



Kinetika Perubahan Mutu Mikroenkapsulasi Minyak Buah Merah (*Pandanus conoideus*) Degumming Selama Penyimpanan

Indah Pratiwi^{1*}, Zita Sarungallo², Budi Santoso³

¹Program Studi Penyuluhan Pertanian Berkelanjutan, Politeknik Pembangunan Pertanian Manokwari, Manokwari, Papua Barat

^{2,3}Departemen Ilmu Pertanian, Fakultas Pasca Sarjana, Universitas Papua (UNIPA), Manokwari, Papua Barat

ARTIKEL INFO

Sejarah artikel
Diterima 25/06/2024
Diterima dalam bentuk revisi 23/02/2025
Diterima dan disetujui 14/03/2025
Tersedia online 27/03/2025
Terbit 20/06/2025

Kata kunci
Kinetika
Mikroenkapsulasi
Minyak buah merah
Penyimpanan

ABSTRAK

Minyak buah merah (*Pandanus conoideus*) merupakan minyak nabati yang kaya akan senyawa bioaktif seperti asam lemak esensial, karotenoid, dan tokoferol, yang berpotensi sebagai sumber antioksidan alami. Namun, tingginya kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida membuat minyak ini rentan terhadap oksidasi dan penurunan kualitas selama penyimpanan. Penelitian ini mengkaji pengaruh mikroenkapsulasi dalam meningkatkan stabilitas minyak buah merah degumming dengan melindungi komponen aktifnya dari degradasi akibat faktor lingkungan seperti oksigen, cahaya, dan suhu tinggi. Proses mikroenkapsulasi dilakukan menggunakan bahan penyalut berupa maltodekstrin, gum arab, CMC, Tween 80, dan gelatin. Parameter mutu yang diamati meliputi kadar air, bilangan peroksida, dan total karotenoid selama penyimpanan pada 20°C, 30°C, dan 40°C. Metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT) berbasis kinetika Arrhenius digunakan untuk memodelkan proses degradasi dan memperkirakan umur simpan. Penyimpanan pada suhu tinggi mempercepat degradasi MBMD, terutama dalam hal peningkatan kadar air, bilangan peroksida, dan penurunan total karotenoid. Kadar air dan bilangan peroksida MBMD cenderung mengikuti kinetika orde nol pada suhu rendah, tetapi beralih ke orde pertama pada suhu lebih tinggi. Total karotenoid lebih rentan terhadap degradasi termal, dengan energi aktivasi tertinggi dibandingkan parameter lainnya. Umur simpan MBMD lebih lama pada suhu rendah, dengan estimasi umur simpan 2,3 tahun pada suhu 20 °C, 1 tahun pada 30 °C, dan 0,5 tahun pada 40 °C. Untuk mempertahankan kualitas MBMD selama penyimpanan, disarankan penyimpanan pada suhu rendah dengan kelembapan yang dikontrol guna meminimalkan oksidasi dan degradasi senyawa bioaktif.



ABSTRACT

Red fruit oil (*Pandanus conoideus*) is a vegetable oil rich in bioactive compounds such as essential fatty acids, carotenoids, and tocopherols, making it a potential source of natural antioxidants. However, its high free fatty acid content and peroxide value make it susceptible to oxidation and quality deterioration during storage. This study examines the effect of microencapsulation in improving the stability of degummed red fruit oil by protecting its active components from degradation due to environmental factors such as oxygen, light, and high temperatures. The microencapsulation process was carried out using coating materials, including maltodextrin, gum arabic, CMC, Tween 80, and gelatin. The quality parameters observed included moisture content, peroxide value, and total carotenoids during storage at 20°C, 30°C, and 40°C. The Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) method based on Arrhenius kinetics was used to

model the degradation process and estimate shelf life. Storage at high temperatures accelerates the degradation of microencapsulated red fruit oil (MBMD), particularly in terms of increased moisture content, peroxide value, and decreased total carotenoids. The moisture content and peroxide value of MBMD tend to follow zero-order kinetics at low temperatures but shift to first-order kinetics at higher temperatures. Total carotenoids are more susceptible to thermal degradation, with the highest activation energy compared to other parameters. The shelf life of MBMD is longer at lower temperatures, with an estimated shelf life of 2.3 years at 20°C, 1 year at 30°C, and 0.5 years at 40°C. To maintain the quality of MBMD during storage, low-temperature storage with controlled humidity is recommended to minimize oxidation and bioactive compound degradation.

PENDAHULUAN

Minyak buah merah (*Pandanus conoideus*) merupakan salah satu sumber minyak nabati yang kaya akan senyawa bioaktif, seperti asam lemak esensial, karotenoid, dan tokoferol. Namun, minyak ini mengandung asam lemak bebas dan peroksida yang tinggi, membuatnya rentan terhadap proses oksidasi dan penurunan kualitas selama penyimpanan (Santoso *et al.*, 2018). Untuk memperbaiki kestabilannya, salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan mikroenkapsulasi, yang bertujuan untuk melindungi komponen aktif dalam minyak (Fang & Bhandari, 2010).

