

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Duwur Semarang 50234
Telp. (024) 8441555,8505003 (ext.1461,1462), Fax.(024) 8445265
e-mail: lppm@unika.ac.id, lppm.unikasmg@gmail.com
http://www.unika.ac.id



SURAT TUGAS

Nomor : 00741/H.2/ST.LPPM/VII/2020

Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Katolik Soegijapranata Semarang dengan ini memberi tugas kepada :

- Nama : Dr. V. Kristina Anangningsih, ST.,MSc (Ketua)
Novita Ika Putri, S.TP, M.Sc. (Anggota)
Dr. Ir. Soedarini, MP (Anggota)
- Status : Dosen Tetap Universitas Katolik Soegijapranata Semarang
- Tugas : Penelitian Ristek Dikti tahun anggaran 2020 Skim Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi dengan judul "**Optimasi Proses Ekstraksi Ultrasonik dan Mikroenkapsulasi Oleoresin Biji Pala**"
- Waktu : 12 Maret – 22 Desember 2020
- Penyelenggara : Ristek-Dikti
- Lain-lain : Harap melaksanakan tugas dengan sebaik-baiknya dan penuh tanggung jawab serta memberikan laporan setelah selesai melaksanakan tugas.

Demikian surat tugas ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Semarang, 3 Juli 2020
Kepala LPPM

Dr. Berta Berti Retnawati, MSi
NPP.058.1.1998.219

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Mikroenkapsulasi adalah suatu proses pembuatan kapsul dengan menggunakan bahan penyalut tertentu. Proses mikroenkapsulasi bertujuan untuk melindungi bahan aktif dari pengaruh udara, cahaya, dan air yang dapat menyebabkan oksidasi, sehingga dapat meningkatkan umur simpan. Bahan penyalut yang digunakan harus bersifat sebagai pengemulsi, memiliki daya larut dalam air, kemampuan membentuk film, dan viskositas rendah (Sheu & Rosenberg, 1998). Pada penelitian ini digunakan 2 bahan utama yang berbeda, yakni oleoresin dan butter (mentega) biji pala. Keduanya merupakan hasil ekstraksi dengan alat Ultrasound-Assited Extraction (UAE), yang menjadi pembeda adalah jenis pelarutnya. Pada oleoresin, ekstraksi biji pala digunakan pelarut polar yakni etanol 96% sedangkan pada butter pala digunakan pelarut non-polar yakni n-heksana. Keunggulan dari pelarut etanol dan heksan adalah memiliki titik didih yang rendah (etanol = 78,4oC, heksan = 60-70°C pada tekanan 1 atm) sehingga mudah diuapkan untuk mendapatkan oleoresin dan atau butter pala murni (Susanti et al., 2012 dan Yulianti, 2010).

C.1. Optimasi Variasi Jumlah Maltodekstrin, Whey Protein Isolate, dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Mikroenkapsulat Oleoresin Pala Menggunakan Pengeringan Vakum

Tabel 1. Hasil Respon percobaan berdasarkan faktor kecepatan pengadukan, konsentrasi MD dan WPI

Run	Pola	RPM	MD	WPI	Trapped Oil (%)	Aktivitas Antioksidan (%)	Rendemen (%)	Moisture Content (%)	Surface Oil (%)	Aw (%)
1	--	3000	6.00	2.00	8.9±0.71	53.79±38.89	62.83±18.38	7.57±0.10	4.1±2.97	0.57±0.04
2	++	3000	6.00	6.00	6.7±2.62	53.25±32.12	71.88± 0.00	8.43±0.63	3.2±0.57	0.55±0.05
3	---	3000	2.00	2.00	8.1±2.40	73.26±24.53	68.75±17.68	7.39±0.65	7.6±5.02	0.57±0.06
4	--+	3000	2.00	6.00	4.7±2.26	55.45±30.72	62.92± 5.30	8.08±0.16	4.0±1.27	0.55±0.00
5	++	4000	6.00	2.00	10.9±3.39	13.31± 2.67	60.83± 8.25	7.93±0.93	2.3±0.28	0.57±0.02
6	+++	4000	6.00	6.00	6.1±2.05	51.89± 1.74	67.81± 5.75	8.87±0.69	4.2±0.85	0.55±0.04
7	+--	4000	2.00	2.00	8.8±0.21	60.61± 4.59	51.25± 1.77	7.78±0.25	7.5±0.57	0.56±0.04
8	++	4000	2.00	6.00	4.5±4.31	46.48± 3.85	60.00± 9.43	9.12±0.04	3.4±1.41	0.57±0.00
9	a00	2700	4.00	4.00	7.4±1.20	67.25±25.78	70.83± 0.00	8.17±0.34	3.4±0.49	0.56±0.08

10	A00	4300	4.00	4.00	7.2±3.39	73.47±19.28	72.92± 2.95	8.42±0.60	5.4±1.13	0.55±0.04
11	0A0	3500	7.36	4.00	8.6±3.39	17.25± 7.32	71.60± 4.60	8.77±0.18	3.6±0.57	0.58±0.04
12	0a0	3500	0.64	4.00	2.2±1.91	91.33± 0.69	58.47± 7.37	8.64±0.61	9.8±3.04	0.56±0.09
13	00a	3500	4.00	0.64	13.7±0.14	61.68±42.81	54.42± 4.91	8.00±0.75	5.4±1.20	0.57±0.04
14	00A	3500	4.00	7.36	7.0±4.67	61.07±25.47	63.46±11.41	9.30±0.04	2.9±1.98	0.58±0.06
15 (C)	000	3500	4.00	4.00	10.3±2.62	91.21± 2.43	66.67± 5.89	8.61±0.44	3.1±1.56	0.54±0.07
16 (C)	000	3500	4.00	4.00	10.8±3.82	89.80± 1.01	66.67± 5.89	8.96±0.06	2.6±1.41	0.55±0.07
17 (C)	000	3500	4.00	4.00	9.6±1.98	91.71± 1.11	66.67± 5.89	8.23±0.21	7.7±9.40	0.56±0.06

* Nilai menunjukkan hasil rata-rata batch 1 dan 2 ± standar deviasi

Tabel 2. Tingkat signifikan ANOVA model kuadrat polinomial

Faktor	Nilai p					
	Trapped Oil	Antioksidan	Rendemen	Kadar Air	Surface Oil	Aktivitas Air
RPM	0.652814	0.345729	0.150548	0.100713	0.768573	0.711615
RPM*RPM	0.004669*	0.063227	0.256910	0.120237	0.781478	0.997576
MD	0.001167*	0.008870*	0.020329*	0.657418	0.022711*	0.617207
MD*MD	0.000301*	0.009345*	0.411353	0.654599	0.249141	0.272313
WPI	0.000098*	0.925792	0.047565*	0.003462*	0.143077	0.449984
WPI*WPI	0.991724	0.021194*	0.028434*	0.542120	0.662044	0.103064
RPM*MD	0.703507	0.629725	0.229139	0.575373	0.976896	0.907489
RPM*WPI	0.207726	0.321592	0.288194	0.511938	0.666199	0.381533
MD*WPI	0.818747	0.124712	0.268150	0.831498	0.127129	0.510786
R-square	0.95493	0.83544	0.83037	0.79109	0.70903	0.49804

