p-ISSN: -
e-ISSN: -
NEI Volume 2 No 1 Februari 2026
NUSANTARA ENGINEERING INSIGHT
Engineering and Agroindustry Journal
Journal Homepage: nrri-journal.com/index.php/nei-j

Kinetika Degradasi Warna Serbuk Kopi Hijau Berklorofil Daun Suji Pada Berbagai Jenis Bahan Kemasan

(*Kinetic Degradation of Chlorophyll Green Coffe Powder Color in Various Types of Packaging Materials*)

Andi Eko Wiyono[1]*, Winda Amilia[2], Wisnu Wardana[3], Dita Nova Kharisma[4]

[1] Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Indonesia. andi.ftp@unej.ac.id
[2] Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Indonesia. winda.ftp@unej.ac.id
[3] Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Indonesia. wisnuwardana1906@gmail.com
[4] Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Indonesia. ditanova06@gmail.com

* Corresponding Author: andi.ftp@unej.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:
Received Agustus 23, 2025
Revised November 12, 2025
Accepted Desember 1, 2025
Available online 1 February, 2026

Kata Kunci: Degradation kinetics, chlorophyll, coffee, functional beverage, suji leaf powder

This is an open access article under the CC BY-SA license. Copyright © 2025 by Author. Published by Nusantara Engineering Insight

A B S T R A K

Green coffee powder is a type of functional beverage that must meet food criteria, having adequate nutritional content and being able to provide good sensory satisfaction for consumers. Functional quality is improved by adding suji leaf extract, which is used as source of chlorophyll to maintain the natural green color of the product. However, chlorophyll is easily degraded due to oxidation during storage. Color quality deterioration can be overcome by applying the foam mat drying method. This study aims to determine the initial color quality characteristic, the degradation kinetics rate, and the best type of packaging to maintain the quality of chlorophyll-containing green coffe powder. Color quality decline analysis was conducted using a degradation kinetics approach based on the Arrhenius equation, calculating the values of k, Z, D and Ea. The results showed that the initial product characteristics had an L value of 58.30, a Hue value of 140.60° (blue-green color), and a total chlorophyll content of 3.22 µg/mL. Alumunium foil packaging showed the best stability with a (k) value of 0.0268 min^{-1}, (Ea) of 5250.59 kcal/mol, D of 86.06 min, and Z value of 8.80°C, making it the most effective for maintaining product quality during storage.*

1. PENDAHULUAN

Serbuk minuman merupakan produk pangan berbentuk bubuk yang mudah larut dalam air, praktis untuk dikonsumsi, dan memiliki daya simpan yang lama jika dikemas dengan tepat. Salah satu jenis minuman serbuk yang populer di Indonesia adalah minuman berbasis kopi. Konsumsi minuman kopi yang sangat tinggi membuka peluang bagi kopi untuk dijadikan bahan utama dalam pengembangan minuman fungsional. Namun, minuman ini harus memenuhi standar pangan, yaitu mengandung gizi yang tinggi dan memiliki karakteristik sensoris yang menarik. Selain itu, minuman ini untuk diterima oleh pasar juga memerlukan jenis kemasan yang tepat. Oleh karena itu, dalam pembuatan minuman fungsional serbuk kopi diperlukan senyawa aktif serta pewarna alami agar menghasilkan tampilan visual yang menarik serta pemilihan jenis kemasan yang tepat. Senyawa aktif yang dapat digunakan untuk

memberikan tampak visual yang menarik, salah satunya yaitu senyawa klorofil.

Penambahan senyawa klorofil yang digunakan untuk pewarna alami dapat dihasilkan dengan penambahan ekstrak daun yang tinggi kandungan klorofil, salah satunya adalah daun suji. Penambahan pewarna alami yang digunakan adalah pewarna alami dari ekstrak daun suji untuk pemenuhan warna hijau. Menurut Widyasari *et al.* (2023) pigmen hijau yang diambil dari daun, sering digunakan dalam makanan, ada dalam daun suji, pandan, katuk, dan lainnya. Daun suji memiliki beberapa kelebihan seperti memiliki stabilitas warna yang kuat, memiliki harga yang ekonomis dan mudah ditemukan dimana saja (Aryanti *et al.*, 2016). Namun, penggunaan klorofil sebagai pewarna alami memerlukan jumlah yang cukup banyak untuk menghasilkan warna hijau yang optimal. Serta ekstrak daun suji dalam bentuk cair rentan terhadap kerusakan dan degradasi senyawa aktifnya. Menurut Aryanti *et al.* (2016), klorofil mudah mengalami degradasi yang berakibat pada penurunan kualitas dan kestabilan warnanya. Perubahan mutu warna ini menjadi tantangan dalam pengembangan produk.

Kestabilan warna produk sangat diperlukan dengan teknik pengolahan yang tepat salah satunya enkapsulasi yaitu dengan *foam mat drying*. Metode tersebut lebih sederhana dibandingkan teknik pengeringan lainnya serta menggunakan suhu rendah, sehingga kandungan gizi produk tetap terjaga. Selain itu, untuk mempertahankan warna produk pemilihan kemasan yang tepat juga menjadi faktor penting. Karakteristik kemasan yang ideal untuk produk serbuk adalah praktis, kuat, tidak mudah bereaksi dengan produk, serta memiliki tingkat permeabilitas yang rendah. Beberapa jenis kemasan yang umum digunakan untuk produk serbuk adalah *aluminium foil*, kertas, dan plastik.

Degradasi mutu akibat oksidasi dapat menyebabkan perubahan warna pada produk akibat senyawa klorofil mengalami degradasi selama penyimpanan. Proses oksidasi menghasilkan senyawa seperti feofitin yang menurunkan intensitas warna hijau. Faktor utama yang mempercepat degradasi klorofil dalam produk serbuk meliputi oksidasi, pH asam, suhu tinggi, dan kelembapan. Hal ini menyebabkan terbentuknya senyawa degradasi seperti feoforbid yang dapat mengurangi kualitas warna hijau pada produk. Oleh karena itu, diperlukan analisis mengenai laju degradasi mutu pada serbuk kopi hijau berklorofil daun suji.