Namun, kualitas mikroenkapsulasi minyak buah merah degumming (MBMD) dapat berubah seiring waktu, tergantung pada faktor-faktor seperti suhu penyimpanan dan waktu penyimpanan itu sendiri. Penurunan kualitas pada MBMD dapat terjadi melalui

perubahan pada kadar air, jumlah peroksida, dan penurunan kadar senyawa bioaktif seperti karotenoid (Rangkuti *et al.*, 2020). Oleh karena itu, penting untuk mempelajari kinetika perubahan mutu mikroenkapsulasi minyak buah merah *degumming*. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi perubahan kualitas MBMD pada suhu penyimpanan yang berbeda, serta menganalisis kinetika degradasi berdasarkan parameter kualitas seperti kadar air, bilangan peroksida, dan total karotenoid (Sarungallo *et al.*, 2018). Dengan mempelajari aspek-aspek tersebut, diharapkan penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai mekanisme kerusakan oksidatif pada mikroenkapsulasi MBMD, sehingga dapat memberikan panduan dalam upaya meningkatkan stabilitas dan kualitasnya selama penyimpanan.

METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak buah merah HESTA hasil Usaha Kecil Menengah (UKM), yang diproduksi di Kota Manokwari Provinsi Papua Barat dan diekstrak dengan cara basah (*wet rendering*). Bahan lainnya yang digunakan untuk pemurnian minyak antara lain asam sitrat, dan aquades, bahan pembuatan mikrokapsul minyak buah merah *degumming* (MBMD) yaitu air, maltodekstrin, Carboxymethyl Celluloce (CMC), Tween 80, dan Gelatin.

Alat-alat yang digunakan untuk proses enkapsulasi antara lain peralatan gelas, timbangan, Spray DryerB-290 (Buchi-Laboratoriums-Technic). Peralatan analisis antara lain *hot plate*, *water bath*, pendingin,

homogenizer (Model IKA T-25 Digital Ultra Turrax), sentrifuse (*Model* : Eppendorf 5810 R), buret, labu erlenmeyer, cawan aluminium, wadah plastik, oven, desikator, statis, vortex, cawan petri, oven, botol reagen, tabung reaksi, rak tabung reaksi, sudip, labu ukur, pengeringan semprot, spektrofotometer (Shimadzu UV-2450, Kyoto, Jepang), viskometer (*Model* : MCR 302), pipet kapiler, dan termometer.

Mikroenkapsul MBMD diamati perubahan mutunya dikemas dalam botol berwarna gelap dan disimpan selama 960 jam atau 40 hari pada suhu 20°C, 30 °C dan 40 °C. Periode pengamatan dilakukan pada masing-masing suhu penyimpanan seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perlakuan Suhu dan Lama Penyimpanan Mikrokapsulasi MBMD

Suhu	Penyimpanan (Jam)				
20 °C	0	144	360	720	960
30 °C	0	96	240	360	480
40 °C	0	48	144	240	360

Suhu 20°C: Mikrokapsul lebih stabil dalam waktu yang lebih lama karena suhu rendah memperlambat proses degradasi. Penyimpanan hingga 960 jam (40 hari) masih memungkinkan mikrokapsul untuk tetap stabil, baik secara fisik maupun kimiawi.

Suhu 30°C: Menyebabkan degradasi yang lebih cepat, namun tetap memungkinkan penyimpanan selama sekitar 480 jam (20 hari). Pengaruh suhu ini sudah mulai terlihat dalam waktu 240 jam (10 hari), dan kualitas mikrokapsul menurun lebih cepat dari suhu 20 °C.

Suhu 40°C: Penyimpanan harus dibatasi pada waktu yang lebih singkat, seperti 360 jam (15 hari), karena suhu yang lebih tinggi mempercepat degradasi minyak dan kerusakan lapisan pelindung mikrokapsul, menyebabkan penurunan kualitas yang signifikan lebih cepat.

Kualitas mikroenkapsulasi MBMD dianalisis kadar air, bilangan peroksida, dan total karotenoid. Analisis data stabilitas penyimpanan mikroenkapsulasi MBMD dilakukan dengan menggunakan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Testing*) berdasarkan prinsip Arrhenius.

Analisis kualitas mikroenkapsulasi MBMD didasarkan pada kadar air (AOAC, 2012), dan nilai peroksida ditentukan dengan menggunakan metode titrasi (AOAC, 2012), metode Knockaert *et al.* (2012) digunakan untuk menentukan total karotenoid.

Analisis data perubahan kualitas minyak buah merah selama penyimpanan untuk membuat model kinetika dilakukan dengan menggunakan persamaan Arrhenius dengan menggunakan software Microsoft Excell 2019.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Mutu Mikroenkapsul MBMD selama Penyimpanan Kadar Air

Kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dinyatakan dalam keadaan basah atau kering. Kadar air dapat mempengaruhi sifat fisik dan kimia suatu serbuk mikroenkapsul selama penyimpanan dan distribusi. Peningkatan kadar air dalam pangan dapat digunakan sebagai indikator penurunan kualitas (Reh *et al.*, 2003). Tabel 2 menunjukkan perubahan kadar air mikroenkapsul selama penyimpanan pada suhu 20 °C, 30 °C, dan 40 °C.