*signifikan

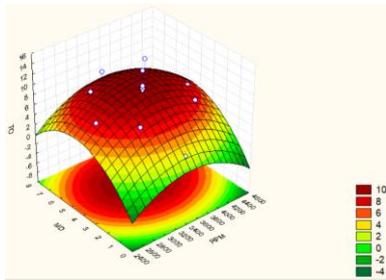
Tabel 3. Nilai Regresi Koefisien model kuadrat polinomial

Faktor	Nilai Koefisien Regresi					
	Trapped Oil	Antioksidan	Rendemen	Kadar Air	Surface Oil	Aktivitas Air
Mean	-53.5064*	-346.601	173.6736	-3.82726	10.07204	0.654362*
RPM	0.0318*	0.242	-0.0565	0.00588	0.00349	-0.000020
RPM*RPM	-0.0000*	-0.000	0.0000	-0.00000	-0.00000	0.000000
MD	3.6348*	23.211	-4.3574	0.43105	-3.03389	-0.006375
MD*MD	-0.4390*	-3.750*	-0.2505	-0.01308	0.16536	0.001041
WPI	0.4961	-2.295	0.4477	0.07146	-1.97972	-0.025062
WPI*WPI	0.0007	-3.124*	-0.7892*	-0.01795	-0.06003	0.001638
RPM*MD	0.0001	-0.003	0.0018	-0.00008	-0.00002	0.000000
RPM*WPI	-0.0004	0.005	0.0016	0.00009	0.00028	0.000004
MD*WPI	0.0187	2.187	0.4095	-0.00734	0.27031	-0.000719
R-square	0.95493	0.83544	0.83037	0.79109	0.70903	0.49804

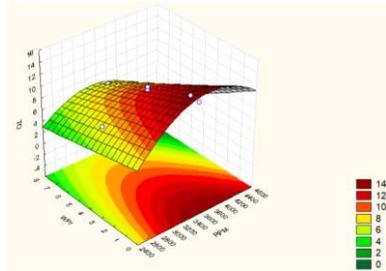
*signifikan

C.1.1 Trapped Oil Mikroenkapsulat Oleoresin Pala

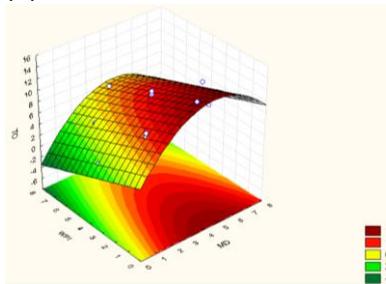
Trapped oil merupakan parameter untuk melihat seberapa banyak oleoresin (bahan inti) yang dapat terkapsul sempurna oleh bahan penyalut sehingga bahan inti dapat terlindungi dari reaksi degradasi, kehilangan aroma, dan terjaga stabilitasnya selama penyimpanan (Kanakdande et al., 2007 dalam Harimurti et al., 2007).



(a)



(b)



(c)

Gambar 1. Grafik Fitted Surface Trapped Oil

(a) pengaruh kecepatan pengadukan (rpm) dan konsentrasi maltodekstrin terhadap trapped oil enkapsulan (b) pengaruh kecepatan pengadukan (rpm) dan konsentrasi whey protein isolate terhadap trapped oil enkapsulan (c) pengaruh konsentrasi maltodekstrin dan whey protein isolate terhadap trapped oil enkapsulan.

Berdasarkan grafik dan Tabel 2 menunjukkan bahwa RPM, MD, dan WPI berpengaruh signifikan pada trapped oil yang dihasilkan. Pada Grafik perbandingan bahan inti : penyalut = 1:1 didapatkan hasil trapped oil paling tinggi yakni 8.1-13.7%. Jika jumlah bahan pengkapsul tidak mencukupi untuk membungkus bahan inti, maka bahan inti akan banyak yang berada di luar permukaan mikroenkapsulat (Jayanudin et al., 2017). Kandungan protein pada WPI (90%) mudah larut dalam sistem emulsi, sehingga mudah berinteraksi dengan minyak (oleoresin). Semakin banyak WPI, sistem emulsi akan semakin stabil. Hal ini juga didukung dengan semakin tinggi kecepatan pengadukan akan memperkecil ukuran globula minyak (oleoresin). Sehingga emulsi akan semakin stabil dan globula minyak dapat terselubungi oleh bahan penyalut dengan sempurna. Proses homogenisasi juga dapat mengurangi kecenderungan lemak untuk bergabung kembali, karena ukuran globula lemak telah menjadi

lebih kecil (Fasikhatus, 2010). Persamaan polynomial untuk respon trapped oil berdasarkan Tabel 3 adalah sebagai berikut :

$$Y = -53.5064 + 0.0318X_1 + 3.6348X_2 + 0.4961X_3 + 0.0001X_1X_2 - 0.0004X_1X_3 + 0.0187X_2X_3 - 0.4390X_2^2 + 0.0007X_3^2$$

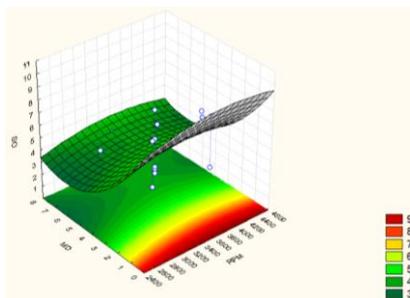
Keterangan :

X1 = RPM ; X2 = MD ; X3 = WPI ; X1X2 = RPM*MD ; X1X3 = RPM*WPI ; X2X3 = MD*WPI ; X12 = RPM*RPM ; X22 = MD*MD ; X32 = WPI*WPI

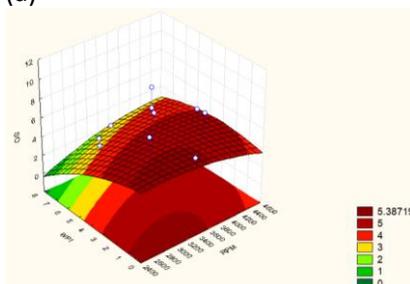
Berdasarkan persamaan, nilai trapped oil akan meningkat seiring dengan peningkatan jumlah konstanta yang bernilai positif (+). Namun yang paling berperan dalam meningkatkan nilai trapped oil yakni MD karena memiliki konstanta paling besar (3.6348). Pada Tabel 3 diketahui nilai koefisien determinasi atau R-square sebesar 0.95493, yang berarti bahwa variabel independen secara simultan (bersama-sama) berpengaruh terhadap variabel trapped oil sebesar 95.49%.

C.1.2 Surface Oil Mikroenkapsulat Oleoresin Pala

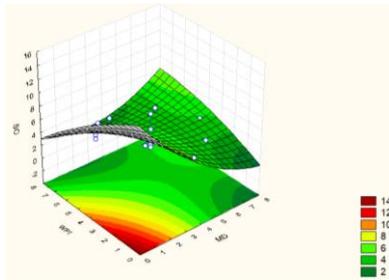
Surface oil menunjukkan banyaknya minyak yang tidak terkapsulkan dengan baik dan berada di permukaan mikroenkapsulat. Sehingga oleoresin yang berada di permukaan akan lebih mudah mengalami kerusakan, penguapan, dan oksidasi yang akan menurunkan mikroenkapsulat (Shaidi & Han, 1993 dalam Nasrullah, 2010).