Penentukan laju degradasi mutu serbuk kopi hijau berklorofil daun suji menggunakan pendekatan kinetika degradasi guna memahami tingkat degradasi produk. Model kinetika yang digunakan yaitu persamaan *Arrhenius*. Model ini menghasilkan nilai konstanta laju reaksi (k) dan energi aktivasi (Ea) yang digunakan untuk menentukan laju degradasi produk. Persamaan *Arrhenius* telah digunakan dalam berbagai penelitian sebelumnya, seperti penelitian Sari & Wiyono (2024) tentang kinetika perubahan mutu puree tomat, serta penelitian Wiyono *et al.* (2023) yang menganalisis laju degradasi mutu sabun padat. Meskipun penelitian tentang model kinetika telah banyak dilakukan, studi mengenai kinetika perubahan mutu serbuk kopi hijau berklorofil daun suji dengan berbagai jenis kemasan masih belum dikembangkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik awal mutu warna dan kinetika degradasi mutu serbuk kopi hijau berklorofil daun suji serta mengetahui jenis kemasan untuk mempertahankan kualitas serbuk kopi hijau berklorofil daun suji.

2. METODE

2.1 Bahan

Bahan utama yang digunakan yaitu *green bean* kopi robusta yang diambil dari daerah Kecamatan Tanggul, Kabupaten Jember dan daun suji yang diperoleh dari Desa Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur. Sedangkan bahan penunjang dalam penelitian adalah aquades, maltodekstrin yang diperoleh dari UD Aneka Kimia Jember, *tween* 80 yang diperoleh dari CV Aloin Labora Kediri, natrium bikarbonat, larutan *buffer* diperoleh dari Sentra Kimia Labsains Sleman, aseton 80% diperoleh

dari Genius MediStore Jember, dan kemasan *alumunium foil*, plastik vakum dan plastik PP (*Polipropilen*).

2.2 Alat

Alat yang digunakan adalah mesin *grinder*, oven, kain saring, timbangan analitik, *mixer* Maspion MT1105, blender Philips HR 2116, *hand sealer*, loyang, pH meter, cawan, gelas ukur, labu ukur, *spektrofotometer* (SP-3000 nano), *food dehydrator*, *vortex*, *color reader* AMTAST AMT506, *centrifuge*, *tissue*, pipet tetes, laptop, *handphone* dan *software microsoft excel*.

2.3 Persiapan dan Pembuatan Produk

2.3.1 Ekstraksi Kopi

Pembuatan ekstrak kopi merujuk pada penelitian Putri *et al.* (2023) yang termodifikasi. Proses awal ekstraksi dimulai dengan sortasi biji kopi. Biji kopi yang telah dipisahkan kemudian dihaluskan menggunakan mesin *grinder* dan diayak menggunakan ayakan 60 mesh. Bubuk kopi tersebut ditimbang sebanyak 20 gram dan diekstraksi dengan aquades panas sebanyak 200 ml. Selanjutnya ekstrak tersebut disaring menggunakan kain saring untuk memisahkan ampas hingga diperoleh ekstrak kopi cair.

2.3.2 Ekstraksi Daun Suji

Pembuatan ekstrak daun suji merujuk pada penelitian Aryanti *et al.* (2016) yang termodifikasi. Proses awal 10 gram daun suji dibersihkan dengan air mengalir. Kemudian dilakukan proses blanching 1 menit dalam aquades pada suhu 100°C. Setelah itu, daun suji ditiriskan dan dipotong kecil dengan panjang 5-10 mm. Kemudian ditambahkan 200 ml aquades serta dihancurkan menggunakan blender selama 1 menit. Selanjutnya, ditambahkan penstabil berupa natrium bikarbonat (NaHCO3) sebesar 1,05 gram. Proses selanjutnya yaitu didiamkan pada suhu ruangan (27°C) selama 3 jam dan disaring.

2.3.2 Pembuatan Serbuk Kopi Hijau Berklorofil Daun Suji

Pembuatan serbuk kopi hijau merujuk pada penelitian Pramesti *et al.* (2023) yang termodifikasi. Tahap awal dilakukan pencampuran larutan sebanyak 200 ml dengan komposisi ekstrak kopi sebanyak 136 ml (80%), ekstrak daun suji 24 ml (15%) dan 40 ml aquades (5%). Kemudian di *mixer* selama 1 menit. Setelah itu ditambahkan *tween* 80 sebanyak 1 ml dan di *mixer* selama 3 menit. Selanjutnya, 30 gram maltodekstrin ditambahkan dan di *mixer* kembali selama 5 menit. Busa dituangkan ke dalam loyang dan dikeringkan menggunakan *food dehydrator* pada suhu 70ºC selama 7 jam. Setelah itu, busa yang telah kering dihaluskan dan dikemas dengan kemasan yang telah ditentukan.

2.4 Simulasi Penyimpanan

Penyimpanan produk menggunakan suhu 35°C, 45°C dan 55°C dan waktu penyimpanan selama 15 hari. Sampel yang digunakan sebanyak 7 gram yang dikemas dalam kemasan *alumunium foil*, plastik vakum dan plastik *polipropilen* (PP). Sebelum proses penyimpanan, dilakukan pengujian karakteristik awal. Kemudian selama penyimpanan juga dilakukan sebuah analisis uji karakteristik produk dengan periode 3 hari sekali. Parameter uji yang digunakan yaitu total klorofil, warna (L*) dan nilai ºHue. Variasi perlakuan produk selama penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi perlakuan serbuk kopi hijau berklorofil daun suji

Kode	Perlakuan Variasi Kemasan	Suhu Penyimpanan
A1T1	*Alumunium foil*	35°C
A1T2	*Alumunium foil*	45°C
A1T3	*Alumunium foil*	55°C
A2T1	Plastik Vakum	35°C
A2T2	Plastik Vakum	45°C
A2T3	Plastik Vakum	55°C
A3T1	Plastik *Polipropilen*	35°C
A3T2	Plastik *Polipropilen*	45°C
A3T3	Plastik *Polipropilen*	55°C

Sumber: Data olah (2025).