Tabel 2. Perubahan Kadar Air Mikroenkapsulat Minyak Buah Merah *Degumming* selama Penyimpanan pada Suhu 20, 30 dan 40°C

Suhu Penyimpanan					
20°C		30°C		40°C	
Waktu penyimpanan (Jam)	Kadar air (%)	Waktu penyimpanan (Jam)	Kadar air (%)	Waktu penyimpanan (Jam)	Kadar air (%)
0	0,55	0	0,55	0	0,55
144	0,86	96	0,69	48	0,72
360	0,90	240	0,77	144	0,80
720	0,92	360	0,85	240	0,86
960	1,07	480	0,98	360	0,97

Berdasarkan data pada Tabel 2 kadar air mikroenkapsul MBMD cenderung meningkat selama penyimpanan pada tiga suhu yang berbeda. Pada suhu 20°C, peningkatan kadar air lebih besar dibandingkan suhu penyimpanan lainnya. Suhu penyimpanan yang lebih rendah menghasilkan kadar air yang lebih tinggi karena lebih banyak uap air yang diserap. Selain itu, mikroenkapsulasi MBMD bersifat higroskopis sehingga mudah menyerap air dari lingkungan dan meningkatkan kadar airnya.

Bilangan Peroksida

Nilai peroksida dapat mempengaruhi umur simpan produk, nilai peroksida yang tinggi produk tidak dapat disimpan dalam waktu lama sebaliknya jika bilangan peroksida rendah maka umur simpan akan semakin lama (Budijanto *et al.*, 2001). Perubahan bilangan peroksida mikroenkapsul MBMD selama penyimpanan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perubahan Bilangan Peroksida Mikroenkapsulat Minyak Buah Merah *Degumming* selama Penyimpanan pada Suhu 20, 30 dan 40°C

Suhu Penyimpanan					
20 °C		30 °C		40 °C	
Waktu penyimpanan (Jam)	Peroksida Mg O ₂ /g bahan	Waktu penyimpanan (Jam)	Peroksida Mg O ₂ /g bahan	Waktu penyimpanan (Jam)	Peroksida Mg O ₂ /g bahan
0	0,49	0	0,49	0	0,49
144	0,52	96	0,57	48	0,73
360	0,73	240	0,73	144	0,94
720	0,78	360	0,89	240	1,15
960	0,94	480	0,93	360	1,18

Hasil analisis mikroenkapsulasi MBMD yang diperoleh menunjukkan bahwa produk mikrokapsul MBMD mengalami peningkatan bilangan peroksida pada ketiga suhu selama penyimpanan (Tabel 3). Hal ini sesuai dengan pernyataan [Montesqrit & Ovianti \(2013\)](#) bahwa ikatan rangkap asam lemak terurai atau teroksidasi menjadi senyawa peroksida selama penyimpanan. Semakin lama masa penyimpanan maka lemak akan semakin teroksidasi atau terhidrolisis. [Kusnandar \(2006\)](#) menyatakan selain lama penyimpanan, faktor suhu juga dapat mempengaruhi bilangan peroksida.

Dari data pada Tabel 3 terlihat bahwa bilangan peroksida tertinggi dicapai pada suhu penyimpanan suhu 40 °C. Hal ini karena laju oksidasi lemak meningkat seiring dengan peningkatan suhu dan menurun dengan penurunan suhu. Dengan setiap kenaikan suhu, laju oksidasi menjadi dua kali lipat ([deMan, 1997](#)). Nilai peroksida mikroenkapsulasi MBMD lebih rendah dibandingkan minyak

buah merah hasil *degumming* ([Asokawaty, 2017](#)) jadi pada suhu tertinggi (90°C) lama penyimpanan 200 jam, bilangan peroksida adalah 1,28 mg O₂/100g suhu maksimum (40°C) dan waktu penyimpanan 360 jam, nilai bilangan peroksida MBMD sebesar 1,18. Hal ini menunjukkan bahwa proses mikroenkapsulasi melindungi minyak dari kerusakan oksidatif dan proses mikroenkapsulasi dapat mengurangi derajat kerusakan minyak dengan menurunkan laju oksidasi dan menjaga kestabilan mikroenkapsulasi.

Total Karotenoid

Karotenoid merupakan senyawa yang mudah rusak dengan adanya oksigen, panas dan cahaya. Sifat ini yang menyebabkan kerusakan karoten selama pengolahan dan penyimpanan makanan ([Kenyanu *et al.*, 2014](#)). Hasil analisis (Tabel 4) menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan semakin lama masa penyimpanan maka total karotenoid semakin rendah

Tabel 4. Perubahan Total Karotenoid Mikrokapsul Minyak Buah Merah Degumming selama Penyimpanan pada Suhu 20, 30 dan 40 °C

Suhu Penyimpanan					
20 °C		30 °C		40 °C	
Waktu penyimpanan (Jam)	Karotenoid (ppm)	Waktu penyimpanan (Jam)	Karotenoid (ppm)	Waktu penyimpanan (Jam)	Karotenoid (ppm)
0	635	0	635	0	635
144	626	96	575	48	522
360	522	240	525	144	410
720	508	360	451	240	328
960	481	480	436	360	172