(a)



(b)



(c)

Gambar 2. Grafik Fitted Surface Surface Oil

(a) pengaruh kecepatan pengadukan (rpm) dan konsentrasi maltodekstrin terhadap surface oil enkapsulan (b) pengaruh kecepatan pengadukan (rpm) dan konsentrasi whey protein isolate terhadap surface oil enkapsulan (c) pengaruh konsentrasi maltodekstrin dan whey protein isolate terhadap surface oil enkapsulan.

Pada Grafik perbandingan bahan inti : penyalut = 1:1 didapatkan hasil surface oil paling tinggi yakni 5-9%. Persamaan polynomial untuk respon surface oil sebagai berikut :

$$Y = 10.07204 + 0.00349X_1 - 3.03389X_2 - 1.97972X_3 - 0.00002X_1X_2 + 0.00028X_1X_3 + 0.27031X_2X_3 + 0.16536X_2^2 - 0.06003X_3^2$$

Keterangan :

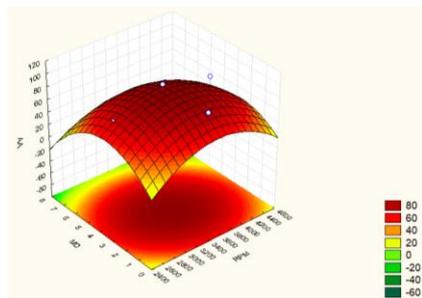
X1 = RPM ; X2 = MD ; X3 = WPI ; X1X2 = RPM*MD ; X1X3 = RPM*WPI ; X2X3 = MD*WPI ; X12 = RPM*RPM ; X22 = MD*MD ; X32 = WPI*WPI

Berdasarkan persamaan, terlihat bahwa nilai surface oil akan meningkat seiring dengan peningkatan jumlah konstanta yang bernilai positif (+). Maltodekstrin berfungsi membentuk dinding kapsul yang kuat, tetapi bersifat lipofobik sehingga harus diimbangi dengan jumlah whey protein sebagai emulsifier (Fasikhaturun, 2010). Pada Tabel 3 diketahui nilai koefisien determinasi atau R-square sebesar 0.70903, yang berarti bahwa variabel independen secara simultan (bersama-sama) berpengaruh terhadap variabel surface oil sebesar 70.90%.

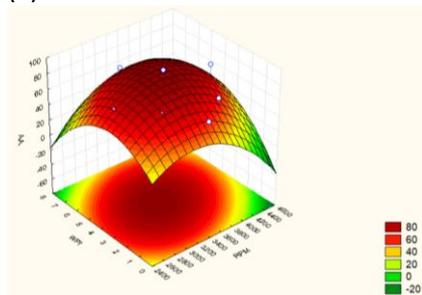
C.1.3 Aktivitas Antioksidan Mikroenkapsulat Oleoresin Pala

Senyawa flavonoid merupakan golongan senyawa yang mudah teroksidasi terutama pada suhu tinggi (Hassan & Laily, 2014). Senyawa fitokimia oleoresin pala yang memiliki antioksidan tinggi yakni senyawa miristisin, isoeugenol, dan eugenol (Ginting et al., 2017). Berdasarkan pengujian, aktivitas antioksidan oleoresin pala segar didapatkan sebesar 94.23%. Sedangkan pada Tabel 1., diketahui aktivitas antioksidan mikroenkapsulasi oleoresin pala didapatkan pada range 13.31% hingga 91.33%. Pada hasil Tabel 1 dapat diketahui bahwa surface oil dan antioksidan menunjukkan interaksi, mikroenkapsulat dengan surface oil rendah akan memiliki antioksidan yang rendah pula dan sebaliknya. Dengan kata lain, mikroenkapsulat dengan surface oil tinggi akan mudah mengalami kerusakan (oksidasi)

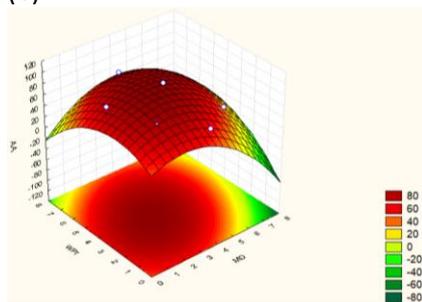
dibandingkan dengan mikroenkapsulat yang memiliki surface oil rendah atau aktivitas antioksidan yang tidak terlalu tinggi.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. Grafik Fitted Surface Aktivitas Antioksidan

(a) pengaruh kecepatan pengadukan (rpm) dan konsentrasi maltodekstrin terhadap aktivitas antioksidan enkapsulan (b) pengaruh kecepatan pengadukan (rpm) dan konsentrasi whey protein isolate terhadap aktivitas antioksidan enkapsulan (c) pengaruh konsentrasi maltodekstrin dan whey protein isolate terhadap aktivitas antioksidan enkapsulan.

Pada Grafik dapat dilihat membentuk grafik maximum surface dimana titik kritis atau titik stasioner berada di wilayah eksperimental dan titik stationer berada di titik maksimum. Pada analisa regresi indikator antioksidan variabel yang signifikan adalah variabel MD*MD dan WPI*WPI. Persamaan polynomial untuk respon antioksidan sebagai berikut :

$$Y = -346.601 + 0.242X_1 + 23.211X_2 - 2.295X_3 - 0.003X_1X_2 + 0.005X_1X_3 + 2.187X_2X_3 - 3.750X_2^2 - 3.124X_3^2$$

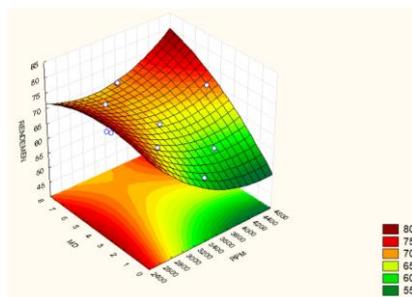
Keterangan :

X1 = RPM ; X2 = MD ; X3 = WPI ; X1X2 = RPM*MD ; X1X3 = RPM*WPI ; X2X3 = MD*WPI ; X12 = RPM*RPM ; X22 = MD*MD ; X32 = WPI*WPI

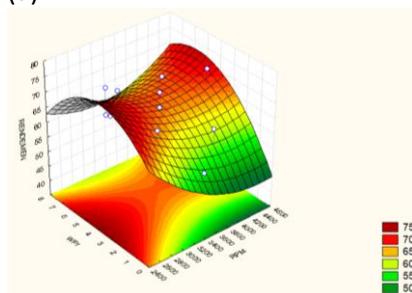
Berdasarkan persamaan, terlihat bahwa nilai antioksidan akan meningkat seiring dengan peningkatan jumlah konstanta yang positif (+). Pada penggunaan bahan pengkapsul yang tinggi (jumlah padatan tinggi) pada proses pemanasan mengakibatkan terjadi puffing (pembengkakan) dan keretakan partikel sehingga mikroenkapsulat pecah dan bahan inti keluar dari kapsul (Setiawan, 2004 dalam Hasna et al., 2018). Pada Tabel 3 diketahui nilai koefisien determinasi atau R-square sebesar 0.83544, yang berarti bahwa variabel independen secara simultan (bersama-sama) berpengaruh terhadap variabel antioksidan sebesar 83.54%.