2.5 Perhitungan Model Kinetika

Tahapan perhitungan model kinetika serbuk kopi hijau berklorofil daun suji pada setiap karakteristik mutu adalah sebagai berikut:

1. Membuat plot regresi liner sesuai dengan data uji hasil produk pada ordo 0 dan ordo 1
2. Membuat plot regresi kedua antar jenis kemasan untuk mengetahui hasil energi aktivasi (Ea). Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\ln k = ln\ k0 - (Ea/R)\ (1/T)$$

3. Mencari nilai laju reaksi (k) berdasarkan nilai Ea yang telah ditemukan. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$k = k0.\ \exp(Ea/RT)$$

4. Mencari nilai D berdasarkan nilai k yang telah dihasilkan. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$D = \frac{\text{Ln } 10}{k} = \frac{2{,}303}{k}$$

5. Mencari nilai Z dengan membuat plot regresi antara suhu pemanasan (sumbu x) dan log nilai D (sumbu y), kemudian menghitung nilai Z dengan rumus |1/slope|.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Mutu Awal Serbuk Kopi Hijau Berklorofil Daun Suji

Produk serbuk kopi hijau berklorofil daun suji memiliki karakteristik mutu awal yang dihasilkan setelah mengalami proses enkapsulasi. Hasil pengujian karakteristik awal digunakan sebagai acuan untuk mengetauhi degradasi mutu selama penyimpanan. Hasil pengujian karakteristik mutu awal serbuk kopi hijau berklorofil daun suji dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karaktersitik mutu awal serbuk kopi hijau berklorofil daun suji

Karakteristik	Satuan	Nilai
Klorofil	µg/mL	3,22
Warna (L*)	-	58,30
Nilai ºHue	ºHue	140,60 (hijau kebiruan)

Sumber: Data olah (2025).

3.1.1 Klorofil

Karakteristik mutu yang dilakukan pada serbuk kopi hijau berklorofil daun suji adalah warna yang ditunjukkan dengan jumlah kandungan klorofil. Hasil total klorofil mutu awal yang didapatkan pada produk serbuk kopi hijau berklorofil daun suji yaitu sebesar 3,22 µg/mL. Hasil ekstrak klorofil pada daun suji yang telah dilakukan oleh Riansyah *et al.* (2021) menunjukkan kadar klorofil 2,52 µg/mL dengan penambahan NaHCO3. Melihat hasil tersebut, kadar klorofil yang dihasilkan terbilang masih normal dan sesuai. Menurut Dewi *et al.* (2018) bahwa daun suji mengandung zat klorofil sebesar 45,5628 µg/mL. Melihat hal tersebut diketahui bahwa hasil kandungan klorofil pada produk tergolong kecil. Hal ini dikarenakan kandungan klorofil daun suji masih belum terekstrak secara optimal serta pengaruh penambahan bahan subtitusi saat proses pembuatan produk. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa mutu total klorofil serbuk kopi berklorofil dau suji tergolong kecil jika dibandingkan dengan total kandungan daun suji segar.

3.1.2 Warna

Karakteristik mutu yang diperlukan pada serbuk kopi hijau berklorofil daun suji yaitu warna produk. Pengujian karakteristik warna produk serbuk kopi hijau berklorofil daun suji dilakukan dengan menggunakan alat colorimeter. Parameter yang digunakan meliputi yaitu nilai L*(*Lightness*). Hasil yang diperoleh terkait pengujian warna pada serbuk kopi hijau berklorofil daun suji indikator L* sebesar 58,30. Hasil dari pengukuran Nilai L* menunjukkan bahwa serbuk kopi hijau berada direntang warna cerah karena memiliki nilai +L* (positif). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Atika (2023), derajat warna pada ekstrak kopi hijau liberika memiliki nilai warna L* sebesar 50,80. Nilai tersebut menunjukkan bahwa produk yang berasal dari ekstrak kopi hijau memiliki rentang keberadaan warna yang sama dengan ekstrak kopi hijau.

3.1.3 Nilai ºHue

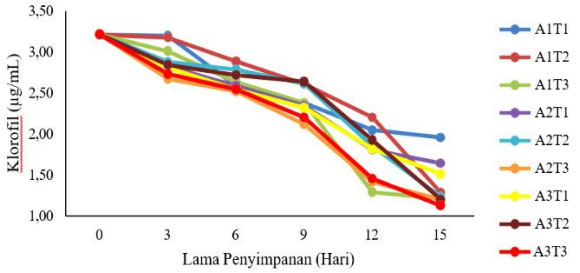
Karaktristik warna pada produk serbuk kopi hijau berklorofil daun suji dapat diukur berdasarkan intensitas warnanya melalui perhitungan nilai ºHue.

Perhitungan nilai ºHue menggunakan nilai a* dan b* pada produk. Hasil perhitungan nilai ºHue pada serbuk kopi hijau berklorofil daun suji adalah sebesar 140,60ºHue. Nilai tersebut masuk kedalam golongan rentang 120-150º. Nilai 140,60ºHue sangat mendekati nilai 150º dimana tergolong pada warna yang mendekati kecenderungan warna hijau kebiruan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa warna seduhan serbuk kopi hijau berklorofil daun suji masuk dalam daerah kisaran warna hijau kebiruan.

3.2 Laju Degradasi Mutu Serbuk Kopi Hijau Berklorofil Daun Suji

3.2.1 Klorofil

Klorofil merupakan senyawa aktif yang dapat mempengaruhi perubahan degradasi mutu warna pada produk serbuk kopi hijau berklorofil daun suji. Pengujian klorofil dilakukan untuk mengetahui total klorofil dari produk. Total klorofil digunakan sebagai sumber pigmen warna hijau dan sumber senyawa aktif yang dapat mempengaruhi kualitas mutu produk. Hasil data pengujian total klorofil pada serbuk kopi hijau berklorofil daun suji dan perubahan mutu produk dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik perubahan mutu total klorofil

Total klorofil didapatkan nilai awal klorofil pada serbuk kopi hijau berklorofil daun suji yaitu sebesar 3,22 µg/mL. Sedangkan pada saat setelah proses penyimpanan selama 15 hari dengan suhu 35°C, 45°C dan 55°C pada kemasan *alumunium foil* setiap suhu berturut – turut memperoleh nilai 1,96 µg/mL, 1,29 µg/mL dan 1,21 µg/mL. Pada kemasan plastik vakum diperoleh nilai setelah penyimpanan masing-masing yaitu 1,64 µg/mL, 1,24 µg/mL dan 1,20 µg/mL pada suhu berturut – turut 35°C, 45°C dan 55°C. Sedangkan pada kemasan plastik PP diperoleh nilai klorofil setelah penyimpanan masing-masing yaitu 1,51 µg/mL, 1,20 µg/mL dan 1,13 µg/mL pada suhu berturut-turut 35°C, 45°C dan 55°C.