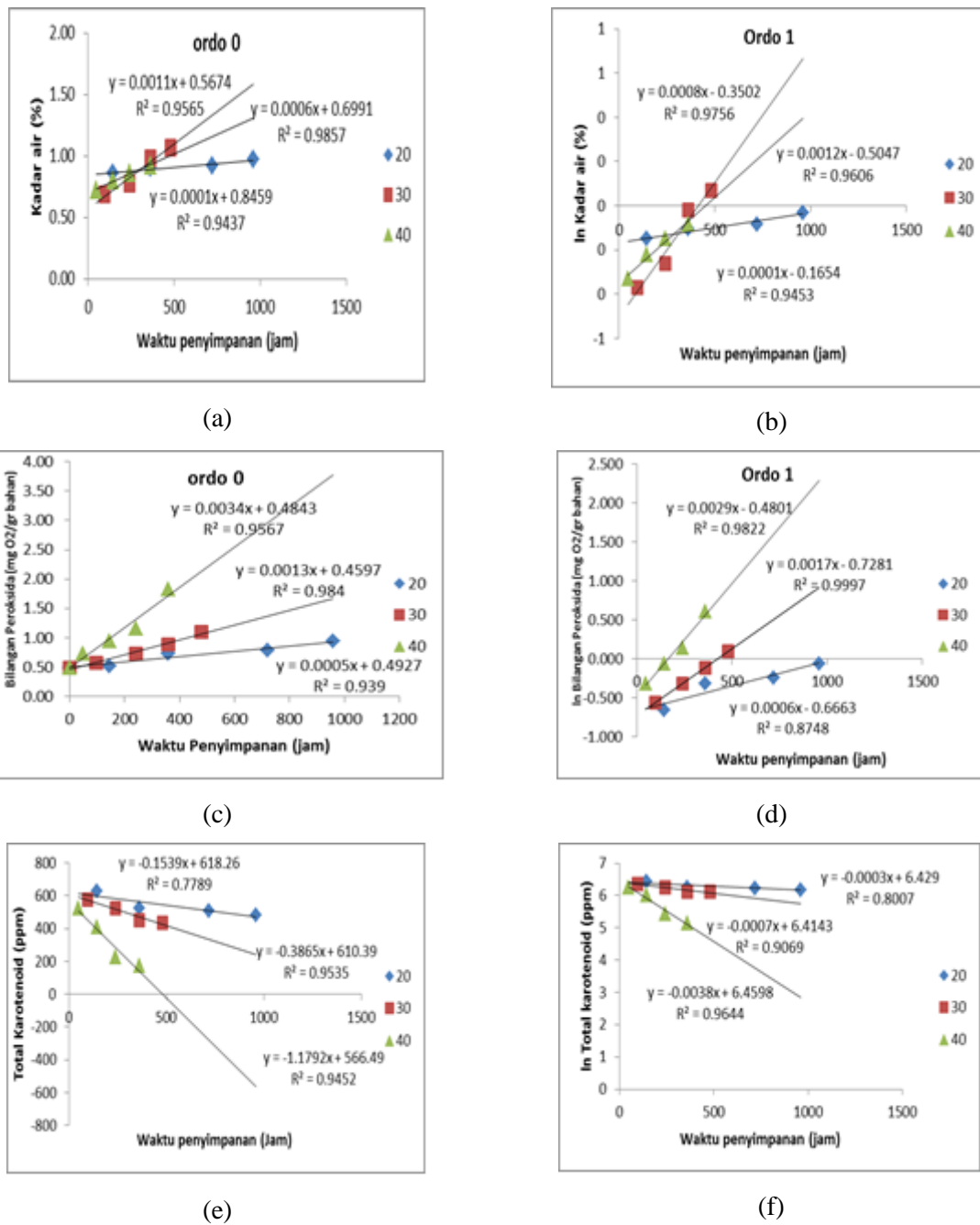
Tabel 4. menunjukkan bahwa penyimpanan mikroenkapsul MBMD pada suhu 40°C menghasilkan kandungan total karoten paling rendah dibandingkan penyimpanan pada suhu 20 °C dan 30 °C. Total karotenoid menurun seiring dengan meningkatnya suhu dan lama penyimpanan. Penurunan kadar karotenoid selama penyimpanan disebabkan degradasi termal yang merusak struktur karoten. Hal ini didukung oleh pendapat [Novia \(2009\)](#) yang menyatakan bahwa kestabilan karotenoid dipengaruhi oleh suhu dan cahaya, dan peningkatan suhu yang cukup besar akan menyebabkan degradasi karotenoid.

Hasil analisis penyimpanan mikroenkapsul MBMD pada (Tabel 4) menunjukkan nilai total karotenoid sebesar 172 ppm bahwa pada suhu tertinggi (40°C) dengan lama penyimpanan 360 jam. Nilai ini termasuk tinggi dibandingkan dengan nilai total karotenoid MBMD. [Asokawaty \(2017\)](#) melaporkan nilai katotenoid sebesar 146,41 ppm bila disimpan pada suhu penyimpanan maksimum 90°C selama 86 jam. Hal ini membuktikan bahwa proses mikroenkapsulasi dapat melindungi bahan aktif MBMD. [Luo *et al.* \(2013\)](#) melaporkan bahwa metode

mikroenkapsulasi dapat menjaga stabilitas pigmen karotenoid selama penyimpanan.

