265 ^a

Keterangan :

1. Data merupakan rata-rata dari 3 kali ulangan dengan angka setelah ± adalah standar deviasi
2. Angka yang didampingi notasi berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($\alpha = 0,05$)

Nilai L* yang mengindikasikan intensitas kecerahan produk mengalami penurunan selama penyimpanan. Hal tersebut berarti semakin tinggi suhu dan lama penyimpanan maka tingkat kecerahan susu bubuk semakin berkurang. Susu bubuk edamame yang dihasilkan berwarna hijau muda. Warna tersebut berasal dari zat warna alami yang terkandung pada edamame yaitu klorofil (Riyanto *et al.*, 2014). Terjadinya penurunan tingkat kecerahan pada susu bubuk edamame diduga disebabkan oleh pigmen klorofil yang mengalami degradasi. Menurut Arrohmah (2007), klorofil bersifat labil terhadap pengaruh cahaya, suhu, dan oksigen sehingga pigmen tersebut mudah mengalami degradasi. Lamanya waktu penyimpanan yang meningkat pun mengakibatkan

warna susu bubuk edamame semakin memudar. Hal tersebut sesuai dengan Yilmaz dan Gokmen (2016) dalam Aryanti *et al.*, (2016) yang menyatakan bahwa bertambahnya waktu penyimpanan akan menurunkan konsentrasi klorofil dalam bahan.

Nilai Kemerahan (a*)

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa faktor suhu dan lama penyimpanan memberi pengaruh nyata terhadap tingkat kemerahan susu bubuk edamame ($\alpha = 0,05$). Pada parameter gabungan (interaksi suhu dan lama waktu penyimpanan) menunjukkan adanya perbedaan nyata terhadap tingkat kemerahan susu bubuk ($\alpha = 0,05$).

Tabel 10. Rerata Nilai Kemerahan Susu Bubuk Edamame Terhadap Berbagai Perlakuan Suhu dan Lama Penyimpanan

Perlakuan	Tingkat Kemerahan (a*)		
	35°C	45°C	55°C
Hari ke-0	-2,8 ± 0,208 ^a	-2,8 ± 0,208 ^a	-2,8 ± 0,208 ^a
Hari ke-7	-2,7 ± 0,208 ^{ab}	-2,4 ± 0,058 ^{abcd}	-2,3 ± 0,153 ^{bode}
Hari ke-14	-2,7 ± 0,361 ^{ab}	-2,2 ± 0,058 ^{cde}	-2,1 ± 0,2 ^{def}
Hari ke-21	-2,6 ± 0,265 ^{abc}	-1,9 ± 0,1 ^{efgh}	-1,7 ± 0,058 ^{fgh}
Hari ke-28	-2,3 ± 0,153 ^{bode}	-1,7 ± 0,058 ^{gh}	-1,5 ± 0,058 ^h
Hari ke-35	-2 ± 0,153 ^{defg}	-1,5 ± 0,1 ^h	-0,9 ± 0,173 ⁱ

Keterangan :

1. Data merupakan rata-rata dari 3 kali ulangan dengan angka setelah ± adalah standar deviasi
2. Angka yang didampingi notasi berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($\alpha = 0,05$)

Nilai kemerahan yang diperoleh bernilai negatif (-) yang mengindikasikan bahwa warna yang dihasilkan lebih dominan warna hijau dibanding warna merah. Warna hijau pada edamame berasal dari pigmen klorofil yang merupakan pigmen alami pemberi warna hijau pada tumbuhan. Ariyantini (2017) menyatakan bahwa terdapat dua macam klorofil yakni klorofil a yang berwarna biru kehijauan dan klorofil b yang berwarna hijau kekuningan. Hasil yang diperoleh menunjukkan nilai kekuningan susu bubuk edamame semakin meningkat seiring dengan meningkatnya suhu dan lama penyimpanan yang berarti warna hijau pada susu bubuk edamame semakin menurun. Terjadinya penurunan intensitas warna hijau pada susu bubuk edamame diduga disebabkan oleh pigmen klorofil yang mengalami degradasi. Nurusholah *et al.*, (2014) menyatakan

bahwa klorofil a dan b mengalami penurunan selama proses penyimpanan. Hal tersebut disebabkan oleh sifat klorofil yang sangat labil dan mudah mengalami degradasi karena beberapa faktor seperti suhu, enzim, dan asam.

Nilai Kekuningan (b*)

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa suhu dan lama penyimpanan memberikan pengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap tingkat kekuningan (b*) susu bubuk edamame. Selanjutnya, antara faktor suhu dan lama penyimpanan tidak menunjukkan adanya interaksi terhadap tingkat kekuningan (b*) susu bubuk edamame ($\alpha = 0,05$). Rerata nilai kekuningan (b*) susu bubuk edamame akibat perbedaan suhu dan lama waktu penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 11 dan 12 sebagai berikut.

