

Karakteristik Campuran Minyak Sawit Merah dengan Minyak Jagung sebagai Bahan Baku Label Indikator Suhu-Waktu

Gusnadi Andrianda*, Sunardi, Reza Widyasaputra

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian
INSTIPER Yogyakarta

*Email Korespondensi: gusnadiandrianda@gmail.com

ABSTRAK

Minyak sawit merah (MSM) adalah fraksi olein dari pemurnian minyak sawit kasar (*Crude Palm Oil/CPO*) yang masih mengandung karotenoid membahas pengaruh variasi rasio pencampuran minyak sawit merah (MSM) dan minyak jagung, perbedaan suhu penyimpanan, serta pengaruh kombinasi perlakuan pada karakteristik minyak tersebut. MSM adalah fraksi olein dari minyak sawit kasar yang kaya akan karotenoid, terutama β -karoten. Selama pengolahan dan penyimpanan, senyawa β -karoten sensitif terhadap panas dan oksidasi. Minyak jagung, sebaliknya, adalah *Triglycerida* dengan komposisi yang berbeda dari minyak sawit merah. Asam lemak jenuh dan tidak jenuh menyusun minyak jagung, dengan sebagian besar *Triglycerida* terdiri dari asam oleat dan linoleat. *Time Temperature Indicator* (TTI) adalah inovasi kemasan cerdas yang mengindikasikan perubahan produk berdasarkan perubahan suhu penyimpanan dan waktu. TTI berbasis difusi adalah jenis TTI yang digunakan. Viskometer *Ostwald* dan densitas digunakan untuk mengukur karakteristik minyak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi rasio pencampuran dan perbedaan suhu penyimpanan mempengaruhi karakteristik densitas, viskositas, laju difusi, panjang difusi, dan warna minyak. Pengaruh kombinasi kedua perlakuan tersebut juga signifikan terhadap karakteristik minyak. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa variasi rasio pencampuran dan perbedaan suhu penyimpanan berpengaruh nyata terhadap karakteristik minyak, termasuk densitas, viskositas, laju difusi, panjang difusi, dan warna. Kombinasi kedua faktor ini juga memiliki pengaruh signifikan pada karakteristik densitas.

Kata Kunci: Minyak Sawit, Minyak Jagung, Densitas, Viskometer Ostwald, Karakteristik Minyak

PENDAHULUAN

Minyak sawit merah (MSM) merupakan fraksi olein yang diperoleh dari penyulingan minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil/CPO*) dan berisi karotenoid dengan total karoten 550 mg/kg, dan β -karoten 70% (Manorama et al. 1996; Dauqan et al. 2011). Selama mekanisme pengerjaan dan penyimpanan, MSM dan bahan aktif yang dikandungnya terkena panas dan oksigen sehingga menyebabkan rusaknya struktural, pada kandungan larutan β -karoten. Karena larutan β -karoten mempunyai banyak ikatan rangkap terkonjugasi maka senyawa ini sensitif terhadap panas dan reaksi oksidasi.

Minyak jagung merupakan *Triglycerida* yang bersusun campuran gliserol dan asam lemak. Kadar *Triglycerida* dalam minyak jagung dengan kadar 98,6%, sebaliknya sisanya menjadi bahan non minyak, seperti abu, air, zat warna atau lilin. Asam lemak yang menyusun minyak jagung menjadi susunan asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh

(Ketaren, 1986). Besaran jumlah asam lemak jenuh pada kandungan minyak jagung sekitar 13%. Level asam lemak jenuh yang tersusun pada *Triglycerida* minyak jagung sebagai berikut: asam miristat, asam palmitat dan asam stearat. Level asam lemak tidak jenuh yang tersusun pada *Triglycerida* minyak jagung berada pada kadar 86% yang meliputi 2 kandungan asam yaitu: asam oleat dan asam linoleat.

Indikator Suhu Waktu (TTI) merupakan inovasi dalam bidang kemasan cerdas yang berupa label, yang mampu secara real-time menunjukkan perubahan yang terjadi pada suatu produk berdasarkan perubahan suhu penyimpanan selama periode tertentu. TTI berbasis difusi merupakan salah satu varian TTI yang telah diterapkan secara komersial. Gerakan (difusi) indikator dalam medium TTI menandakan perubahan suhu penyimpanan dan/atau durasi penyimpanan produk tersebut, yang pada akhirnya mencerminkan penurunan kualitas produk (Kim et al., 2016). Semakin lama waktu penyimpanan atau semakin tinggi suhu penyimpanan, maka difusi indikator tersebut akan semakin lama.

Viskometer Ostwald adalah salah satu viskometer yang umum digunakan, dikenal karena membutuhkan volume sampel yang lebih kecil dibandingkan dengan jenis viskometer lainnya. Prinsip kerjanya melibatkan pengukuran waktu yang dibutuhkan oleh cairan untuk melewati dua titik yang telah ditentukan pada sebuah tabung kapiler vertikal (Regina dkk., 2018).

Massa jenis atau densitas adalah suatu ukuran dari massa suatu benda yang dinyatakan sebagai berat benda per volume tertentu. Besaran massa jenis membantu menjelaskan fenomena mengapa benda-benda dengan ukuran yang sama dapat memiliki berat yang berbeda. Perlu dicatat bahwa ukuran benda yang lebih besar tidak selalu berarti benda tersebut lebih berat dibandingkan dengan benda yang lebih kecil. Dalam konteks minyak sawit merah dan minyak jagung, variasi rasio pencampuran dan suhu dapat mempengaruhi karakteristik viskositas, densitas, warna, laju difusi, dan panjang difusi dari kedua jenis minyak tersebut.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan mencakup gelas piala, pengaduk magnetik, hotplate, inkubator, dan lemari es.

Bahan yang digunakan mencakup minyak sawit merah (*Redpalma*), minyak jagung (*Mazola*), dan medium difusi berupa kertas foto waterproof ukuran 15 cm x 1,0 cm x 0,01 cm (*Printech*).