Kinetika Perubahan Mutu Mikrokapsul Minyak Buah Merah *Degumming* Selama Penyimpanan

Penentuan ordo reaksi. Bagian penting dari kinetika adalah penentuan orde reaksi. Ini adalah jumlah eksponen konsentrasi reaktan dalam persamaan laju reaksi dan pola kinetik penurunan kualitas minyak bumi, baik linear maupun logaritmik ([Toledo *et al.*, 2007](#)). Laju perubahan kualitas bergantung pada parameter kadar air, bilangan peroksida dan total karotenoid. Jika laju kerusakan konstan atau linier, maka orde reaksinya mengikuti nol. Namun jika Tingkat kerusakan tidak konstan, logaritmik atau eksponensial maka, mengikuti orde 1 ([Arif *et al.*, 2014](#)). Menentukan urutan reaksi merupakan salah satu cara untuk memprediksi penurunan kualitas Ketika memperkirakan umur simpan. Penentuan ordo reaksi terhadap perubahan kadar air, bilangan peroksida dan total karotenoid mikroenkapsul MBMD didasarkan pada nilai R² dari persamaan regresinya (Gambar 1). Semakin besar nilai R² maka semakin akurat model matematika dalam memprediksi nilai kualitas sebenarnya.



Gambar 1. Kurva hubungan antara waktu penyimpanan dengan perubahan dari setiap parameter mutu mikrokapsul MBMD (a) kadar air ordo 0; (b) kadar air ordo 1; (c) bilangan peroksida ordo 0; (d) bilangan peroksida ordo 1; (e) total karotenoid ordo 0; (f) total karotenoid ordo 1

Tabel 5. Ordo yang Digunakan dalam Penurunan Mutu Berdasarkan Parameter Kadar Air, Bilangan Peroksida dan Total Karotenoid

Parameter	Suhu (°C)	R ²		Ordo Yang digunakan
		Ordo 0	Ordo 1	
Kadar air	20	0,943	0,945	Ordo 0
	30	0,956	0,960	
	40	0,985	0,975	
Bilangan peroksida	20	0,939	0,874	Ordo 0
	30	0,984	0,999	
	40	0,956	0,982	

Parameter	Suhu (°C)	R ²		Ordo Yang digunakan
		Ordo 0	Ordo 1	
Total karotenoid	20	0,943	0,945	Ordo 1
	30	0,956	0,960	
	40	0,943	0,975	

Ordo reaksi kenaikan kadar air dan dan bilangan peroksida mikroenkapsulasi MBMD mengikuti orde reaksi 0 (Tabel 5), hal ini menunjukkan bahwa laju reaksi tidak bergantung pada konsentrasi, dan laju perubahan kualitas bersifat konstan atau linier (Toledo *et al.*, 2007). Di sisi lain, model reaksi untuk mengurangi kadar karotenoid mikroenkapsulasi mengikuti reaksi ordo 1 (Tabel 5), hal ini menunjukkan bahwa perubahan kadar karotenoid dari waktu ke waktu tidak bersifat konstan atau logaritmik. Hal ini sesuai dengan penelitian Asokawaty (2017) yang menentukan perkiraan umur simpan minyak buah merah *degumming* (MBMD) dan Sarungallo *et al.* (2023) yang menentukan perkiraan umur simpan minyak buah merah yang di netralkan (MBMN) melaporkan kerusakan parameter kadar air dan bilangan peroksida mengikuti reaksi ordo 0, dan

Total karotenoid mengikuti reaksi ordo 1. Arpa (2001) melaporkan bahwa jenis kerusakan yang mengikuti kinetika orde nol meliputi oksidasi lemak, pencoklatan dan reaksi degradasi enzimatis, jenis kerusakan yang terjadi setelah reaksi orde 1 adalah kerusakan vitamin, pertumbuhan mikroba, gangguan rasa, dan penurunan kualitas vitamin.

Laju reaksi (nilai k) dan Energi aktivasi (nilai Ea). Hasil regresi penurunan kualitas mikrokapsul MBMD selama penyimpanan selanjutnya digunakan untuk menentukan konstanta laju reaksi (k). Konstanta laju reaksi (k) ditentukan dari nilai absolut kemiringan (*slope*) pada persamaan linear tiap orde. Perhitungan nilai k dan 1/T respon terhadap perubahan kualitas mikroenkapsulasi MBMD pada suhu 20°C, 30 °C, dan 40 °C yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Nilai K dan Ln K Reaksi Perubahan Kadar Air, Bilangan Peroksida dan Total Karotenoid Mikroenkapsulat Minyak Buah Merah *Degumming* selama Penyimpanan pada Suhu 20°C, 30 °C dan 40 °C

Parameter	T (°C)	T(°K)	1/T	Nilai k	ln k
Kadar Air	20	293	0,0034	0,0001	-9,210
	30	303	0,0033	0,0011	-6,812
	40	313	0,0032	0,0006	-7,419
bilangan peroksida	20	293	0,0034	0,0006	-7,419
	30	303	0,0033	0,0007	-7,264
	40	313	0,0032	0,0029	-5,843
total karotenoid	20	293	0,0034	0,0003	-8,112
	30	303	0,0033	0,0007	-7,264
	40	313	0,0032	0,0038	-5,573