C.1.4 Rendemen Mikroenkapsulat Oleoresin Pala

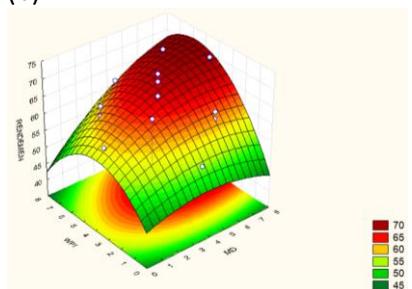
Pengukuran parameter rendemen dapat mengukur seberapa optimal bubuk yang dapat dihasilkan dari setiap formula dan seberapa banyak persen kehilangan di tiap formula. Berdasarkan Tabel 1., nilai rendemen mikroenkapsulat berada pada range 51.25% hingga 72.92%. Hal ini dapat terjadi karena banyaknya kehilangan produk selama proses pengolahan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. Grafik Fitted Surface Rendemen

(a) pengaruh kecepatan pengadukan (rpm) dan konsentrasi maltodekstrin terhadap persentase rendemen enkapsulan (b) pengaruh kecepatan pengadukan (rpm) dan konsentrasi whey protein

isolate terhadap persentase rendemen enkapsulan (c) pengaruh konsentrasi maltodekstrin dan whey protein isolate terhadap persentase rendemen enkapsulan.

Pada Grafik dapat dilihat pada perbandingan bahan inti : penyalut = 1:3 didapatkan hasil rendemen tertinggi yakni 63.46-71.88%. Persamaan polynomial untuk respon rendemen sebagai berikut :

$$Y = 173.6736 - 0.0565X_1 - 4.3574X_2 + 0.4477X_3 + 0.0018X_1X_2 + 0.0016X_1X_3 + 0.4095X_2X_3 - 0.2505X_2^2 - 0.7892X_3^2$$

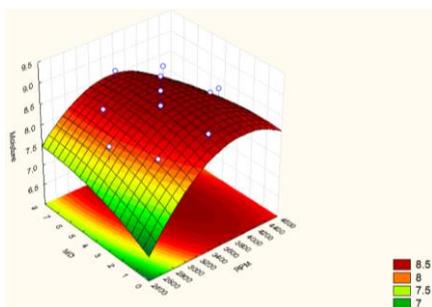
Keterangan :

X1 = RPM ; X2 = MD ; X3 = WPI ; X1X2 = RPM*MD ; X1X3 = RPM*WPI ; X2X3 = MD*WPI ; X12 = RPM*RPM ; X22 = MD*MD ; X32 = WPI*WPI

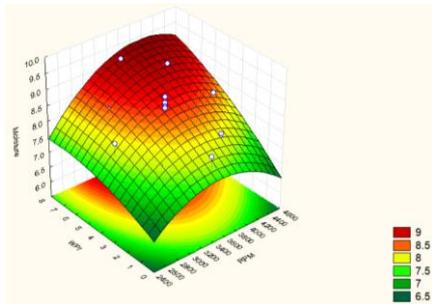
Berdasarkan persamaan, terlihat bahwa nilai rendemen akan meningkat seiring dengan peningkatan jumlah konstanta yang positif (+). Penambahan bahan penyalut memberikan total padatan yang lebih banyak, sehingga akan memberikan rendemen yang lebih tinggi. Pada Tabel 3 diketahui nilai koefisien determinasi atau R-square sebesar 0.83037, yang berarti bahwa variabel independen secara simultan (bersama-sama) berpengaruh terhadap variabel surface oil sebesar 83.04%.

C.1.5 Kadar Air Mikroenkapsulat Oleoresin Pala

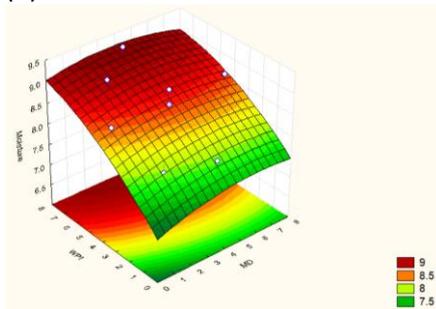
Kadar air merupakan faktor penting dalam menetapkan kualitas mikroenkapsulat. Kadar air yang tinggi dapat mengakibatkan penurunan mutu dan kerusakan secara biologis sehingga mengakibatkan bubuk mikroenkapsulat tidak tahan lama (Yudha, 2008). Standar mutu kadar air bubuk bumbu rempah menurut SNI 01-3709-1995 adalah maksimal 12% (Badan Standarisasi Nasional, 1995). Berdasarkan hasil Tabel 1., kadar air bubuk mikroenkapsulat yang didapatkan berada pada range 7.39% hingga 9.30%, sehingga dapat dikatakan masih berada dalam range SNI kadar air bubuk bumbu rempah.



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Grafik Fitted Surface Kadar Air

(a) pengaruh kecepatan pengadukan (rpm) dan konsentrasi maltodekstrin terhadap kadar air enkapsulan (b) pengaruh kecepatan pengadukan (rpm) dan konsentrasi whey protein isolate terhadap kadar air enkapsulan (c) pengaruh konsentrasi maltodekstrin dan whey protein isolate terhadap kadar air enkapsulan.

Pada Grafik, konsentrasi bahan penyalut yang ditambahkan berperan mempengaruhi kadar air dalam bubuk mikroenkapsulat. Kadar air rendah didapatkan pada perbandingan antara bahan inti : bahan penyalut yakni 1:1 dan kadar air tertinggi didapatkan pada perbandingan 1:3. Persamaan polynomial untuk respon kadar air sebagai berikut :

$$Y = -3.82726 + 0.00588X_1 + 0.43105X_2 + 0.07146X_3 - 0.00008X_1X_2 + 0.00009X_1X_3 - 0.00734X_2X_3 - 0.01308X_2^2 - 0.01795X_3^2$$

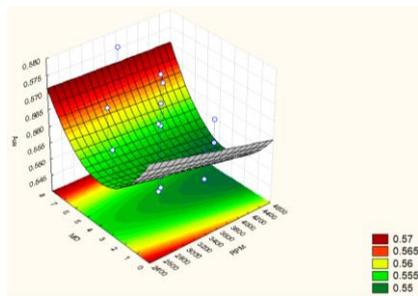
Keterangan :

X1 = RPM ; X2 = MD ; X3 = WPI ; X1X2 = RPM*MD ; X1X3 = RPM*WPI ; X2X3 = MD*WPI ; X12 = RPM*RPM ; X22 = MD*MD ; X32 = WPI*WPI

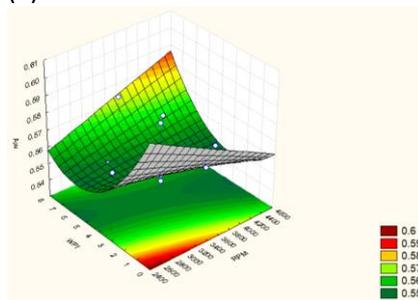
Berdasarkan persamaan, terlihat bahwa nilai kadar air akan meningkat seiring dengan peningkatan konstanta yang positif (+). Whey protein isolate memiliki sifat sangat higroskopis atau sensitif terhadap kelembaban dan lengket (Novianti, 2008). Berdasarkan Ramadhani (2006), mengatakan penambahan bahan pengisi (penyalut) yang terlalu banyak akan menggumpal dan mengeras (case hardening), sehingga air yang di dalam tidak dapat kontak dengan gas pengering. Oleh karena itu pada jumlah bahan penyalut yang tinggi, kadar air akan meningkat. Pada Tabel 3 diketahui nilai koefisien determinasi atau R-square sebesar 0.79109, yang berarti bahwa variabel independen secara simultan (bersama-sama) berpengaruh terhadap variabel kadar air sebesar 79.11%.