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Institut Pertanian STIPER Yogyakarta. Penelitian ini dilaksanakan Agustus 2021 - Januari 2022

Rancangan Penelitian

Penelitian Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Blok Lengkap (RBL), dengan 2 faktor, yaitu:

Faktor pertama yaitu variasi rasio pencampuran :

A1= 70:30 (v/v) (minyak sawit merah 280 ml dan minyak jagung 120 ml)

A2= 50:50 (v/v) (minyak sawit merah 200 ml dan minyak jagung 200 ml)

A3= 30:70 (v/v) (minyak sawit merah 120 ml dan minyak jagung 280 ml)

Faktor B yaitu suhu penyimpanan:

B1= 4°C

B2= 29°C

B3= 44°C

Parameter yang diamati yaitu:

- Panjang difusi
- Densitas
- Laju difusi
- Viskositas
- Warna (kecerahan, kuning-biru, merah-hijau)

Blok I

A1B1	¹	A1B2	²	A1B3	³
A2B1	⁴	A2B2	⁵	A2B3	⁶
A3B1	⁷	A3B3	⁸	A2B3	⁹

Blok II

A1B1	¹	A1B2	²	A1B3	³
A2B1	⁴	A2B2	⁵	A2B3	⁶
A3B1	⁷	A3B3	⁸	A2B3	⁹

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Panjang Difusi

Difusi merupakan proses yang timbul dari pergerakan molekul yang mengalir dari daerah dengan konsentrasi tinggi ke daerah dengan konsentrasi rendah. Konsep ini melibatkan perbedaan konsentrasi antara dua larutan, yang juga dikenal sebagai gradien konsentrasi. Meskipun tidak ada perbedaan konsentrasi, perpindahan molekul tetap dapat terjadi untuk mencapai kesetimbangan (Ewisahrani dkk., 2020).

Data primer hasil analisis panjang difusi dapat ditemukan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data primer analisis panjang difusi (cm).

	Blok		Jumlah	Rata - Rata
	I	II		
B1				
A1	3,3	2,5	5,8	2,9
A2	4,1	2,3	6,4	3,2
A3	3,4	2,3	5,7	2,85
B2				
A1	3,9	2,4	6,3	3,15
A2	5,1	2,8	7,9	3,95
A3	5,8	4,6	10,4	5,2
B3				
A1	6,2	6,7	12,9	6,45
A2	7,1	7,6	14,7	7,35
A3	8,8	8,5	17,3	8,65
Jumlah	47,7	39,7	87,4	43,7
Rerata	5,30	4,41	9,71	4,86

Dari hasil analisis yang dilakukan seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1, kemudian akan dilakukan analisis keragaman untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh nyata pada

karakteristik campuran minyak sawit merah dengan minyak jagung, (A1) 70 : 30 , (A2) 50 : 50, (A3) 30 : 70 dengan panjang difusi yang dihasilkan.

Tabel 2. Analisis keragaman panjang difusi.

Sumber Keragaman	Db	JK	RK	F. Hitung	F. Tabel	
					5%	1%
A	2	5,88	2,94	6,23 *	4,46	8,65
B	2	65,88	32,94	69,82 **	4,46	8,65
A x B	4	3,42	0,85	1,81 tn	3,84	7,01
Blok	1	3,55	3,55			
Eror	8	3,77	0,47			
Total	17	82,52	40,76			

Keterangan:

**) berpengaruh sangat nyata

*) berpengaruh nyata

^{tn}) tidak berpengaruh nyata

Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa faktor A (Variasi Rasio Pencampuran) berpengaruh nyata terhadap panjang difusi dan berpengaruh sangat nyata terhadap suhu Pencampuran. Selanjutnya dilakukan uji jarak berganda Duncan jenjang 5% guna melihat beda nyata dari kedua faktor.

Tabel 3 menunjukkan hasil uji jarak berganda Duncan untuk panjang difusi.

PERLAKUAN	A1	A2	A3	RERATA B
B1	2,9	3,20	2,85	2,98 ^Z
B2	3,15	3,95	5,2	4,1 ^Y
B3	6,45	7,35	8,65	7,48 ^X
RERATA A	4,16 ^B	4,16 ^{AB}	5,56 ^A	

Keterangan: Rerata yang dapat dilihat pada tabel penggunaan huruf yang berbeda pada kolom maupun baris menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada tingkat signifikansi 5%.

Adapun nilai tertinggi dari panjang difusi didapat dari A3B3 8,65. dan nilai terendah pada panjang difusi terdapat pada sample A3B1 2,85. Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa faktor A (Variasi Rasio Pencampuran) berpengaruh nyata terhadap panjang difusi sedangkan faktor B berpengaruh sangat nyata terhadap panjang difusi dan untuk faktor Ax B tidak berpengaruh nyata. Karena ketika proses pencampuran mengalami perbedaan antara variasi rasio pencampuran dan suhu antar faktor A dan faktor B. Karena menurut (Khairunisa dkk, 2010) dinyatakan bahwa semakin tinggi suhu penyimpanan, panjang difusi cenderung meningkat, menunjukkan bahwa laju difusi menjadi lebih cepat.

Densitas

Massa jenis atau densitas adalah besaran yang mengukur kerapatan massa suatu benda, dinyatakan sebagai berat benda per satuan volume benda tersebut. Besaran massa jenis membantu menjelaskan perbedaan berat pada benda yang memiliki ukuran yang sama. Penting untuk dicatat bahwa ukuran yang lebih besar pada suatu benda tidak selalu berarti benda tersebut memiliki berat yang lebih besar dibandingkan dengan benda yang lebih kecil. (Riuspassa, 2018).

Data primer hasil analisis densitas dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Data primer analisis densitas (g/cm³).