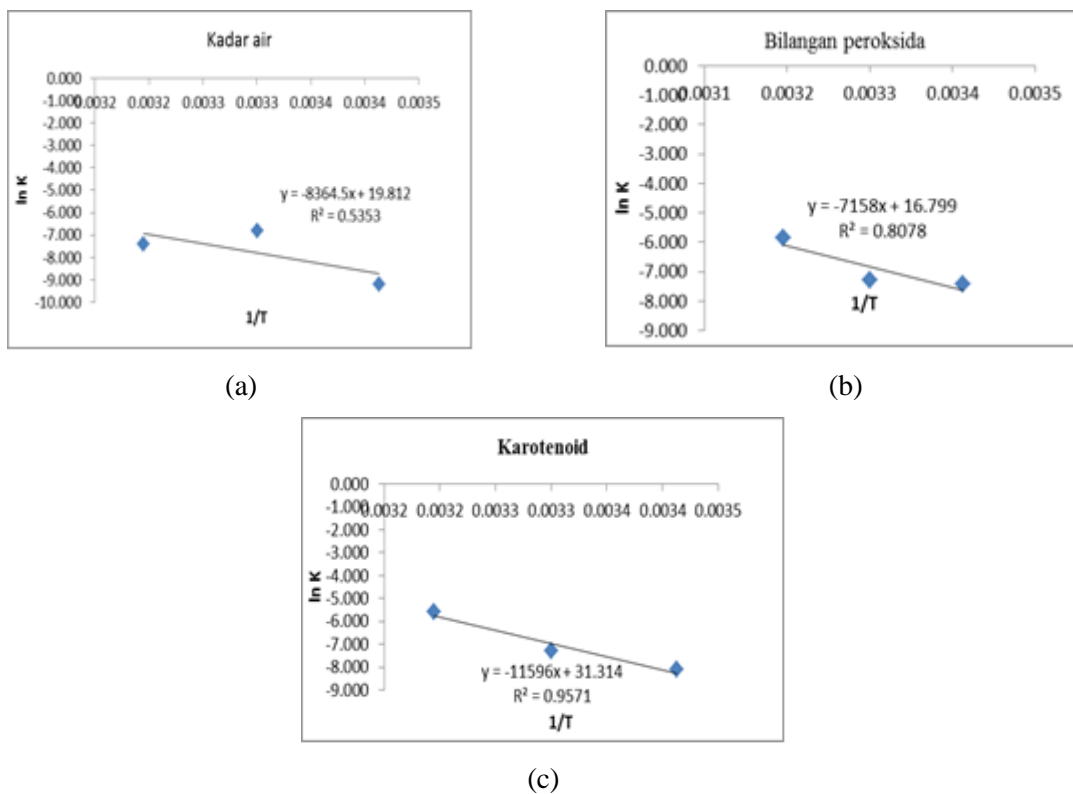
Data pada Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai k bilangan peroksida cenderung meningkat

untuk setiap parameter pada setiap suhu penyimpanan. Hal ini menunjukkan bahwa

mikroenkapsulasi MBMD mudah rusak selama penyimpanan karena bilangan peroksida sensitive terhadap suhu sehingga sangat reaktif. Semakin tinggi suhu penyimpanan mikroenkapsulasi MBMD maka semakin tinggi pula nilai k (laju penurunan kualitas). Sathivel et al. (2002) juga melaporkan bahwa suhu dan waktu penyimpanan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap laju oksidasi asam lemak dari minyak ikan. Nilai k (laju degradasi) parameter bilangan peroksida MBMD berkisar antara 0,0014 hingga 0,0045 (Asokawaty,

2017). Nilai k MBMD lebih tinggi dibandingkan mikrokapsul MBMD (0,0006-0,0029) (Tabel 10), menunjukkan bahwa MBMD mengalami penurunan kualitas lebih cepat dibandingkan mikrokapsul MBMD.

Konstanta laju reaksi nilai (k) dari tiga parameter yang diperoleh kadar air, bilangan peroksida dan total karotenoid dikonversi ke logaritma natural (Ln k) dan diplotkan dalam 1/T (dalam Kelvin) untuk membentuk kurva Arrhenius (Gambar 2).



Gambar 2. Hubungan ln K dan 1/T dari reaksi (a). perubahan kadar air, (b) perubahan bilangan peroksida dan (c) perubahan total karoten pada mikrokapsul MBM

Tabel 7. Persamaan Linier Hasil Regresi ln K dan 1/T dari Reaksi Perubahan Mutu Mikrokapsul Minyak Buah Merah *Degumming*

Parameter	Persamaan linier	Slope (Ea/R)	Ea (Kj/mol)
Kadar air	$y = -8364x + 19,81$	8364	69.542
Bilangan peroksida	$y = -7158x + 16,79$	7247	59.511
karotenoid	$y = -11609x + 31,40$	11609	965.17

Ket: R= 8,314 Kj/mol

Data persamaan linier pada Gambar 2. dan nilai Ea yang dihitung dan dirangkum pada Tabel 7. Interpretasi Ea (energi aktivasi) memberi gambaran seberapa besar pengaruh suhu terhadap reaksi. Nilai Ea menunjukkan energi yang dibutuhkan untuk mengubah karakteristik mutu, semakin tinggi nilai Ea maka semakin banyak energi yang dibutuhkan untuk reaksi atau semakin lambat perubahan kualitasnya. Semakin rendah nilai EA maka semakin sedikit energi yang dibutuhkan atau perubahan kualitas terjadi lebih cepat (Arpah & Syarief, 2000).