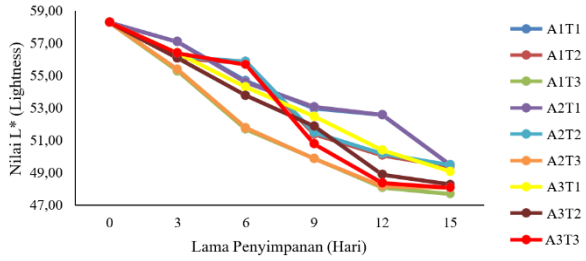
Kemasan plastik vakum dan plastik *polipropilen* (PP) memiliki tingkat permeabilitas terhadap oksigen paling tinggi dibandingkan dengan kemasan *alumunium foil*. Tingkat permeabilitas kemasan menyebabkan mudahnya oksigen masuk kedalam kemasan sehingga terjadinya proses oksidasi selama penyimpanan. Reaksi oksidasi tersebut menyebabkan degradasi pigmen klorofil yang menyebabkan pembentukan senyawa baru berupa senyawa feofitin. Hal ini didukung oleh pendapat Riansyah *et al.* (2021) bahwa selama proses penyimpanan senyawa kompleks klorofil-protein sangat mudah berubah strukturnya menjadi senyawa feofitin yang kehilangan ion logam Mg2+. Hal tersebut menyebabkan perubahan warna dari hijau menjadi hijau kekuningan hingga cokelat.

Saat penyimpanan terjadi pembentukan enzim pendegradasi klorofil yakni klorofilase. Aktivasi enzim klorofilase dikarenakan adanya nutrisi yang cukup serta pendukung lingkungan untuk tumbuh seperti suhu yang sesuai. Enzim klorofilase mendapatkan nutrisi dari kandungan polisakarida yang dihasilkan dari kandungan kopi pada produk. Suhu yang paling optimal yang digunakan dalam aktivasi enzim klorofilase yaitu berkisar antara 45–55°C (Indrasti *et al.*, 2019). Enzim tersebut dapat membuat degradasi pigmen klorofil pada produk. Hilangnya ion Mg2+ mengakibatkan pigmen warna hijau menjadi kekuningan hingga kecokelatan. Degradasi klorofil tersebut menyebabkan terjadinya perubahan mutu warna pada produk serbuk kopi hijau berklorofil daun suji.

3.2.2 Warna (L*)

Warna merupakan salah satu parameter utama yang digunakan sebagai indikator perubahan mutu produk serbuk kopi hijau berklorofil daun suji. Perubahan warna yang signifikan digunakan untuk

memperkirakan keadaan mutu produk. Parameter yang digunakan yaitu nilai L*. Hasil data pengujian warna pada serbuk kopi hijau berklorofil daun suji dan perubahan mutu produk dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik perubahan mutu warna (L*)

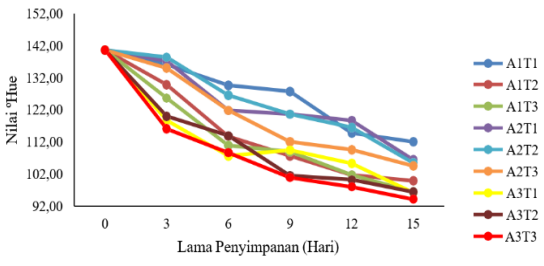
Nilai L* (Lightness) awal pada serbuk kopi hijau berklorofil daun suji sebesar 58,30 sedangkan nilai L* setelah penyimpanan selama 15 hari dengan suhu 35℃, 45℃ dan 55℃ pada kemasan *alumunium foil* setiap suhu berturut-turut memperoleh nilai 49,50; 49,40 dan 47,70. Pada kemasan plastik vakum diperoleh nilai masing-masing setelah penyimanan yaitu 49,5, 49,50 dan 48,10 pada suhu berturut-turut 35℃, 45℃ dan 55℃. Sedangkan pada kemasan plastik *polipropilen* diperoleh nilai masing-masing setelah penyimpanan yaitu 49,10, 48,30 dan 48,10 pada suhu berturut-turut 35℃, 45℃ dan 55℃.

Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa produk pada kemasan plastik *polipropilen* (PP) dan kemasan plastik vakum memiliki laju penurunan mutu warna (L*) yang signifikan. Semakin rendah nilai L* maka warna produk semakin gelap. Hal ini disebabkan oleh bahan kemasan plastik *polipropilen* (PP) dan kemasan vakum yang terbuat dari plastik bening dan mudah terpapar cahaya. Cahaya yang masuk kedalam kemasan dapat membuat proses degradasi pigmen warna. Menurut Fitria *et al.* (2017) bahwa perubahan warna klorofil terjadi karena klorofil memiliki kelabilan yang ekstrim, seperti sensitif terhadap cahaya, panas, oksigen dan degradasi kimia. Adanya paparan cahaya membuat pembentukan senyawa feofitin yang menghasilkan warna hijau kekuningan. Menurut Fitria *et al.* (2017) reaksi feofitin terjadi saat terlepasnya ion Mg2+ pada senyawa klorofil dan disubsitusi oleh ion H+ yang menyebabkan berubahnya warna hijau kekuningan saat terpapar oleh cahaya.