	Blok		Jumlah	Rata - Rata
	I	II		
B1				
A1	0,56	0,56	1,13	0,56
A2	0,91	0,91	1,83	0,91
A3	0,90	0,90	1,80	0,90
B2				
A1	0,88	0,88	1,77	0,88
A2	0,89	0,89	1,79	0,89
A3	0,89	0,89	1,79	0,89
B3				
A1	0,87	0,88	1,76	0,88
A2	0,89	0,89	1,78	0,89
A3	0,90	0,90	1,80	0,90
Jumlah	7,73	7,74	15,47	7,73
Rerata	0,86	0,86	1,72	0,86

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan seperti pada Tabel 4, kemudian dilakukan analisis keanekaragaman untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh nyata terhadap karakteristik campuran minyak sawit merah dengan minyak jagung, (A1) 70 : 30 , (A2) 50 : 50, (A3) 30 : 70 dengan densitas yang dihasilkan.

Tabel 5. Analisis keragaman densitas.

Sumber Keragaman	Db	JK	RK	F. Hitung	F. Tabel	
					5%	1%
A	2	0,06	0,03	5418,65**	4,46	8,65
B	2	0,03	0,01	3327,61**	4,46	8,65
A x B	4	0,09	0,02	4413,170**	3,84	7,01
Blok	1	0,00	0,00			
Error	8	0,00	0,00			
Total	17	0,19	0,07			

Keterangan:

**) berpengaruh sangat nyata

) berpengaruh nyata

^{tn}) tidak berpengaruh nyata

Dari Tabel 5 dapat diketahui bahwa analisis keragaman faktor A (variasi rasio pencampuran) dan faktor B (suhu pencampuran) berpengaruh sangat nyata terhadap densitas, nilai A x B diperoleh secara signifikansi sehingga berpengaruh sangat nyata. Selanjutnya dilakukan uji jarak berganda Duncan jenjang 5% guna melihat beda nyata dari kedua faktor.

Tabel 6. Hasil uji jarak berganda Duncan densitas.

PERLAKUAN	A1	A2	A3	RERATA B
B1	0,56	0,91	0,90	0,79 ^R
B2	0,88	0,89	0,89	0,89 ^P
B3	0,88	0,89	0,90	0,89 ^Q
RERATA A	0,77 ^Z	0,90 ^X	0,90 ^Y	

Keterangan: Rerata dengan huruf yang berbeda pada kolom atau baris menandakan adanya perbedaan yang signifikan berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada tingkat signifikansi 5%.

Adapun nilai tertinggi dari Densitas didapat pada sample A2B1 0,91 . dan nilai terendah pada densitas terdapat pada sample A1B1 0,56. Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa faktor A (variasi rasio pencampuran) berpengaruh sangat nyata terhadap densitas dan berpengaruh sangat nyata terhadap suhu pencampuran, nilai A x B diperoleh secara signifikansi sehingga berpengaruh sangat nyata. Menurut (Wulandari, dkk. 2017) suhu berpengaruh pada densitas minyak sawit dimana suhu semakin tinggi akan menurunkan nilai densitasnya.

Laju Difusi

Menurut (Rosyidah, 2005), disebutkan bahwa selain suhu penyimpanan, koefisien difusi juga dipengaruhi oleh panjang difusi dan viskositas indikator sebagai zat yang mengalami difusi. Penurunan viskositas indikator menyebabkan peningkatan laju difusi. Dengan meningkatnya laju difusi indikator, pada tingkat tertentu, panjang difusi dan nilai koefisien difusi juga meningkat seiring dengan kenaikan suhu penyimpanan. Data primer hasil analisis laju difusi dapat dilihat dalam Tabel 7.

Tabel 7. Data primer analisis laju difusi (cm/s).

	Blok			
	I	II	Jumlah	Rata - Rata
B1				
A1	0,11	0,08	0,19	0,09
A2	0,13	0,07	0,2	0,10
A3	0,11	0,07	0,18	0,09
B2				
A1	0,13	0,08	0,21	0,10
A2	0,17	0,09	0,26	0,13
A3	0,19	0,15	0,34	0,17
B3				
A1	0,2	0,22	0,42	0,21
A2	0,23	0,25	0,48	0,24
A3	0,29	0,28	0,57	0,28
Jumlah	1,56	1,29	2,85	1,42
Rerata	0,17	0,14	0,32	0,16

Adapun hasil analisis yang telah didapatkan seperti yang ada pada Tabel 7, kemudian dilakukan analisis keragaman untuk mendapatkan hasil ada atau tidaknya pengaruh nyata terhadap laju difusi (A1) 70 : 30 , (A2) 50 : 50, (A3) 30 : 70 dengan laju difusi yang dihasilkan.

Tabel 8. Analisis keragaman laju difusi.

Sumber Keragaman	Db	JK	RK	F. Hitung	F. Tabel	
					5%	1%
A	2	0,00	0,00	5,19*	4,46	8,65
B	2	0,07	0,03	61,61**	4,46	8,65
A x B	4	0,00	0,00	1,70 ^{tn}	3,84	7,01
Blok	1	0,00	0,00			
Eror	8	0,00	0,00			
Total	17	0,09	0,04			

keterangan:

**) berpengaruh sangat nyata

*) berpengaruh nyata

^{tn}) tidak berpengaruh nyata

Dari Tabel 8 dapat diketahui bahwa analisis keragaman faktor A (variasi rasio pencampuran) yang dihasilkan berpengaruh nyata terhadap laju difusi dan faktor B berpengaruh sangat nyata pada laju difusi, sedangkan nilai A x B diperoleh secara signifikansi berpengaruh tidak nyata. Selanjutnya dilakukan uji jarak berganda Duncan jenjang 5% guna melihat beda nyata dari kedua faktor.

Tabel 9. Hasil uji jarak berganda Duncan laju difusi.