Data pada Tabel 7 menunjukkan bahwa nilai Ea bilangan peroksida (59.511/mol) merupakan yang terendah diantara ketiga parameter mutu mikroenkapsulasi MBMD yang diuji. Rendahnya nilai Ea menunjukkan bahwa karotenoid mikroenkapsulasi MBMD sebagai komponen antioksidan memerlukan waktu yang relatif lama untuk terdegradasi, sedangkan karotenoid mikroenkapsulasi MBMD sangat rentan terhadap oksidasi dan tidak terhidrolisis. Oleh karena itu penentuan umur simpan didasarkan pada kinetika perubahan mutu selama penyimpanan yaitu bilangan peroksida.

Asokawaty (2017) melaporkan nilai Ea bilangan peroksida minyak buah merah degumming sebesar 38.963 kJ/mol, nilai Ea ini lebih rendah dari nilai Ea mikroenkapsulat

MBMD (Tabel 11). Hal ini menunjukkan bahwa MBMD lebih cepat bereaksi dibandingkan dengan mikroenkapsulat MBMD. Hal serupa juga dilaporkan oleh Qhistina (2015) mengenai perubahan kualitas mikroenkapsulasi minyak sawit merah selama penyimpanan, nilai Ea yang diperoleh untuk pembentukan peroksida adalah sebesar 27.955 KJ/mol. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa produk mikroenkapsulasi MBMD lebih stabil terhadap proses oksidasi dibandingkan produk mikroenkapsulasi MBMD dan mikroenkapsulasi minyak sawit merah.

Pendugaan umur simpan mikrokapsul MBMD dengan metode ASLT. Metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Testing*) merupakan metode yang mempercepat kerusakan pangan dengan cara meningkatkan suhu penyimpanan dan menghitung tanggal kadaluarsa. Metode ASLT dapat diterapkan pada proses kerusakan pangan yang memiliki model kinetik yang valid. Proses kerusakan dapat bersifat kimia, fisik, dan atau mikrobiologi. Pendekatan metode ASLT adalah menentukan kerusakan yang tampak pada interval waktu tertentu, model mana yang digunakan, dan cara memprediksi umur simpan produk yang sebenarnya (Kilcast & Subraiman, 2000). Hasil evaluasi umur simpan dilakukan pada suhu 2/0 °C, 30°C dan 40°C dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Pendugaan Umur Simpan Mikroenkapsulat Minyak Buah Merah *Degumming* pada Suhu 20°C, 30°C dan 40°C berdasarkan Parameter Bilangan Peroksida

Suhu (°C)	Peroksida Awal	Peroksida Akhir	Total Peroksida	Penurunan mutu	Jam	Hari	bln	Thn
	0,49	10	9,51	0,000485	19608	817	27	2,3
30	0,49	10	9,51	0,001087	8749	365	12	1,0
40	0,49	10	9,1	0,002311	4115	171	6	0,5

Data pada Tabel 8. menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan lama penyimpanan maka nilai k akan semakin tinggi. Hal ini mempengaruhi pada umur simpannya semakin pendek, apabila produk mikrokapsul MBMD disimpan pada suhu 20°C, umur simpan mikrokapsul MBMD adalah 27 bulan atau 2,3 tahun pada suhu 30°C dan 12 bulan atau 1 tahun pada suhu 40 °C 6 bulan atau 0,5 tahu dan 11 bulan pada suhu 30°C. Hal ini membuktikan bahwa proses mikrokapsulasi dapat melindungi bahan inti dari kerusakan minyak dengan cara menurunkan laju oksidasi dan menjaga kestabilan mikrokapsulasi. Menurut Kolanowski *et al.* (2006), proses mikrokapsulasi minyak ikan dapat menekan memperlambat oksidasi. Hal ini disebabkan adanya bahan pelapis (gum arab, gelatin, lesitin, protein kedelai terisolasi) yang melindungi minyak mikrokapsul MBMD memiliki umur simpan yang lebih lama dibandingkan dengan mikrokapsul minyak sawit merah. Novia (2009) melaporkan umur simpan mikrokapsulasi minyak sawit merah berdasarkan parameter total karotenoid adalah 95,20.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kualitas mikrokapsul MBMD menurun seiring dengan meningkatnya suhu dan lama penyimpanan. Hal ini tercermin dari peningkatan kadar air dan bilangan peroksida, penurunan nilai karotenoid menunjukkan produk mikrokapsul MBMD mengalami kerusakan akibat penyimpanan pada suhu tinggi. Peningkatan kadar air dan nilai peroksida berada pada orde 0, karotenoid pada orde 1. dengan nilai Ea masing-masing sebesar

69,542 KJ/mol^oK dan 59,511 KJ/mol^oK dan 965,17 KJ/mol^oK. Nilai peroksida mikrokapsul MBMD paling rentan terhadap kerusakan oksidatif karena memiliki nilai Ea paling rendah. Perkiraan umur simpan mikrokapsul MBMD adalah 2,3 tahun pada suhu 20°C, 1,0 tahun pada suhu 30°C, dan 0,5 tahun pada suhu 40°C.