Kemasan plastik *polipropilen* (PP) dan plastik vakum memiliki tingkat permeabilitas tinggi dibandingkan dengan kemasan *alumunium foil* sehingga oksigen dapat masuk kedalam kemasan. Oksigen yang masuk mengakibatkan proses oksidasi yang menciptakan degradasi pigmen klorofil yang menyebabkan pembentukan senyawa baru berupa senyawa feofitin. Hal ini didukung oleh pendapat Riansyah *et al.* (2021) bahwa selama proses penyimpanan senyawa kompleks klorofil-protein sangat mudah berubah strukturnya menjadi senyawa feofitin yang kehilangan ion logam Mg2+. Mg2+ yang seharusnya berada di dalam molekul protein akan terlepas dan digantikan oleh hidrogen. Secara visual dapat dilihat dengan adanya perubahan warna hijau menjadi hijau kekuningan (pudar). Degradasi klorofil ini disebabkan karena kemasan plastik *polipropilen* (PP) dan plastik vakum menggunakan bahan kemasan yang bening sehingga mudah sekali terpapar oleh cahaya dan tingkat permeabilitas oksigen yang menyebabkan reaksi oksidasi.

3.2.3 Nilai ºHue

Nilai ºHue merupakan atribut yang menunjukkan derajat warna visual yang terlihat. ºHue menyatakan warna sebenarnya seperti merah, hijau, dan kuning. Penentuan nilai ºHue digunakan untuk mengetahui tingkat perubahan warna pada serbuk kopi hijau berklorofil daun suji. Hasil data pengujian perubahan mutu nilai ºHue pada serbuk kopi hijau berklorofil daun suji dan laju perubahan mutunya pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik perubahan mutu nilai ºHue.

Nilai ºHue pada serbuk kopi hijau berklorofil daun suji cenderung mengalami

peningkatan setelah 15 hari penyimpanan pada suhu 35℃, 45℃ dan 55℃. Nilai ºHue awal pada serbuk kopi hijau berklorofil daun suji sebesar 173,88º (hijau kebiruan). Nilai ºHue pada serbuk mengalami penurunan setelah penyimpanan selama 15 hari pada jenis kemasan *alumunium foil* hingga 112,04º (hijau kebiruan), 99,90º (hijau kekuningan) dan 96,50º (hijau kekuningan) secara berturut-turut pada suhu 35℃, 45℃ dan 55℃, pada kemasan plastik vakum mengalami penurunan hingga 106,50º (hijau kekuningan), 105,52º (hijau kekuningan) dan 104,53º (hijau kekuningan) secara berturut-turut pada suhu 35℃, 45℃ dan 55℃ serta pada kemasan plastik PP juga mengalami penurunan mencapai 96,25º (hijau kekuningan), 96,43º (hijau kekuningan) dan 94,26º (hijau kekuningan).

Perubahan warna dari hijau kebiruan menjadi hijau kekuningan menunjukkan bahwa terjadi penurunan warna. Hal ini disebabkan karena tingkat permeailitas oksigen pada kemasan. Kemasan plastik *polipropilen* (PP) memiliki tingkat permeabilitas tinggi dibandingkan dengan kemasan lainnya yang menyebabkan reaksi oksidasi. Reaksi oksidasi terjadi selama penyimpanan yang memicu terbentuknya asam organik dari hasil perombakan senyawa ekstrak klorofil yang mempengaruhi intensitas warna. Saat penyimpanan terjadi proses oksidasi yang mengakibatkan terbentuknya pigmen feofitin yang membuat penurunan warna pada produk. Terbentuknya senyawa feofitin membuat warna produk menjadi hijau kekuningan. Menurut Lestari *et al.* (2024) bahwa pigmen klorofil yang terdegradasi menjadi feofitin yang dapat menyebabkan perubahan warna menjadi kekuningan hingga cokelat. Penggunaan jenis kemasan bening juga dapat mempengaruhi degradasi warna pada produk serbuk kopi hijau berklorofil daun suji. Degradasi warna disebabkan karena degradasi pigmen klorofil pada produk. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Mahfudh *et al.* (2021), bahwa pada kondisi yang terdapat cahaya lebih membuat klorofil mudah terdegradasi yang mendorong terbentuknya feofitin sehingga menyebabkan perubahan warna menjadi kekuningan. Tingginya intensitas cahaya menyebabkan penurunan nilai ºHue. Hal ini sesuai dengan pendapat Permadi *et al.* (2024) bahwa semakin tinggi intensitas cahaya maka nilai °Hue semakin menurun. Oleh karena itu, penurunan nilai ºHue disebabkan karena terjadinya degradasi senyawa klorofil akibat tingkat permeabilitas oksigen pada kemasan serta tingginya intensitas cahaya yang masuk kedalam produk.

3.3 Model Kinetika Degradasi Mutu

3.3.1 Klorofil

Hasil perhitungan model kinetika degradasi parameter total klorofil produk terdapat pada tabel 3. Model kinetika yang digunakan untuk menjelaskan proses degradasi mutu yaitu nilai k, D, Z dan Ea.

Tabel 3. Nilai k, Ea, D dan Z pada parameter total klorofil

Parameter	Kemasan	Suhu (℃)	k (menit^{-1})	D (menit)	Z (℃)	Ea (kcal/mol)
Klorofil	*Alumunium Foil*	35	0,2900	7,94	12,3847	18,2440
		45	0,3534	6,52		
		55	0,4256	5,41		
	Plastik Vakum	35	0,3232	7,13	00	94
		45	0,3664	6,29		
		55	0,4122	5,59		
	Plastik PP	35	0,3294	6,99	16,2764	,79
		45	0,3797	6,07		
		55	0,4338	5,31	72	,11

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai konstanta laju reaksi pada ketiga jenis kemasan mengalami peningkatan laju reaksi seiring dengan peningkatan suhu penyimpanan. Nilai kosntanta laju reaksi paling besar yaitu pada kemasan plastik *polipropilen* (PP) sebesar 0,4338 menit-1 dan nilai konstanta laju reaksi paling kecil yaitu pada kemasan *alumunium foil* sebesar 0,2900 menit-1. Menurut Nugroho (2022) nilai konstanta laju reaksi semakin besar maka semakin cepat degradasi warna pada produk. Hal ini berarti bahwa pada kemasan plastik *polipropilen* (PP) terjadi degradasi mutu

warna secara cepat dibandingkan dengan jenis kemasan yang lain.