PERLAKUAN	A1	A2	A3	RERATA B
B1	0,95	0,10	0,09	0,09 ^Z
B2	0,10	0,13	0,17	0,13 ^Y
B3	0,21	0,24	0,28	0,24 ^X
RERATA A	0,13 ^C	0,15 ^B	0,18 ^A	

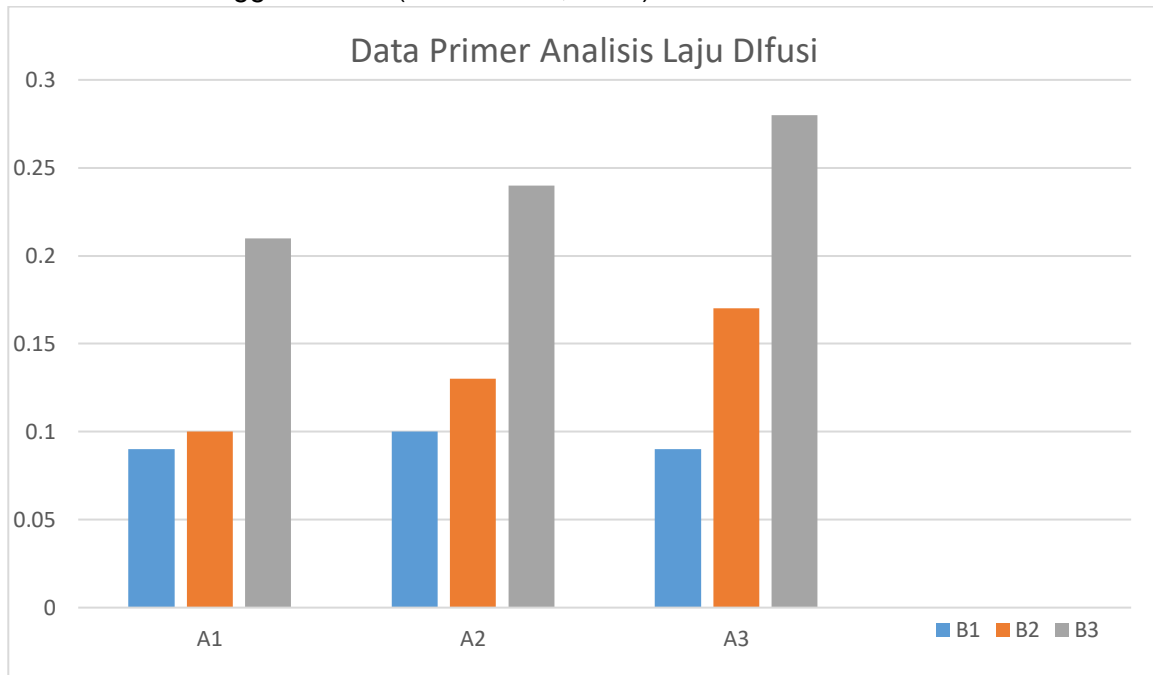
Keterangan: Rerata yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom maupun baris menunjukkan adanya perbedaan berdasarkan uji jarak berganda *Duncan* pada jenjang nyata 5%.

Adapun nilai tertinggi dari laju difusi didapat dari A1B1 0,95 dan nilai terendah terdapat pada sample A1B2 0,10. Dari Tabel 9 dapat diketahui faktor A (variasi rasio pencampuran) berpengaruh nyata terhadap laju difusi dan berpengaruh sangat nyata terhadap suhu penyimpanan. Sedangkan untuk faktor A x B berpengaruh tidak nyata terhadap laju difusi, dikarenakan kedua minyak telah mencapai titik lelehnya. Maka semakin tinggi suhu penyimpanan maka laju difusi akan meningkat. Sebaliknya jika semakin rendah suhu penyimpanan maka laju difusi akan menurun. Untuk minyak sawit merah titik lelehnya mencapai 20,7 °C (Ulfah dkk., 2016) sedangkan minyak jagung titik lelehnya berada pada angka -11 °C (Strayer, 2016).

Campuran minyak bergantung pada rasio asam lemak penyusunnya. Minyak jagung, sebagai contoh, memiliki sebagian besar asam lemak yang bersifat tidak jenuh. Komposisi asam lemak dalam minyak jagung mencakup asam linoleat sebesar 61.9%, asam oleat 24.1%, asam palmitat 11.1%, asam stearat 2.0%, asam linolenat 0.7%, dan asam arakidonat 0.2% (Winarno, 2005).

Minyak sawit merah di sisi lain, memiliki komposisi asam lemak jenuh dan tak jenuh yang seimbang. Komposisi asam-asam lemak tersebut melibatkan asam oleat sebanyak

43.7%, asam palmitat 39.3%, dan asam linoleat 10.5% (El-Hadad et al., 2010). Kedua jenis minyak tersebut memiliki beberapa kesamaan dalam komposisi asam lemak, termasuk asam oleat, asam linoleat, dan asam palmitat. Titik leleh dari asam oleat berkisar antara 10 °C hingga 16 °C, asam linoleat antara -5 hingga -7.15 °C, sedangkan asam palmitat berkisar antara 62.20 °C hingga 63.1 °C (Knothe dkk., 2009).



Viskositas

Viskositas dapat didefinisikan sebagai resistensi terhadap aliran fluida segera setelah energi awal diterapkan (dalam bentuk gesekan atau gaya). Hasil analisis viskositas dilakukan pada tiga jenis kriteria indikator pada tiga suhu berbeda. Secara umum, peningkatan suhu menyebabkan penurunan viskositas indikator. Fenomena ini terkait dengan perubahan fase asam-asam lemak yang menyusun minyak campuran dari padat menjadi cair akibat peningkatan suhu. Penurunan tekanan kohesi intermolekuler karena kenaikan suhu menyebabkan renggangnya ikatan antar atom karbon, yang pada gilirannya mempercepat laju aliran (Widyasaputra, 2022).

Data primer hasil analisis viskositas dapat dilihat dalam Tabel 10.