PERNYATAAN KONTRIBUSI

Dalam penelitian ini, Indah Pratiwi sebagai Kontributor Utama, sementara Zita Sarungallo dan Budi Santoso sebagai Kontributor anggota peneliti.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, S., Rahman, T., & Hidayat, R. (2014). Kinetika degradasi kualitas minyak selama penyimpanan. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 12(2), 112-121.
- Arpah, M., & Syarief, R. (2000). Evaluasi model-model pendugaan umur simpan pangan dari difusi hukum Frick Unidireksional. *Buletin Teknologi dan Industri Pangan*, 16, 15–21.
- Association of Official Analytical Chemists. (2012). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Washington DC: AOAC International.
- Budijanto, Andarwulan, S. N., & Herawati, D. (2001). *Teori dan Praktek Kimia dan Teknologi Lipida. Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.*
- deMan, J. M. (1997). *Principles of Food Chemistry (3rd ed.)*. Springer.
- Fang, Z., & Bhandari, B. (2010). Encapsulation of polyphenols—a review. *Trends in food science & technology*, 21(10), 510-523.
- Kenyamu, M., Mappiratu, M., & Nurakhirawati, N. (2014). Kajian Waktu Simpan Karoten Kapang Oncom Merah (*Neurospora* sp) Yang Diproduksi Pada

- Media Tongkol Jagung. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 3(2).
- Kilcast, D., & Subramaniam, P. (Eds.). (2000). The stability and shelf-life of food.
- Knockaert, G., Lemmens, L., Van Buggenhout, S., Hendrickx, M., & Van Loey, A. (2012). Changes in β -carotene bioaccessibility and concentration during processing of carrot puree. *Food chemistry*, 133(1), 60-67.
- Kolanowski, D., Smith, J., & Brown, L. (2006). Microencapsulation of fish oil: Reducing oxidation through protective coatings. *Journal of Food Engineering*, 75(1), 12-20.
- Kusnandar, F. (2006). *Desain percobaan dalam penetapan umur simpan produk pangan dengan metode ASLT (Model Arrhenius dan kadar air kritis)*. Modul Pelatihan Pendugaan dan Pengendalian Masa Kadaluarsa Bahan dan Produk Pangan. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan dan SEAFast Center. IPB. Bogor.
- Luo, Y., Wang, T. T., Teng, Z., Chen, P., Sun, J., & Wang, Q. (2013). Encapsulation of indole-3-carbinol and 3, 3'-diindolylmethane in zein/carboxymethyl chitosan nanoparticles with controlled release property and improved stability. *Food chemistry*, 139(1-4), 224-230.
- Montesqrit, M., & Ovianti, R. (2013). Pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap stabilitas minyak ikan dan mikrokapsul minyak ikan. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 15(1), 62-68.
- Novia, S. (2009). Stabilitas Mikroenkapsulat Minyak Sawit Merah Hasil Pengeringan Lapis Tipis Selama Penyimpanan. (*Skripsi*). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rangkuti, M. F., Hafiz, M., Munthe, I. J., & Fuadi, M. (2019). Aplikasi pati biji alpukat (*Persea americana*. Mill) sebagai edible coating buah strawberry (*Fragaria* sp.) dengan penambahan ekstrak jahe (*Zingiber officinale*. Rosc). *Agritech: Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 3(1), 1-10.
- Reh, C., Bhat, S. N., & Berrut, S. (2004). Determination of water content in powdered milk. *Food chemistry*, 86(3), 457-464.
- Santoso, B., Sarungallo, Z. L., Situngkir, R. U., Roreng, M. K., Lisangan, M. M., & Murni, V. (2018). Mutu kimia minyak dan komponen aktif minyak buah merah (*Pandanus conoideus* L.) yang dinetralisasi menggunakan larutan alkali. *Agritech*, 1(2), 66-75.
- Sarungallo, Z. L., Santoso, B., Letsoin, Y. Y. D., & Epriliati, I. (2023). Deterioration kinetics of neutralized red fruit (*Pandanus conoideus* L.) oil during storage. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*, 85(5), 103-112.
- Sarungallo, Z., Lede, R. M., & Waani, R. L. (2018). Kinetika perubahan mutu minyak buah merah (*Pandanus conoideus*) hasil degumming selama penyimpanan. *Jurnal Agritech*, 38(4), 380-388.
- Sathivel, K., Tiwari, B. K., & Kapoor, M. (2002). Effect of storage temperature and time on the oxidation kinetics of fish oil. *Journal of Food Science*, 67(2), 123-130.
- Toledo, R. T., Singh, R. K., & Kong, F. (2007). *Fundamentals of food process engineering* (Vol. 297, p. 211). New York: Springer.