Nilai D (*Decimal Reduction Time*) pada parameter klorofil menunjukkan lama waktu (menit) yang diperlukan untuk merubah 90% kadar klorofil sebesar atau satu siklus log pada suhu penyimpanan. Berdasarkan data penelitian diperoleh pada setiap variasi perlakuan, kemasan plastik *alumunium foil* memiliki nilai D paling besar yaitu 7,94 menit serta nilai D paling kecil pada kemasan plastik *polipropilen* (PP) yaitu 5,31 menit. Artinya, produk yang dikemas menggunakan kemasan *alumunium foil* memerlukan waktu 7,94 menit untuk merubah 90% klorofil produk. Sedangkan produk pada kemasan plastik *polipropilen* (PP) memerlukan waktu selama 5,31 menit untuk merubah 90% klorofil produk. Melihat hal tersebut berarti bahwa kemasan plastik *polipropilen* (PP) lebih cepat untuk menurunkan 90% kadar klorofil.

Perhitungan nilai Z digunakan untuk menentukan suhu (℃) yang diperlukan untuk merubah 90% klorofil atau satu siklus log terhadap nilai D saat proses penyimpanan. Berdasarkan hasil perhitungan bahwa nilai Z pada masing – masing kemasan *alumunium foil*, plastik vakum dan plastik *polipropilen* (PP) secara berturut-turut yaitu 12,00℃, 18,94℃ dan 16,72℃. Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan nilai Z terendah pada kemasan *alumunium foil*. Semakin kecil nilai Z menunjukkan semakin sensitif nilai D oleh perubahan suhu.

Degradasi mutu produk juga dapat diketahui dari besaran energi aktivasinya. Berdasarkan hasil penelitian, produk yang dikemas dengan plastik vakum memiliki energi aktivasi yang paling rendah yaitu sebesar 2440,79 kcal/mol dan produk dengan kemasan *alumunium foil* memiliki energi aktivasi paling tinggi yaitu 3847,88 kcal/mol. Artinya produk yang menggunakan kemasan plastik vakum mengalami degradasi mutu klorofil yang paling cepat, dibandingkan dengan produk yang dikemas dengan *alumunium foil*. Semakin rendah nilai energi aktivasi, maka semakin cepat proses degradasi mutu pada sebuah produk. Menurut Hasibuan *et al.* (2019) nilai energi aktivasi yang kecil menunjukkan laju reaksi yang cepat sehingga produk akan lebih cepat mengalami kerusakan. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Sari & Wiyono (2024) bahwa kemasan *alumunium foil* memiliki nilai energi aktivasi paling tinggi dibandingkan dengan kemasan *polipropilen* dan kemasan vakum, sehingga kemasan *alumunium foil* memiliki degradasi mutu lebih stabil.

3.3.2 Warna (L*)

Hasil perhitungan model kinetika degradasi parameter warna (L*) produk terdapat pada tabel 4. Model kinetika yang digunakan untuk menjelaskan proses degradasi mutu yaitu nilai k, D, Z dan Ea.

Tabel 4. Nilai k, Ea, D dan Z pada parameter warna (L*)

Parameter (℃)	Kemasan	Suhu	k (menit^{-1})	D (menit)	Z (℃)	Ea (kcal/mol)
Warna (L*)	*Alumunium Foil*	35	0,0311	73,93	16,21	2850,70
		45	0,0361	63,85		
		55	0,0414	55,65		
	Plastik Vakum	35	0,0311	74,00	17,67	2615,36
		45	0,0356	64,69		
		55	0,0404	57,02		
	Plastik PP	35	0,0353	65,26	22,12	2086,29
		45	0,0393	58,63		
		55	0,0434	53,01		

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai konstanta laju reaksi pada ketiga jenis kemasan mengalami peningkatan nilai konstanta laju reaksi seiring dengan peningkatan suhu penyimpanan. Hal ini telah sesuai dengan pendapat Kurniawati (2023) bahwa hubungan suhu dengan nilai k adalah berbanding lurus, semakin tinggi suhu maka nilai tetapan laju reaksi juga akan semakin meningkat.

Nilai konstanta laju reaksi paling besar yaitu pada kemasan plastik *polipropilen* (PP) sebesar 0,0434 menit-1 serta kemasan *alumunium foil* dan plastik vakum memiliki nilai konstanta laju reaksi paling kecil yaitu 0,0311 menit-1. Menurut Nugroho (2022) nilai konstanta laju reaksi

semakin besar maka semakin cepat degradasi warna pada produk. Hal ini berarti bahwa pada kemasan plastik *polipropilen* (PP) terjadi degradasi mutu warna secara cepat dibandingkan dengan kemasan *alumunium foil*.

Hasil data penelitian diperoleh pada setiap variasi perlakuan, kemasan plastik vakum dengan suhu 35℃ memiliki nilai D paling besar yaitu 74,00 menit serta nilai D paling kecil pada kemasan plastik *polipropilen* (PP) dengan suhu 55℃ yaitu 53,01 menit. Artinya, produk yang dikemas menggunakan kemasan plastik vakum memerlukan waktu 74,00 menit untuk merubah 90% karakteristik warna pada produk. Sedangkan produk pada kemasan plastik *polipropilen* (PP) memerlukan waktu selama 53,01 menit untuk merubah 90% warna produk. Melihat hal tersebut berarti bahwa kemasan plastik *polipropilen* (PP) lebih cepat untuk merubah 90% karakteristik warna produk.

Hasil perhitungan nilai Z pada masing – masing kemasan *alumunium foil*, plastik vakum dan plastik *polipropilen* (PP) secara berturut – turut yaitu 16,21℃, 17,67℃ dan 22,12℃. Nilai Z yang paling rendah didapatkan pada kemasan *alumunium foil* sedangkan yang paling tinggi yaitu pada kemasan plastik *polipropilen*. Semakin kecil nilai Z menunjukkan semakin sensitif nilai D oleh perubahan suhu. Karakteritik warna produk pada kemasan *alumunium foil* lebih sensitif untuk mengurangi atau merubah nilai D seiring peningkatan suhu penyimpanan.