C.1.6 Aktivitas Air Mikroenkapsulat Oleoresin Pala

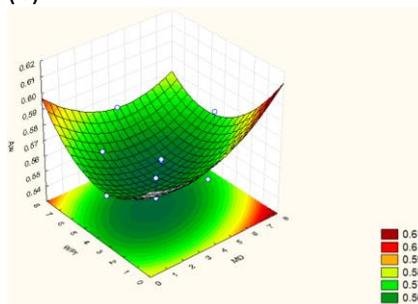
Aktivitas air (A_w) merupakan jumlah air bebas yang digunakan mikroorganisme untuk bertumbuh. Oleh karena itu, perlu diukur untuk mengetahui adanya kemungkinan kontaminasi pertumbuhan mikroorganisme pada bubuk mikroenkapsulat selama penyimpanan. Pada Tabel 1., dapat diketahui hasil analisa A_w didapatkan pada range 0.54 – 0.58. Berdasarkan pernyataan Beuchat (1981) dalam Riswandha (2018), menyatakan bahwa produk yang berbasis serbuk harus memiliki aktivitas air dibawah 0.6, karena jika produk berada pada A_w 0.60 – 0.70 kapang akan tumbuh. Sehingga dapat disimpulkan bahwa bubuk mikroenkapsulat ini rentan terhadap pertumbuhan mikroorganisme khususnya kapang.



(a)



(b)



(c)

Gambar 6. Grafik Fitted Surface Aktivitas Air

(a) pengaruh kecepatan pengadukan (rpm) dan konsentrasi maltodekstrin terhadap aktivitas air enkapsulan (b) pengaruh kecepatan pengadukan (rpm) dan konsentrasi whey protein isolate terhadap aktivitas air enkapsulan (c) pengaruh konsentrasi maltodekstrin dan whey protein isolate terhadap aktivitas air enkapsulan.

Persamaan polynomial untuk respon aktivitas air sebagai berikut:

$$Y = 0.654362 - 0.00002X_1 - 0.006375X_2 - 0.025062X_3 + 0.000004X_1X_3 - 0.000719X_2X_3 + 0.001041X_2^2 + 0.001638X_3^2$$

Keterangan :

X1 = RPM ; X2 = MD ; X3 = WPI ; X1X2 = RPM*MD ; X1X3 = RPM*WPI ; X2X3 = MD*WPI ; X12 = RPM*RPM ; X22 = MD*MD ; X32 = WPI*WPI

Berdasarkan persamaan, terlihat bahwa nilai aktivitas air akan meningkat seiring dengan peningkatan konstanta yang positif (+). Hal ini disebabkan sifat whey protein isolate yang higroskopis sehingga uap air yang berada di dalam oven vakum akan dengan mudah diserap dan aktivitas air pada bubuk mikroenkapsulat akan tinggi. Pada Tabel 3 diketahui nilai koefisien determinasi atau R-square sebesar 0.49804, yang berarti bahwa variabel independen secara simultan (bersama-sama) berpengaruh terhadap variabel warna lightness sebesar 49.80%.

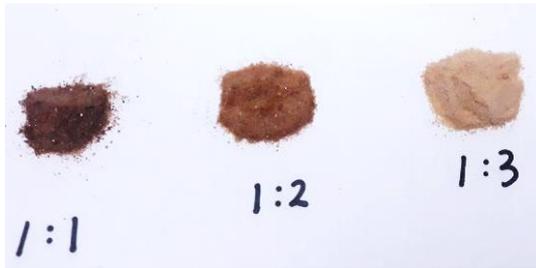
C.1.7 Pengukuran Warna CIELab Mikroenkapsulat Oleoresin Pala

Tabel 4. Hasil Pengukuran Parameter Karakteristik Fisika

Perlakuan	Pola	RPM	MD	WPI	Warna		
					L	a	b
1	--	3000	6,00	2,00	66.15± 2.33	7.72±0.29	18.05±0.21
2	++	3000	6,00	6,00	70.27± 5.19	6.08±0.93	20.35±0.10
3	---	3000	2,00	2,00	59.68± 5.03	7.49±1.33	16.55±0.03
4	--+	3000	2,00	6,00	66.07± 0.64	7.55±0.31	20.24±1.15
5	++-	4000	6,00	2,00	70.84± 2.36	7.60±1.32	18.69±0.41
6	+++	4000	6,00	6,00	69.47± 0.12	5.54±1.14	18.51±2.76
7	+-	4000	2,00	2,00	60.09± 4.66	7.12±1.77	16.53±5.43
8	++	4000	2,00	6,00	64.49± 1.00	6.21±1.59	18.45±5.53
9	a00	2700	4,00	4,00	72.26± 0.00	6.48±0.15	19.90±0.05
10	A00	4300	4,00	4,00	70.95± 0.79	7.11±0.14	20.39±0.08
11	0A0	3500	7,36	4,00	74.06± 3.53	6.20±0.46	19.28±0.78
12	0a0	3500	0,64	4,00	58.67±11.87	7.19±0.52	15.71±3.86
13	00a	3500	4,00	0,64	61.42± 3.58	8.40±1.56	17.14±0.74
14	00A	3500	4,00	7,36	72.18± 2.13	5.96±0.48	19.61±0.64
15 (C)	000	3500	4,00	4,00	65.61± 7.25	7.91±2.15	18.76±1.88
16 (C)	000	3500	4,00	4,00	62.71± 9.83	8.62±2.97	19.28±1.75
17 (C)	000	3500	4,00	4,00	67.61± 1.68	7.21±0.99	20.63±0.31

*Nilai menunjukkan hasil rata-rata batch 1 dan 2 ± standar deviasi

Pengukuran warna bubuk mikroenkapsulat dilakukan dengan metode CIELAB (L*, a*, dan b*) menggunakan Chromameter. Berdasarkan data pada Tabel 4., dapat diketahui bahwa dengan perbedaan kecepatan pengadukan tidak berpengaruh pada warna bubuk mikroenkapsulat. Perbedaan formula bahan inti : bahan penyalut secara visual dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Warna Bubuk Mikroenkapsulat Dilihat Secara Visual

Berdasarkan Gambar 7., dapat diketahui perbedaan warna bubuk mikroenkapsulat berdasarkan perbandingan formula bahan inti : bahan penyalut. Semakin banyak penambahan bahan penyalut warna akan semakin terang. Hal ini dikarenakan penambahan bahan penyalut akan memberikan total padatan yang lebih banyak, sehingga intensitas warna coklat dari oleoresin menurun dan memucat menjadi keputihan. Penambahan penyalut juga menyebabkan intensitas warna merah menurun (nilai a positif), tetapi meningkatkan intensitas warna kuning (nilai b positif).