Tabel 11. Rerata Nilai Kekuningan Susu Bubuk Edamame Akibat Perbedaan Suhu Penyimpanan

Suhu penyimpanan (°C)	Tingkat Kekuningan (b*)
35	27,51 ± 0,714 ^a
45	27,93 ± 0,875 ^b
55	28,21 ± 1,011 ^c

Keterangan :

1. Data merupakan rata-rata dari 3 kali ulangan dengan angka setelah ± adalah standar deviasi
2. Angka yang didampingi notasi berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($\alpha=0,05$)

Tabel 12. Rerata Nilai Kekuningan Susu Bubuk Edamame Akibat Perbedaan Waktu Penyimpanan

Lama penyimpanan (hari)	Tingkat Kekuningan (b*)
0	26,73 ± 0,478 ^e
7	27,15 ± 0,321 ^d
14	27,76 ± 0,292 ^c
21	27,96 ± 0,485 ^c
28	28,59 ± 0,437 ^b
35	29,11 ± 0,481 ^a

Keterangan :

1. Data merupakan rata-rata dari 3 kali ulangan dengan angka setelah ± adalah standar deviasi
2. Angka yang didampingi notasi berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($\alpha=0,05$)

Hasil penelitian menunjukkan nilai kekuningan yang diperoleh bernilai positif (+) yang berarti bahwa warna susu bubuk edamame lebih dominan kekuningan. Warna tersebut diperoleh akibat adanya zat warna alami pada edamame yakni klorofil. Menurut Ariyantini (2017) klorofil merupakan pigmen pemberi warna hijau dimana terdapat dua jenis klorofil pada tumbuhan yakni klorofil a yang memiliki warna hijau kebiruan dan klorofil b yang berwarna hijau kekuningan. Berdasarkan hasil penelitian, nilai b* semakin meningkat seiring meningkatnya suhu dan lama waktu penyimpanan diduga terjadi akibat adanya degradasi klorofil yang cukup sensitif terhadap perubahan temperatur. Peristiwa tersebut menyebabkan klorofil dapat terdegradasi selama penyimpanan dengan suhu tinggi Prasetyo et al.,

(2011). Oleh karena itu, intensitas warna pada susu bubuk edamame semakin menurun yang ditandai dengan nilai kekuningan yang semakin meningkat.

KESIMPULAN

Suhu penyimpanan ($\alpha = 0,05$) berpengaruh nyata terhadap kadar air, nilai aktivitas air, nilai TBA, tingkat penggumpalan, dan warna (nilai kecerahan (L*), nilai kemerahan (a*), dan nilai kekuningan (b*)) tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap kelarutan susu bubuk edamame. Sementara lama waktu penyimpanan ($\alpha = 0,05$) berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter uji dan terjadi interaksi antara faktor suhu dan lama penyimpanan ($\alpha = 0,05$) pada parameter nilai TBA, tingkat penggumpalan, nilai kecerahan (L*), nilai kemerahan (a*).

DAFTAR PUSTAKA

- Aryanti, N., Nafiunisa, A. and Willis, F.M. 2016. Ekstraksi dan Karakterisasi Klorofil dari Daun Suji (*Pleomele angustifolia*) Sebagai Pewarna Pangan Alami. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 5 (4): 129-135
- Ariyantini, M.D. 2017. Inaktivasi Enzim Protease Pada Puree Edamame (*Glycine Max*) Menggunakan Teknik Pulsed Electric Field (PEF). Skripsi. Jurusan Teknologi Hsail Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.
- Arrohmah. 2007. Studi Karakteristik Klorofil Pada Daun Sebagai Material Photodetector Organic. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret
- Dewi, E.N.A. 2015. Pengaruh Perbedaan Metode Ekstraksi Terhadap Kadar Genistein dan Aktivitas Hambatan Tirozinase Edamame (*Glycine max*) in Vitro. Skripsi. Universitas Jember. Jember.
- Dita, F.A. 2019. Perbandingan Sari Buah Black Mulberry (*Morus nigra* L.) dengan Sari Kacang Edamame (*Glycine max* L. Merrill) dan Konsentrasi Sukrosa Terhadap Karakteristik Sorbet Mulberry. Skripsi. Universitas Pasundan. Bandung.
- Hasany, M.R., Afrianto, E. & Pratama, R.I. 2017. Pendugaan Umur Simpan Menggunakan Metode Accelerated Shelf Life Test (ASLT) Model Arrhenius Pada *Fruit Nori*. *Jurnal Perikanan dan Ilmu Kelautan*, 8 (1): 48-55.
- Hasibuan, M.N., Indarti, E. & Erfiza, N.M. 2019. Analisis Organoleptik (Aroma dan Warna) dan Nilai TBA Dalam Pendugaan Umur Simpan Bumbu Mi Aceh Dengan Metode Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) Menggunakan Persamaan Arrhenius. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 11(2): 69-74.
- Ijayanti, N., Listanti, R. & Ediaty, R.. 2020. Pendugaan Umur Simpan Serbuk Wedang Uwuh Menggunakan Metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Testing*) Dengan Pendekatan Arrhenius. *Jurnal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*, 1(1): 46-60.
- Istiqomah, W. 2021. Karakteristik Yoghurt Spirulina Bubuk Dengan Starter *Lactobacillus Plantarum* Sk (5) Selama Penyimpanan. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Kurniawan, H. 2020. Pengaruh Kadar Air Terhadap Nilai Warna CIE Pada Gula Semut. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 9(3): 213-221
- Legowo, A.M., Nurwantoro & Sutaryo. 2007. Buku Ajar Analisis Pangan. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Manasika, A. & Widjanarko, S.B. 2014. Ekstraksi Pigmen Karotenoid Labu Kabocha Menggunakan Metode Ultrasonik (Kajian Rasio Bahan: Pelarut dan Lama Ekstraksi). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(3): 928-938.
- Miskiyah, J. & Yuanita, L. 2020. Mutu Starter Kering Yoghurt Probiotik di Berbagai Suhu Selama Penyimpanan. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 17 (1): 15 – 23.
- Molina, J.R.G. & Hutasingh, N. 2019. Effect of Unit Operations on Food Particles – Evaluated by Image Analysis and Correlated With Mechanical Test. Master Thesis. Lund University. Lund.
- Muchtadi, T., Sugiyono & Ayustaningwarno, F. 2011. Ilmu Pengetahuan Bahan: Analisis Bahan. Institut Pertanian Bogor Press, Bogor.
- Nurusholah, T., Ma'ruf, W.F. & Ibrahim, R. 2014. Pengaruh Perbedaan Penambahan Konsentrasi ZnCl₂ Dalam Ekstrak Kasar