Degradasi mutu produk juga dapat diketahui dari besaran energi aktivasinya. Berdasarkan hasil penelitian, produk yang dikemas dengan plastik *polipropilen* (PP) memiliki energi aktivasi yang paling rendah yaitu sebesar 2086,29 kcal/mol dan produk dengan kemasan *alumunium foil* memiliki energi aktivasi paling tinggi yaitu 2850,70 kcal/mol. Artinya produk yang menggunakan kemasan plastik plastik *polipropilen* (PP) mengalami degradasi mutu warna yang paling cepat, dibandingkan dengan produk yang dikemas dengan *alumunium foil*. Semakin rendah nilai energi aktivasi, maka semakin cepat proses degradasi mutu pada sebuah produk. Menurut Hasibuan *et al.* (2019) nilai energi aktivasi yang kecil menunjukkan laju reaksi yang cepat sehingga produk akan lebih cepat mengalami kerusakan. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Sari & Wiyono (2024) bahwa kemasan *alumunium foil* memiliki nilai energi aktivasi paling tinggi dibandingkan dengan kemasan *polipropilen* dan kemasan vakum, sehingga kemasan *alumunium foil* memiliki degradasi mutu lebih stabil.

3.3.3 Nilai ºHue

Hasil perhitungan model kinetika degradasi parameter nilai ºHue produk terdapat pada tabel 5. Model kinetika yang digunakan untuk menjelaskan proses degradasi mutu yaitu nilai k, D, Z dan Ea.

Tabel 5. Nilai k, Ea, D dan Z pada parameter nilai ºHue

Parameter (℃)	Kemasan	Suhu	k (menit^{-1})	D (menit)	Z (℃)	Ea (kcal/mol)
Nilai ºHue	*Alumunium Foil*	35	0,0505	45,59	10,86	4254,01
		45	0,0629	36,64		
		55	0,0772	29,84		
	Plastik Vakum	35	0,0528	43,59	25,64	1802,35
		45	0,0580	39,73		
		55	0,0632	36,42		
	Plastik PP	35	0,1437	16,03	32,36	1429,24
		45	0,1546	14,90		
		55	0,1657	13,90		

Berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai konstanta laju reaksi pada ketiga jenis kemasan mengalami peningkatan nilai konstanta laju reaksi seiring dengan peningkatan suhu penyimpanan. Nilai konstanta laju reaksi paling besar yaitu pada kemasan plastik *polipropilen* (PP) yaitu sebesar 0,1657 menit-1 dan nilai konstanta laju reaksi paling kecil pada kemasan *alumunium foil* yaitu 0,0505 menit-1. Menurut Nugroho (2022) nilai konstanta laju reaksi semakin besar maka semakin cepat degradasi ºHue pada produk. Hal ini berarti bahwa pada kemasan plastik *polipropilen* (PP) terjadi degradasi mutu nilai ºHue lebih cepat dibandingkan dengan kemasan *alumunium foil*.

Hasil data penelitian diperoleh pada setiap variasi perlakuan, kemasan *alumunium foil* dengan suhu 35℃ memiliki nilai D paling besar yaitu 45,59 menit dan pada kemasan plastik *polipropilen* (PP) dengan suhu 55℃ memiliki nilai D paling kecil yaitu 13,90 menit. Artinya, produk yang dikemas menggunakan kemasan *alumunium foil* memerlukan waktu 45,59 menit untuk merubah 90% karakteristik ºHue produk. Sedangkan produk pada kemasan plastik *polipropilen* (PP) memerlukan waktu selama 13,90 menit untuk merubah 90% nilai ºHue produk. Melihat hal tersebut berarti bahwa kemasan plastik *polipropilen* (PP) lebih cepat untuk merubah 90% nilai ºHue produk dibandingkan dengan kemasan *alumunium foil*.

Hasil perhitungan bahwa nilai Z pada masing – masing kemasan *alumunium foil*, plastik vakum dan plastik *polipropilen* (PP) secara berturut – turut yaitu 10,86℃, 25,64℃ dan 32,36℃. Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan nilai Z terendah pada kemasan *alumunium foil* dan paling besar pada kemasan plastik *polipropilen* (PP). Semakin kecil nilai Z menunjukkan semakin sensitif nilai D oleh perubahan suhu. Karakteritik nilai ºHue produk pada kemasan *alumunium foil* lebih sensitif untuk mengurangi atau merubah nilai D seiring peningkatan suhu penyimpanan. Artinya, nilai D lebih cepat berkurang jika suhu meningkat saat proses penyimpanan produk.

Berdasarkan hasil penelitian, produk yang dikemas dengan kemasan plastik *polipropilen* (PP) memiliki energi aktivasi yang paling rendah yaitu sebesar 1429,24 kcal/mol dan produk dengan kemasan *alumunium foil* memiliki energi aktivasi paling tinggi yaitu 4254,01 kcal/mol. Artinya produk yang menggunakan kemasan plastik *polipropilen* (PP) mengalami degradasi mutu nilai ºHue yang paling cepat, dibandingkan dengan produk yang dikemas dengan *alumunium foil* dan plastik vakum. Hal ini dikarenakan semakin rendah nilai energi aktivasi, maka semakin cepat proses degradasi mutu pada sebuah produk. Hal ini sesuai dengan pendapat Hasibuan *et al.* (2019) nilai energi aktivasi yang kecil menunjukkan laju reaksi yang cepat sehingga produk akan lebih cepat mengalami kerusakan. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Sari & Wiyono (2024) bahwa kemasan *alumunium foil* memiliki nilai energi aktivasi paling tinggi dibandingkan dengan kemasan *polipropilen* dan kemasan vakum, sehingga kemasan *alumunium foil* memiliki degradasi mutu lebih stabil.