C.1.7.1 Nilai Kecerahan Mikroenkapsulat Oleoresin Pala

Maltodekstrin sebagai bahan penyalut berwarna putih serta tidak memiliki sifat menjadi browning saat proses pemanasan (Srihari et al., 2010 dalam Purnamayati et al., 2016). Penambahan maltodekstrin dan whey protein isolate mempunyai total padatan yang lebih banyak, sehingga warna coklat dari oleoresin menurun dan memucat menjadi keputihan.

C.1.7.2 Nilai Redness Mikroenkapsulat Oleoresin Pala

Nilai a* dihasilkan nilai positif yang artinya sample cenderung berwarna merah. Dalam hal ini, yang berperan mempengaruhi warna merah adalah konsentrasi penambahan penyalut. Rasio bahan inti : penyalut dengan nilai a* terbesar ke terkecil yakni 1:1, 1:2, dan terakhir 1:3. Sehingga dapat disimpulkan, penambahan penyalut dalam proses mikroenkapsulasi menyebabkan nilai warna merah menurun.

C.1.7.3 Nilai Yellowness Mikroenkapsulat Oleoresin Pala

Nilai b* dihasilkan nilai positif, artinya sampel cenderung berwarna kuning. WPI berperan dalam memberikan nilai yellowness karena memiliki warna kuning yang berasal dari pigmen riboflavin yang terdapat dalam susu, sehingga berkontribusi dalam memberikan warna kuning pada bubuk enkapsulan.

C.1.8 Optimalisasi Kombinasi Parameter Proses

Prediksi titik optimal oleh Response Surface Methodology diperoleh dari gabungan kondisi optimal berdasarkan interaksi antar variable independen (Ratnawati et al., 2018). Pada proses optimasi, variabel independen yang dipilih untuk dioptimasi adalah trapped oil, aktivitas antioksidan, dan rendemen karena ketiga parameter ini yang dapat mencerminkan secara keseluruhan apakah proses mikroenkapsulasi ini berhasil dan efektif atau tidak. Program RSM Statistica 6.0 ini memberikan 5 solusi formula optimum yang dapat dilihat pada Tabel 5. Kondisi proses dengan kecepatan pengadukan 3500 rpm, konsentrasi maltodekstrin 4 gram, dan konsentrasi whey protein isolate 4 gram akan menghasilkan bubuk enkapsulan yang memiliki karakteristik sesuai dengan target optimasi sebesar 79.39%.

Tabel 5. Formula yang Dihasilkan Dalam Tahapan Optimasi

Faktor	Faktor Level	Predicted Total Oil (%)	Predicted Aktivitas Antioksidan (%)	Predicted Rendemen (%)	Desirability Value
RPM (rpm)	2659.104	6.97200	71.67229	73.62460	0.677358
	3079.552	9.36749	88.17594	69.20611	0.790791
	3500.000	10.22952	91.50169	66.79017	0.793904
	3920.448	9.55809	81.64952	66.37677	0.730818
	4340.896	7.35319	58.61945	67.96592	0.585641
MD (gram)	0.636	3.12631	72.24841	58.72088	0.279825
	2.318	7.91965	92.48103	63.46410	0.655459
	4.000	10.22952	91.50169	66.79017	0.793904
	5.682	10.05594	69.31038	68.69909	0.732949
	7.364	7.39889	25.90712	69.19085	0.392496
WPI (gram)	0.636	13.44778	55.53990	53.65696	0.388266
	2.318	11.83663	82.35541	62.45573	0.725577
	4.000	10.22952	91.50169	66.79017	0.793904
	5.682	8.62645	82.97873	66.66027	0.707668
	7.364	7.02741	56.78654	62.06604	0.488959

C.2 Pengaruh Variasi Jumlah Maltodekstrin dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Mikroenkapsulat Butter (Mentega) Pala Menggunakan Pengeringan Vakum

C.2.1 Pengukuran Warna CIELab Mikroenkapsulat Butter Pala

C.2.1.1 Nilai Kecerahan Mikroenkapsulat Butter Pala

Tabel 6. Nilai Kecerahan Mikroenkapsulat Butter Pala

Kecepatan Homogenisasi (rpm)	Maltodekstrin (gram)		
	2	4	6
3000	88,247aA ± 0,280	87,475aA ± 0,479	90,620bA ± 0,653
3500	86,747aA ± 0,945	88,717aA ± 1,708	88,677aA ± 1,354
4000	88,892aA ± 0,373	88,177aA ± 0,833	89,902aA ± 0,350

Keterangan:

1. Semua nilai merupakan nilai mean ± standar deviasi

2. Nilai dengan huruf yang berbeda antar kolom menunjukkan ada beda nyata antar perlakuan maltodekstrin pada tingkat kepercayaan 95% ($< 0,05$) berdasarkan uji One Way Anova dengan uji Duncan sebagai uji beda

3. Nilai dengan huruf kapital yang berbeda antar baris menunjukkan ada beda nyata antar perlakuan kecepatan homogenisasi pada tingkat kepercayaan 95% ($< 0,05$) berdasarkan uji One Way Anova dengan uji Duncan sebagai uji beda

Berdasarkan Tabel 6., terdapat beda nyata pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$) hanya pada penggunaan kecepatan homogenisasi 3000 rpm antara penambahan maltodekstrin 6 gram dengan maltodekstrin 2 gram dan 4 gram. Nilai L (lightness) berhubungan dengan derajat kecerahan, yang berkisar antara nol sampai seratus pada alat kromameter. Nilai L yang mendekati 100 menunjukkan sampel yang dianalisis memiliki kecerahan tinggi (terang) sedangkan nilai L yang mendekati nol menunjukkan sampel memiliki kecerahan rendah (gelap). Nilai L pada penelitian ini menunjukkan bubuk mikroenkapsulat termasuk cukup cerah (terang). Pada penelitian ini, semakin besar penambahan maltodekstrin, nilai L semakin meningkat. Menurut Yuliaty & Susanto (2015), konsentrasi maltodekstrin yang semakin banyak akan memberikan warna yang cenderung terang, hal ini karena maltodekstrin berwarna putih dan makin banyaknya total padatan. Perbedaan kecepatan homogenisasi tidak menunjukkan adanya perbedaan nyata pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$) antarsampel.