Tabel 10. Data primer analisis viskositas (m²/s).

	Blok		Jumlah	Rata – Rata
	I	II		
B1				
A1	24,16	20,82	44,98	22,49
A2	17,86	22,58	40,44	20,22
A3	23,11	22,75	45,86	22,93
B2				
A1	19,47	22,53	42	21,00
A2	22,98	24,86	47,84	23,92
A3	21,48	28,31	49,79	24,89
B3				
A1	18,95	22,23	41,18	20,59

A2	19,65	24,48	44,13	22,06
A3	18,72	21,36	40,08	20,04
Jumlah	186,38	209,92	396,3	198,15
Rerata	20,71	23,32	44,03	22,02

Adapun hasil analisis yang telah dilakukan seperti yang ada pada Tabel 10, selanjutnya dilakukan analisis keragaman untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh nyata terhadap viskositas, (A1) 70 : 30 , (A2) 50 : 50, (A3) 30 : 70.

Tabel 11. Analisis keragaman viskositas.

Sumber Keragaman	Db	JK	RK	F. Hitung	F. Tabel	
					5%	1%
A	2	4,79	2,39	0,52tn	4,46	8,65
B	2	17,06	8,53	1,88tn	4,46	8,65
A x B	4	24,47	6,11	1,34tn	3,84	7,01
Blok	1	30,78	30,78			
Eror	8	36,29	4,53			
Total	17	113,42	52,37			

Keterangan:

) berpengaruh sangat nyata

) berpengaruh nyata

^{tn}) tidak berpengaruh nyata

Adapun hasil tabel 11 dapat diketahui bahwa analisis keragaman faktor A (variasi rasio pencampuran) berpengaruh tidak nyata terhadap viskositas dan faktor B (suhu pencampuran) berpengaruh tidak nyata terhadap viskositas, sedangkan nilai AxB diperoleh secara signifikansi berpengaruh tidak nyata. Kemudian dilakukan uji jarak berganda Duncan jenjang 5% guna melihat beda nyata dari kedua faktor.

Tabel 12. Hasil uji jarak berganda Duncan *viskositas*.

PERLAKUAN	A1	A2	A3	RERATA B
B1	22,49	20,22	22,93	21,88
B2	21,00	23,92	24,89	23,27
B3	20,59	22,06	20,04	20,89
RERATA A	21,36	22,06	22,62	

Keterangan: Rerata dengan huruf yang berbeda pada kolom atau baris menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada tingkat signifikansi 5%.

Adapun nilai tertinggi dari viskositas didapat dari A3B2 24,89. Dan nilai terendah pada viskositas terdapat pada sample A3B3 20,04. Dari Tabel 12 dapat diketahui bahwa analisis keragaman faktor A (variasi rasio pencampuran) berpengaruh tidak nyata terhadap viskositas dan berpengaruh tidak nyata terhadap suhu pencampuran, sedangkan nilai AxB diperoleh secara signifikansi berpengaruh tidak nyata. Pada suhu 4 °C, viskositas meningkat dengan komposisi minyak sawit merah yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan asam lemak jenuh pada minyak sawit merah, yang cenderung meningkatkan viskositas pada suhu rendah. Viskositas minyak sawit merah mencapai 45 cP pada suhu ruang, dengan titik leleh pada 20,7 °C (Ulfah dkk., 2016). Semakin tinggi konsentrasi asam lemak jenuh, viskositas minyak cenderung semakin tinggi (Fasina and Colley, 2008). Namun, pada suhu 29 °C dan 44 °C, perbedaan viskositas antar sampel tidak begitu signifikan. Ini disebabkan

beberapa asam lemak telah mencapai titik lelehnya. Asam oleat, yang merupakan komponen dari kedua jenis minyak, meleleh pada suhu 10-16 °C (Knothe and Dunn, 2019). Titik leleh minyak jagung tercatat pada -11 °C (Strayer, 2016), dengan viskositas pada suhu 25 °C sebesar 58 cP (Winarno, 2005).

Warna L

Tujuan pengelompokan dengan segmentasi ruang warna L*a*b adalah untuk mengidentifikasi kandungan warna secara digital. Ruang warna CIE LAB merepresentasikan warna dengan tiga nilai numerik, yaitu L* untuk tingkat kecerahan, dan a* dan b* untuk komponen hijau-merah dan biru-kuning. Identifikasi warna didasarkan pada panjang gelombang cahaya, yang masih dapat terlihat oleh mata manusia dalam rentang 380 hingga 780 nanometer. Dalam lingkaran warna, terdapat 12 jenis warna, termasuk merah, kuning, hijau, cyan, biru, dan magenta, serta semua warna intermediate (yang terakhir adalah warna antara magenta dan merah) (Sindar, 2019). Dalam konteks pencampuran minyak sawit merah dan minyak jagung, warna L merujuk pada tingkat kecerahan hasil pencampuran kedua minyak tersebut dalam ruang warna L*a*b.

Data primer hasil analisis warna L dapat dilihat dalam Tabel 13.

Tabel 13. Data primer analisis warna L.

Blok				
	I	II	Jumlah	Rata - Rata
B1				
A1	28,41	30,07	58,48	29,24
A2	27,06	30,24	57,3	28,65
A3	24,85	26,23	51,08	25,54
B2				
A1	32,5	27,63	60,13	30,06
A2	27,75	30,32	58,07	29,03
A3	28,35	25,76	54,11	27,05
B3				
A1	27,47	27,98	55,45	27,72
A2	30,11	29,47	59,58	29,79
A3	26,95	25,83	52,78	26,39
Jumlah	253,45	253,53	506,98	253,49
Rerata	28,16	28,17	56,33	28,17

Adapun hasil analisis yang telah dilakukan seperti yang ada pada Tabel 13, selanjutnya dilakukan analisis keragaman untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh nyata terhadap karakteristik campuran minyak sawit merah dengan minyak jagung, (A1) 70 : 30 , (A2) 50 : 50, (A3) 30 : 70 dengan warna L yang dihasilkan.