- Pigmen Klorofil Rumput Laut *Sargassum* sp. Terhadap Stabilitasnya. Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan, 3 (1): 89-97.
- Permata, D.A. & Sayuti, K. 2016. Pembuatan Minuman Serbuk Instan Dari Berbagai Bagian Tanaman Meniran (*Phyllanthus niruri*). Jurnal Teknologi Pertanian Andalas., 20, No.1: 44-49.
- Permatasari, N.A. & Afifah, F. 2020. Pembuatan dan Pengujian Stabilitas Bubuk Pewarna Alami dari Daun Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss.). Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri, 8, No. 3: 409-422.
- Prasetyo, S., Sunjaya, H. & Yanuar N.Y. 2011. Pengaruh Rasio Massa Daun Suji / Pelarut, Temperatur dan Jenis Pelarut Pada Ekstraksi Klorofil Daun Suji Secara Batch Dengan Pengontakan Dispersi. Bandung: Universitas Katolik Prahayangana.
- Priyanto, G., Sari, G. & Hamzah, B. 2008. Profil dan Laju Perubahan Mutu Tepung Kecambah Kacang Hijau Selama Penyimpanan. Jurnal Agribisnis dan Industri Pertanian, 7(3): 347-359.
- Purbasari, D. 2019. Aplikasi Metode Foam-Mat Drying dalam Pembuatan Bubuk Susu Kedelai Instan. Jurnal Agroteknologi, 13(1): 52-61.
- Purnamasari, E, Nurhasni, & W.N.H. Zain. 2012. Nilai Thiobarbituric Acid (TBA) dan Kadar Lemak Dendeng Daging Kambing yang Direndam Dalam Jus Daun Sirih (*Piper Bette* L.) Pada Konsentrasi dan Lama Penyimpanan yang Berbeda. Jurnal Peternakan, 9 (2): 46-54.
- Puspitasari, E., Sutan, S.M. & Latriyanto, A. 2020. Pendugaan Umur Simpan Keripik Kelapa (*Cocos nucifera* L.) Menggunakan Metode Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) Model Pendekatan Persamaan Arrhenius. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem, 8(1): 36-45.
- Putri, A.I. 2016. Pendugaan Umur Simpan Keripik Tempe yang Dikemas Dengan Berbagai Jenis Kemasan dan Disimpan Pada Suhu Penyimpanan Berbeda. Universitas Pasundan, Bandung.
- Riyanto, C., Purwijantiningsih, L.M.E & Pranata, F.S.. 2014. Kualitas Mi Basah Dengan Kombinasi Edamame (*Glycine Max* (L.) Merrill) dan Bekatul Beras Merah. Jurnal Teknobiologi, 1-22.
- Setiyowati, S. A. 2019. Pengembangan Smart Packaging Berbasis TTI (*Time Temperature Indicator*) Terhadap Kualitas Sari Edamame Akibat Perubahan Suhu Penyimpanan (Suhu Ruang dan Suhu Chiller). Skripsi. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
- Sudarmadji, S.B, Haryono, & Suhardi. 2007. Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian. Liberty. Yogyakarta.
- Susanti, Y.I. & Putri, W.D.R. 2014. Pembuatan Minuman Serbuk Markisa Merah (*Passiflora edulis* f *edulis* Sims) (Kajian Konsentrasi Tween 80 dan Suhu Pengeringan). Jurnal Pangan dan Agroindustri, 2(3): 170-179.