C.2.1.2 Nilai Redness Mikroenkapsulat Butter Pala

Tabel 7. Nilai Redness Mikroenkapsulat Butter Pala

Kecepatan Homogenisasi (rpm)	Maltodekstrin (gram)		
	2	4	6
3000	1,215 ± 0,036	1,117 ± 0,052	0,225 ± 0,050
3500	1,490 ± 0,143	0,880 ± 0,155	0,625 ± 0,084
4000	1,015 ± 0,030	0,853 ± 0,090	0,408 ± 0,043

Keterangan:

Semua nilai merupakan nilai mean ± standar deviasi

Berdasarkan Tabel 7., nilai a merupakan warna campuran merah hijau. Nilai a positif antara 0-60 untuk warna merah sedangkan a negatif antara 0-(-60) untuk warna hijau. Nilai a* pada penelitian ini menunjukkan bubuk mikroenkapsulat termasuk berwarna sedikit merah karena dihasilkan nilai a* positif. Penurunan nilai a* terjadi seiring dengan meningkatnya penambahan maltodekstrin. Hal ini terjadi karena maltodekstrin memiliki warna putih yang akan menurunkan warna kemerahan pada mikroenkapsulat butter biji pala (Yuliaty & Susanto, 2015).

C.2.1.3 Nilai Yellowness Mikroenkapsulat Butter Pala

Tabel 8. Nilai Yellowness b* Mikroenkapsulat Butter Pala

Kecepatan Homogenisasi (rpm)	Maltodekstrin (gram)		
	2	4	6
3000	25,700cA ± 0,231	23,465bAB ± 1,131	21,535aA ± 0,234
3500	23,942aA ± 0,235	22,938aA ± 0,581	22,302aA ± 0,544
4000	22,533aA ± 0,232	24,572aB ± 0,282	22,145aA ± 0,395

Keterangan:

1. Semua nilai merupakan nilai mean ± standar deviasi
2. Nilai dengan huruf yang berbeda antar kolom menunjukkan ada beda nyata antar perlakuan maltodekstrin pada tingkat kepercayaan 95% (< 0,05) berdasarkan uji One Way Anova dengan uji Duncan sebagai uji beda
3. Nilai dengan huruf kapital yang berbeda antar baris menunjukkan ada beda nyata antar perlakuan kecepatan homogenisasi pada tingkat kepercayaan 95% (< 0,05) berdasarkan uji One Way Anova dengan uji Duncan sebagai uji beda

Berdasarkan Tabel 8., terjadi perbedaan nyata pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$) pada penggunaan kecepatan homogenisasi 3000 rpm antara penambahan maltodekstrin sebanyak 2 gram dengan maltodekstrin 4 gram dan 6 gram. Nilai b merupakan warna campuran biru-kuning. Nilai b+ antara 0-60 untuk warna kuning sedangkan nilai b- antara 0-(-60) untuk warna biru. Penurunan nilai b* menunjukkan warna kuning semakin menurun namun masih cenderung warna kuning karena nilai b yang diperoleh bernilai positif. Warna kuning didapatkan dari sampel butter biji pala dan WPI yang berwarna kuning, sedangkan penurunan warna kuning disebabkan oleh adanya maltodekstrin yang berwarna putih (Yuliaty & Susanto, 2015).

C.2.2 Kadar Air Mikroenkapsulat Butter Pala

Tabel 9. Kadar Air (%) Mikroenkapsulat Butter Pala

Kecepatan Homogenisasi (rpm)	Maltodekstrin (gram)		
	2	4	6
3000	7,788aB ± 0,141	7,232aA ± 0,414	7,477aA ± 0,154
3500	7,470aAB ± 0,429	7,223aA ± 0,331	7,605aA ± 0,306
4000	6,912aA ± 0,354	7,587bA ± 0,240	7,560bA ± 0,330

Keterangan:

- Semua nilai merupakan nilai mean ± standar deviasi
- Nilai dengan huruf yang berbeda antar kolom menunjukkan ada beda nyata antar perlakuan maltodekstrin pada tingkat kepercayaan 95% (< 0,05) berdasarkan uji One Way Anova dengan uji Duncan sebagai uji beda
- Nilai dengan huruf kapital yang berbeda antar baris menunjukkan ada beda nyata antar perlakuan kecepatan homogenisasi pada tingkat kepercayaan 95% (< 0,05) berdasarkan uji One Way Anova dengan uji Duncan sebagai uji beda

Kadar air bahan pangan merupakan banyaknya air yang terdapat dalam suatu bahan pangan yang dinyatakan dalam persentase (Ulfindrayani & A'yuni, 2018). Semakin rendah kadar air dalam suatu bahan pangan, maka pertumbuhan bakteri atau jamur penyebab kerusakan akan semakin menurun (Purnomo et al., 2014). Berdasarkan Tabel 9., kadar air didapatkan pada range $6,912 \pm 0,354\%$ hingga $7,788 \pm 0,141\%$. Menurut SNI, batas maksimal kadar air bubuk bumbu rempah 01-3709-1995 adalah 12%, maka hasil bubuk mikroenkapsulat butter pala yang dihasilkan masih masuk dalam syarat SNI.

Berdasarkan Tabel 9., pada penambahan 2 gram maltodekstrin, kadar air akan menurun seiring meningkatnya kecepatan homogenisasi. Hal ini sesuai dengan teori Tanjung (2013), bahwa proses homogenisasi dengan kecepatan tinggi akan menurunkan tegangan permukaan larutan dan mengubah ukuran partikel droplet menjadi lebih kecil sehingga akan memperluas permukaan partikel. Namun, dengan berubahnya partikel droplet menjadi lebih kecil akan mempercepat penguapan pelarut (air) sehingga viskositas larutan akan meningkat, dan menyebabkan partikel satu dengan yang lain akan mudah menempel sehingga ukuran partikel menjadi lebih besar (aglomerasi). Disamping itu, dikuatkan juga dengan teori Sari dan Lestari (2015), bahwa droplet yang mengecil akan meningkatkan jumlah droplet dalam fase air sehingga kecepatan perpindahan droplet juga akan menurun dan meningkatkan jumlah protein yang ada pada permukaan sehingga viskositas akan meningkat (Samani & Naji, 2019).

Menurut Hayati et al. (2015), penambahan maltodekstrin dapat menurunkan kadar air karena ada peningkatan total padatan. Meningkatnya maltodekstrin sampai batas tertentu akan mempercepat penguapan air suatu bahan pangan pada saat dilakukan pengeringan. Semakin besar total padatan dalam bahan yang dikeringkan, akan menurunkan jumlah air yang harus dievaporasi (Purnomo et al., 2014). Laju penguapan air yang cepat ini dikarenakan air yang berada pada maltodekstrin lebih mudah untuk diuapkan dibanding air yang berada pada bahan (Paramita et al., 2015). Disamping itu, maltodekstrin merupakan bahan yang bersifat higroskopis, sehingga maltodekstrin mampu mengikat air. Menurut Goula & Adamopoulos (2008), penambahan maltodekstrin yang terlalu banyak akan membuat maltodekstrin menjadi menggumpal sehingga molekul air yang akan berdifusi terhalang oleh molekul maltodekstrin yang lebih besar dan akan menurunkan laju pengeringan. Teori ini dapat dibuktikan dengan terjadinya peningkatan kadar air pada penambahan maltodekstrin sebesar 6 gram.