Tabel 14. Analisis keragaman warna L.

Sumber Keragaman	Db	JK	RK	F. Hitung	F. Tabel	
					5%	1%
A	2	30,44	15,22	4,53*	4,46	8,65
B	2	2,82	1,41	0,42 tn	4,46	8,65
A x B	4	6,46	1,61	0,48 tn	3,84	7,01
Blok	1	0,00	0,00			
Eror	8	26,86	3,35			
Total	17	66,59	21,60			

Keterangan:

**) berpengaruh sangat nyata

*) berpengaruh nyata

^{tn}) tidak berpengaruh nyata

Dari Tabel 14, dapat disimpulkan bahwa analisis keragaman faktor A (variasi rasio pencampuran) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap warna L, sementara faktor B (suhu pencampuran) tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap warna L. Selain itu, nilai A x B juga ditemukan tidak signifikan, dengan tingkat signifikansi di bawah 5%, menunjukkan bahwa interaksi antara faktor A dan faktor B tidak berpengaruh secara signifikan terhadap warna L.

Selanjutnya dilakukan uji jarak berganda *Duncan* jenjang 5% guna melihat beda nyata dari kedua faktor.

Tabel 15. Hasil uji jarak berganda *Duncan* warna L.

PERLAKUAN	A1	A2	A3	RERATA B
B1	29,24	28,65	25,54	27,81
B2	30,06	29,03	27,055	28,71
B3	27,72	29,79	26,39	27,96
RERATA A	29,01 ^o	29,15 ^o	26,32 ^p	

Keterangan: Rerata yang ditandai dengan huruf yang berbeda pada kolom atau baris menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan berdasarkan uji jarak berganda *Duncan* pada tingkat signifikansi 5%.

Adapun nilai tertinggi dari Warna L didapat dari A1B2 30,06 . dan nilai terendah pada warna L terdapat pada sample A3B1 25,54. Dari Tabel 15, dapat disimpulkan bahwa analisis keragaman faktor A (variasi rasio pencampuran) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap warna L, sedangkan faktor B (suhu pencampuran) tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap warna L. dan nilai A x B diperoleh secara signifikansi maka nilai ini di bawah 5% sehingga berpengaruh tidak nyata. Pada perbandingan suhu juga tidak berpengaruh nyata terhadap warna L dikarenakan tidak terjadi perubahan kecerahan dari hasil pencampuran minyak sawit merah dan minyak jagung yang di sebabkan oleh perubahan suhu saat di panaskan ataupun disimpan pada suhu rendah. Menurut Ketaren (1986), warna minyak ditentukan oleh adanya pigmen yang masih ada, karena asam-asam lemak dan gliserida pada dasarnya tidak berwarna. Warna jingga atau kuning muncul karena adanya pigmen karoten yang larut dalam minyak. Dalam konteks penelitian ini, warna dipengaruhi oleh variasi rasio pencampuran dan suhu pencampuran.

Warna A

Pada warna a dapat mendeskripsikan jenis warna hijau-merah terdapat 2 warna pada a adalah merah dan hijau. Saat angka negatif a* akan mengeluarkan warna hijau sedangkan saat angka positif a* mengeluarkan warna merah. Identitas suatu warna ditentukan oleh panjang gelombang dalam rentang cahaya, yang masih dapat diterima oleh mata manusia dan berkisar antara 380 hingga 780 nanometer. Dalam lingkaran warna, terdapat 12 jenis warna yang dihasilkan, mencakup merah, kuning, hijau, cyan, biru, magenta, serta semua warna intermediate (yang terakhir adalah warna di antara magenta dan merah) (Sindar, 2019). Data primer hasil analisis warna a dapat dilihat dalam Tabel 16.

Tabel 16. Data primer analisis warna a.

	Blok		Jumlah	Rata - Rata
	I	II		
B1				
A1	14,96	14,68	29,64	14,82
A2	15,02	15,9	30,92	15,46
A3	11,87	14,42	26,29	13,14
B2				
A1	18,21	14,28	32,49	16,24
A2	16,12	16,66	32,78	16,39
A3	15,75	14,17	29,92	14,96
B3				
A1	14,25	15,18	29,43	14,71
A2	15,73	16,79	32,52	16,26
A3	14,67	13,98	28,65	14,32
Jumlah	136,58	136,06	272,64	136,32
Rerata	15,18	15,12	30,29	15,15

Adapun hasil analisis yang telah dibuat seperti yang ada pada Tabel 16, kemudian dilakukan analisis keragaman untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh nyata terhadap karakteristik campuran minyak sawit merah dengan minyak jagung, (A1) 70 : 30 , (A2) 50 : 50, (A3) 30 : 70 dengan warna a yang dihasilkan.

Tabel 17. Analisis keragaman warna a.

Sumber Keragaman	Db	JK	RK	F. Hitung	F. Tabel	
					5%	1%
A	2	5,88	2,94	6,23 *	4,46	8,65
B	2	65,88	32,94	69,82 **	4,46	8,65
A x B	4	3,42	0,85	1,81 tn	3,84	7,01
Blok	1	3,55	3,55			
Eror	8	3,77	0,47			
Total	17	82,52	40,76			

keterangan:

**) berpengaruh sangat nyata

*) berpengaruh nyata

tn) tidak berpengaruh nyata

Dari Tabel 17 dapat diketahui bahwa pada analisis keragaman faktor A (variasi rasio pencampuran) berpengaruh nyata terhadap warna a sedangkan untuk faktor B (suhu pencampuran) berpengaruh sangat nyata terhadap warna a. Sedangkan nilai AxB diperoleh secara signifikansi maka nilai ini di bawah 5% sehingga tidak berpengaruh nyata. Kemudian dilakukan uji jarak berganda *Duncan* jenjang 5% guna melihat beda nyata dari kedua faktor.