4. KESIMPULAN

Hasil karakteristik awal serbuk kopi berklorofil memiliki nilai L* (Lightness) sebesar 58,30, nilai ºHue sebesar 140,60º (warna hijau kebiruan) dan total klorofil sebesar 3,22 µg/mL. Kinetika degradasi mutu kemasan *alumunium foil* memiliki nilai laju reaksi (k) paling kecil yaitu sebesar 0,0268 menit-1 dan energi aktivasi paling besar yaitu sebesar 5250,59 kcal/mol dari variasi kemasan lainnya, hal ini berarti kemasan *alumunium foil* memiliki degradasi mutu yang paling stabil. Sedangkan nilai D dan Z, kemasan *alumunium foil* memiliki nilai D paling besar yaitu sebesar 86,06 menit dan Z paling kecil yaitu sebesar 8,80℃ dari variasi kemasan lainnya, hal ini kemasan *alumunium foil* membutuhkan waktu yang singkat dan suhu (℃) yang besar untuk mendegradasi 90% parameter mutu. Kemasan *alumunium foil* merupakan jenis kemasan terbaik dalam mempertahankan kualitas mutu produk serbuk kopi hijau berklorofil daun suji.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada dosen yang telah membimbing saat proses penelitian berlangsung serta teman teman yang telah membantu. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa dan kasih sayang.

DAFTAR PUSTAKA

Aryanti, N., Nafiunisa, A., & Wilis, F. M. (2016). Ekstraksi dan Karakterisasi Klorofil dari Daun Suji (Pleomele Angustifolia) sebagai Pewarna Pangan Alami. Jurnal Aplikasi

Teknologi Pangan, 5(3). https://doi.org/10.17728/jatp.183

Atika, J. S. (2023). Pengaruh Lama Fermentasi Pengolahan Basah Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Kopi Beras Liberika (Coffea liberica L.). In Skripsi. Dewi, A. T. C., Romadhoni, F., Qadariyah, L., & Mahfud. (2018). Potensi Klorofil Ekstrak Mikroalga Hijau (Chlorella sp.) dan Daun Suji (Pleomele angustifollia) Menggunakan Metode Soxhlet sebagai Dye Sensitizer pada Dye Sensitized Solar

Cells (DSSC). Jurnal Teknik ITS, 7(1), 2337–3520.

Fitria, A. E., Warsiki, E., & Yuliasih, I. (2017). Model Konetika Perubahan Warna Label Indikator Dari Klorofil Daun Singkong (Manihot Esculenta Crantz). Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 27(1), 17–23.

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 Accelarated Shelf-Life Testing (ASLT) Menggunakan Persamaan Arrhenius. Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia, 11(2), 69–74. https://doi.org/10.17969/jtipi.v11i2.14534

Indrasti, D., Andarwulan, N., Purnomo, H., & Wulandari, N. (2019). Klorofil Daun Suji : Potensi dan Tantangan Pengembangan Pewarna Hijau Alami. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI), 24(2), 109–116. https://doi.org/10.18343/jipi.24.2.109 Kurniawati, A. D. (2023). Model Kinetika Laju Degradasi Karotenoid Pada Proses

Evaporasi Pembuatan Konsentrat Tomat. Jurnal Teknologi Agro-Industri, 1.

Lestari, P. D., Saloko, S., & Cicilia, S. (2024). Pengaruh Lama Pengeringan Terhadap Aktivitas Antioksidan Dan Mutu Teh Daun Murbei Hitam (Morus nigra). EduFood, 2(1), 1–10.

Mahfudh, I., Santosa, G. W., & Pramesti, R. (2021). Stabilitas Ekstrak Kasar Klorofil-a dan b Rumput Laut Caulerpa racemosa (Forsskal) J. Agardh 1873 pada Suhu dan Lama Penyimpanan yang Berbeda. Journal of Marine Research, 10(2), 184–189. https://doi.org/10.14710/jmr.v10i2.29685

Nugroho, D. E. (2022). Laju Reaksi dan Mekanisme Reaksi (D. E. Nugroho, Ed.). PPSM. Permadi, H., Feri Kusnandar, & Dias Indrasti. (2024). Kinetika Perubahan Warna Minuman Teh Hijau Sebagai Pengaruh Intensitas Cahaya dan Penambahan Natrium Askorbat. Jurnal Ilmiah Teknik Kimia, 8(1), 60–71.

https://doi.org/10.32493/jitk.v8i1.37963

Pramesti, V. O., Wiyono, A. E., & Wibowo, Y. (2023). Optimasi Formula Serbuk Kopi Hijau Dengan Mixture Design. Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian.

Putri, M. K., Ayu Setyaningsih, S. A., Sari, E. K., & Dellima, B. R. E. M. (2023). Uji Aktivitas Antioksidan Green Dan Roasted Biji Kopi Robusta Temanggung Menggunakan Metode DPPH. Jurnal Ilmu Kesehatan Bhakti Setya Medika, 8(1), 1–9.

Riansyah, H., Maharani, D. M., & Nugroho, A. (2021). Intensitas Dan Stabilitas Warna Ekstrak Daun Pandan, Suji, Katuk, Dan Kelor Sebagai Sumber Pewarna Hijau Alami. Indonesian Journal of Industrial Research, 15(1), 103–112.

Sari, F. R., & Wiyono, A. K. (2024). Kinetika Perubahan Mutu Puree Tomat (Lycopersicum Esculantum) Pada Berbagai Jenis Kemasan. Journal of Food Industrial Technology, 1(3), 120–129. https://doi.org/10.25047/jofit.v1i3.4952

Widyasari, N. P. H., Ariani, R. P., & Suriani, N. M. (2023). Substitusi Sari Daun Katuk (Sauropus Androgynus (L) Merr.) Sebagai Pewarna Alami Boba. Jurnal Kuliner, 3(2), 106–117.

https://doi.org/10.23887/jk.v3i2.68602

Wiyono, A. E., Rani, I. C., Choiron, M., Setiawan, A., & Massahid, A. D. (2023). Kinetika Perubahan Mutu Sediaan Sabun Padat Transparan Dari Ekstrak Daun Pepaya (Carica papaya L.). Jurnal Teknik Industri, 13(1).