Tabel 18. Hasil uji jarak berganda *Duncan* warna a.

PERLAKUAN	A1	A2	A3	RERATA B
B1	14,82	14,82	15,46	15,03 ^a
B2	16,24	16,39	14,96	15,86 ^b
B3	14,71	16,26	14,32	15,1 ^c
RERATA A	15,26 ^o	15,82 ^o	14,91 ^p	

Keterangan: Rerata yang diikuti huruf yang berbeda dalam kolom dan baris mewakili adanya perbedaan berdasarkan uji jarak berganda *Duncan* pada jenjang nyata 5%.

Dari Tabel 18 dapat diketahui bahwa analisis keragaman faktor A (variasi rasio pencampuran) berpengaruh nyata terhadap warna a dan faktor B (suhu pencampuran) berpengaruh sangat nyata terhadap warna a yang dihasilkan. sedangkan nilai AxB diperoleh secara signifikansi maka nilai ini di bawah 5% sehingga tidak berpengaruh nyata. Perbandingan suhu juga mempunyai pengaruh sangat yang nyata terhadap warna a dikarenakan terjadi perubahan warna kemerahan dari hasil pencampuran minyak sawit merah dan minyak jagung yang di sebabkan oleh perubahan suhu saat dipanaskan ataupun disimpan pada suhu rendah. hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak minyak sawit merah yang ditambahkan maka warna dari sample semakin merah.

Warna B

Pada dimensi warna b* dapat memberikan deskripsi terhadap jenis warna biru dan kuning, di mana nilai negatif pada b* akan menciptakan warna biru, sementara nilai positif pada b* menunjukkan warna kuning. Seperti yang dijelaskan oleh Sindar (2019), ada 12 jenis warna yang dihasilkan dalam lingkaran warna, melibatkan merah, kuning, hijau, cyan, biru, magenta, dan seluruh warna intermediate (yang terakhir adalah warna di antara magenta dan merah). Data primer hasil analisis warna b dapat dilihat dalam Tabel 19.

Tabel 19. Data primer analisis warna b.

	Blok		Jumlah	Rata – Rata
	I	II		
B1				
A1	2,83	3,3	6,13	3,06
A2	3,46	5,28	8,74	4,37
A3	0,42	3,93	4,35	2,17
B2				
A1	8,3	2,14	10,44	5,22
A2	4,25	5,73	9,98	4,99
A3	4,93	3,48	8,41	4,20
B3				
A1	2,16	2,67	4,83	2,41
A2	5,36	5,72	11,08	5,54
A3	4,24	3,11	7,35	3,67
Jumlah	35,95	35,36	71,31	35,65
Rerata	3,99	3,93	7,92	3,96

Hasil analisis yang telah dilakukan seperti yang ada pada Tabel 19, kemudian dapat dilakukan analisis keragaman untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh nyata pada karakteristik campuran minyak sawit merah dengan minyak jagung, (A1) 70 : 30 , (A2) 50 : 50, (A3) 30 : 70 dengan warna b yang dihasilkan.

Tabel 20. Analisis keragaman warna b.

Sumber Keragaman	db	JK	RK	F. Hitung	F. Tabel	
					5%	1%
A	2	9,22	4,61	1,23tn	4,46	8,65
B	2	7,76	3,88	1,03tn	4,46	8,65
A x B	4	6,66	1,66	0,44tn	3,84	7,01
Blok	1	0,01	0,01			
Eror	8	29,85	3,73			
Total	17	53,53	13,91			

Keterangan:

**) berpengaruh sangat nyata

) berpengaruh nyata

^{tn}) tidak berpengaruh nyata

Dari Tabel 20 dapat diketahui bahwa analisis keragaman faktor A (variasi rasio pencampuran) tidak berpengaruh nyata pada warna b dan tidak berpengaruh nyata pada suhu pencampuran, sedangkan nilai AxB diperoleh secara signifikansi maka nilai ini di bawah 5% sehingga tidak berpengaruh nyata.

Kemudian selanjutnya dilakukan uji jarak berganda *Duncan* jenjang 5% guna melihat beda nyata dari kedua faktor.

Tabel 21. Hasil uji jarak berganda *Duncan* warna b.

PERLAKUAN	A1	A2	A3	RERATA B
B1	3,06	3,06	4,37	3,5
B2	5,22	4,99	4,20	4,80
B3	2,41	5,54	3,67	3,87
RERATA A	3,56	4,53	4,083	

Keterangan: Rerata yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom maupun baris menunjukkan adanya perbedaan berdasarkan uji jarak berganda *Duncan* pada jenjang nyata 5%.

Dari Tabel 21 dapat diketahui bahwa analisis keragaman faktor a (variasi rasio pencampuran) tidak berpengaruh nyata terhadap warna b dan tidak berpengaruh nyata terhadap suhu pencampuran, Sedangkan nilai AxB diperoleh secara signifikansi maka nilai ini di bawah 5% sehingga tidak berpengaruh nyata. Pada perbandingan suhu juga tidak berpengaruh nyata terhadap warna b dikarenakan tidak terjadi perubahan warna kekuningan dari hasil pencampuran minyak sawit merah dan minyak jagung.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam pencampuran minyak sawit merah dengan minyak jagung, dapat disimpulkan bahwa variasi rasio memiliki pengaruh signifikan terhadap karakteristik densitas, laju difusi, panjang difusi, warna L, dan warna a.

2. Perbedaan suhu penyimpanan berpengaruh nyata terhadap karakteristik densitas, laju difusi, panjang difusi, warna a.
3. Pengaruh kombinasi perlakuan variasi rasio pencampuran dan perbedaan suhu berpengaruh nyata terhadap karakteristik densitas.

Saran

Saran untuk penelitian ini kedepannya menggunakan jenis pencampuran minyak yang berbeda dengan variasi suhu yang berbeda pula, agar dihasilkan Time Temperature Indicator (TTI) yang bervariasi. Dari data uji sifat fisik yang dihasilkan perlu adanya pendalaman lebih lanjut mengenai densitas, viskositas, panjang difusi, laju difusi, warna L, warna a dan warna b, agar dapat dihasilkan Time Temperature Indicator (TTI) yang lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- B. M. Siddique, A. Ahmad, M. H. Ibrahim, S. Hena, M. Rafatullahb, and O. A. K. Mohd. (2010). "Physico-chemical properties of blends of palm olein with other vegetable oils," *Grasas y Aceites*, vol. 61, no. 4, pp. 423–429, doi: 10.3989/gya.010710.
- D. Strayer. (2016). *Food Fats and Oils Tenth Edition, 10th ed. Washington DC (US): Institute of Shortening and Edible Oils, Inc.*
- Dauqan, E., Sani, H. A., Abdullah, A., & Kasim, Z. M. (2011). *Effect of different vegetable oils (red palm olein, palm olein, corn oil and coconut oil) on lipid profile in rat. Food and Nutrition Sciences, 2(4), 253.*
- Ekawati, D. (2008). *Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Karakteristik Komposit Aluminium Grafit dengan Wetting Agent Tembaga.*
- Ewisahrani, Nursa, E. B., Dan Fathurrahmaniah. (2022). *Difusi Pada Lapisan Batas Antara Dua Fluida Yang Dipanaskan.*
- Winarno, F. (2005). *Teknologi Pengolahan Jagung. Maros: Balitsereal Litbang.*
- Fernández-García, E., Carvajal-Lérida, I., Jarén-Galán, M., Garrido-Fernández, J., Pérez-Gálvez, A., Dan Hornero-Méndez, D. (2012). *Carotenoids bioavailability from foods: From plant pigments to efficient biological activities. Food Research International, 46(2), 438-450.*
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research.* John wiley & sons.
- G. Knothe and R. O. Dunn. (2009). "A Comprehensive Evaluation of the Melting Points of Fatty Acids and Esters Determined by Differential Scanning Calorimetry," *JAOCS, J. Am. Oil Chem. Soc.*, vol. 86, no. 9, pp. 843–856, , doi: 10.1007/s11746-009- 1423-2.
- Laila, L. (2017). *Kaji eksperimen angka asam dan viskositas biodiesel berbahan baku minyak kelapa sawit dari PT Smart Tbk. Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri.*
- Ketaren, (1986). *Pengantar teknologi minyak dan lemak Pangan. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.*
- Kim, J. U., Ghafoor, K., Ahn, J., Shin, S., Lee, S. H., Shahbaz, H. M., .. Dan Park, J. (2016). *Kinetic modeling and characterization of a diffusion-based time-temperature indicator (TTI) for monitoring microbial quality of non-pasteurized angelica juice. LWT-Food Science and Technology, 67, 143-150.*
- Kharinusa, A., N. E. Suyatma., Dan D. R., Adawiyah. (2018). *Label Time Temperature Indicator Menggunakan Campuran Minyak Nabati Untuk Memonitor Mutu Mikrobiologi Susu Pasteurisasi. Institut Pertanian Bogor.*
- Knothe, G., & Dunn, R. O. (2009). *A comprehensive evaluation of the melting points of fatty acids and esters determined by differential scanning calorimetry. Journal of the American Oil Chemists' Society, 86(9), 843-856.*

- N. El-Hadad, M. H. Abd El-Aal, M. M. Youssef, and H. A. Abou-Gharbia. (2010). "Red palm olein: Characterization and utilization in formulating novel functional biscuits," *JAOCS, J. Am. Oil Chem. Soc.*, vol. 87, no. 3, pp. 295–304, 2010, doi: 10.1007/s11746-009-1497-x
- Ulfah, M, A. Ruswanto, and Ngatirah. (2016). "Characteristics of Oil Blends from Red Palm Oil and Palm Kernel Olein," *Agritech*, vol. 36, no. 2, pp. 145–153.
- Marliyati, S. A., Dan Harianti, R. (2021). *PHYSICOCHEMICAL AND FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF RED PALM OIL*. *Jurnal Gizi Masyarakat Indonesia (The Journal of Indonesian Community Nutrition)*, 10(1).
- O. O. Fasina and Z. Colley, (2008). "Viscosity and specific heat of vegetable oils as a function of temperature: 35°C to 180°C," *Int. J. Food Prop.*, vol. 11, no. 4, pp. 738– 746, doi: 10.1080/10942910701586273.
- Octaviasari, R. (2014). "Identifikasi indikator dan medium untuk label cerdas pencatat umur simpan produk," *Institut Pertanian Bogor*.
- Regina, O., H. Sudrajad., Dan D. Syaflita. (2018). *Measurement Of Viscosity Uses An Alternative Viscometer*. *FKIP Universitas Riau*.
- Riupassa, H., & Baharuddin, M. N. (2018). *Pemanfaatan Limbah Plastik Melalui Proses Pirolisis sebagai Bahan Bakar Alternatif*. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(1), 43-52.
- Sindar, A, S. (2019). *Jurnal Segmentasi Ruang Warna L*a*b*. *STMIK Pelita Nusantara Mendan*.
- Widyasaputra, R., Bimantio, M. P., Oktavianty, H., & Ruswanto, A. (2022, July). *KARAKTERISTIK VISKOSITAS DAN TITIK LELEH PADA CAMPURAN MINYAK SAWIT MERAH DAN MINYAK JAGUNG*. In *PROSIDING SEMINAR NASIONAL INSTIPER* (Vol. 1, No. 1, pp. 225-232).
- Wulandari, N., Muchtadi, N., Budijanto, S, Dan Sugiyono. (2017). *Sifat Fisik Minyak Sawit Kasar Dan Korelasinya Dengan Atribut Mutu*. *Institut Pertanian Bogor*.