C.2.3 Aktivitas Air Mikroenkapsulat Butter Pala

Tabel 10. Aktivitas Air Mikroenkapsulat Butter Pala

Kecepatan Homogenisasi (rpm)	Maltodekstrin (gram)		
	2	4	6
3000	0,626bB ± 0,018	0,570aA ± 0,041	0,585aA ± 0,003
3500	0,584aB ± 0,031	0,573aA ± 0,038	0,583aB ± 0,043
4000	0,566aA ± 0,001	0,584bA ± 0,032	0,579aA ± 0,003

Keterangan:

1. Semua nilai merupakan nilai mean ± standar deviasi
2. Nilai dengan huruf yang berbeda antar kolom menunjukkan ada beda nyata antar perlakuan maltodekstrin pada tingkat kepercayaan 95% (< 0,05) berdasarkan uji One Way Anova dengan uji Duncan sebagai uji beda
3. Nilai dengan huruf kapital yang berbeda antar baris menunjukkan ada beda nyata antar perlakuan kecepatan homogenisasi pada tingkat kepercayaan 95% (< 0,05) berdasarkan uji One Way Anova dengan uji Duncan sebagai uji beda

Aktivitas air (A_w) merupakan jumlah air bebas yang digunakan mikroorganisme untuk bertumbuh. Aktivitas air memiliki range antara 0-1 (Belitz et al., 2009). Setiap mikroorganisme memiliki nilai A_w minimal untuk membuatnya tumbuh dengan baik seperti kapang akan tumbuh baik pada A_w 0,6 – 0,7 (Belitz et al., 2009). Dari teori tersebut, dapat dikatakan bahwa produk mikroenkapsulasi butter biji pala dapat rusak oleh kapang. Peningkatan aktivitas air pada bubuk mikroenkapsulat dengan penambahan konsentrasi maltodekstrin dapat disebabkan oleh kemampuan maltodekstrin dan whey protein isolate dalam mengikat air. Kemampuan mengikat air dipengaruhi oleh adanya senyawa protein didalam WPI. Menurut Rustad et al., (1983), semakin berkurangnya kandungan air maka jarak antara ikatan protein pendek, sehingga akan memperketat jaringan protein dan meningkatkan kemampuan pengikatan air. Dalam satu gram protein terkandung 0,3-0,5 gram air dan sekitar 4-9% dari air yang berikatan dengan protein teradsorpsi pada permukaan protein. Ikatan air yang teradsorpsi pada permukaan protein bersifat lemah (Hardman, 1989). Nilai A_w yang semakin tinggi akan membuat daya simpan produk menjadi lebih singkat dan sebaliknya, nilai A_w yang semakin rendah memiliki nilai simpan yang lebih panjang (Belitz et al., 2009).

C.2.4 Aktivitas Antioksidan Mikroenkapsulat Butter Pala

Pengujian aktivitas antioksidan menjadi sangat penting, karena pala memiliki kandungan antioksidan alami yang tinggi. Senyawa fitokimia butter pala yang memiliki antioksidan tinggi yakni senyawa myristicin, isoeugenol, dan eugenol (Ginting et al., 2017). Sehingga dari hasil mikroenkapsulat dapat dilihat apakah setelah proses mikroenkapsulasi, serbuk

mikroenkapsulat butter pala masih memiliki aktivitas antioksidan yang cukup tinggi atau menurun drastis.

Tabel 11. Aktivitas Antioksidan (%) Mikroenkapsulat Butter Pala

Kecepatan Homogenisasi (rpm)	Maltodekstrin (gram)		
	2	4	6
3000	94,598 ± 0,205	91,453 ± 1,005	94,210 ± 0,251
3500	92,418 ± 1,182	93,095 ± 1,138	91,268 ± 2,223
4000	94,528 ± 0,101	88,665 ± 3,180	94,452 ± 0,204

Keterangan:

Semua nilai merupakan nilai mean ± standar deviasi

Menurut Hartiati & Mulyani (2015), penggunaan penyalut maltodekstrin memiliki sifat ketahanan oksidasi yang tinggi dan dapat menurunkan viskositas emulsi dan dikombinasikan dengan whey protein isolate yang memiliki sifat pengemulsi yang baik menyebabkan senyawa antioksidan dalam mikroenkapsulan dapat terselimuti dan terlindungi dengan baik (Purnomo et al., 2014). Hal ini dapat dibuktikan dari adanya kenaikan aktivitas antioksidan yang terukur bila maltodekstrin yang ditambahkan sebesar 6 gram. Disamping itu, peningkatan kecepatan homogenisasi akan meningkatkan aktivitas antioksidan, hal ini terjadi karena semakin cepatnya kecepatan homogenisasi maka viskositas akan meningkat dan emulsi yang terbentuk semakin stabil. Stabilitasnya emulsi akan membuat emulsi tidak cepat berpisah sehingga antioksidan masih tersalut dengan baik (Kailaku et al., 2012).

C.3 Optimalisasi Konsentrasi Maltodekstrin, Tween 80, dan Waktu Pengadukan Terhadap Mikroenkapsulat Oleoresin Pala Menggunakan Foam Mat Drying

Tabel 12. Hasil Penelitian Analisa Kimia

run	MD (gr)	Tween 80 (%)	T (menit)	AW	Moisture Content (%)	Aktivitas Antioksidan (%)	Total Oil (gr)	Surface Oil (gr)	Trapped Oil (%)
1	7	4	5	0,447±0,01	5,05±0,27	91,34±0,18	0,178±0,01	0,109±0,01	6,95±0,07
2	7	4	15	0,379±0,05	4,65±0,16	91,02±0,04	0,143±0,05	0,095±0,05	4,85±0,78
3	7	8	5	0,384±0,04	3,98±0,79	90,52±0,00	0,275±0,04	0,245±0,04	3,00±0,14
4	7	8	15	0,372±0,06	3,47±1,83	91,51±1,31	0,250±0,06	0,205±0,06	4,5±1,70
5	13	4	5	0,383±0,04	5,20±0,71	90,23±0,57	0,184±0,04	0,020±0,04	16,35±4,45
6	13	4	15	0,385±0,03	4,64±1,52	86,59±1,66	0,160±0,03	0,016±0,03	14,35±5,30
7	13	8	5	0,349±0,00	3,72±0,66	91,09±0,22	0,192±0,00	0,073±0,00	11,95±2,19
8	13	8	15	0,376±0,04	3,57±0,43	90,14±0,40	0,154±0,04	0,113±0,04	4,1±1,41
9	4,95	6	10	0,416±0,02	3,63±0,37	86,76±0,47	0,207±0,02	0,165±0,02	4,2±1,27
10	15,05	6	10	0,356±0,02	5,32±0,46	89,30±0,96	0,186±0,02	0,074±0,02	11,2±2,12
11	10	2,64	10	0,363±0,02	4,99±0,33	93,70±0,03	0,135±0,02	0,038±0,02	9,75±1,77
12	10	9,37	10	0,370±0,02	2,99±0,62	90,91±0,35	0,200±0,02	0,167±0,02	3,3±1,41
13	10	6	1,59	0,372±0,07	4,99±0,36	94,76±0,65	0,194±0,07	0,120±0,07	7,45±0,21
14	10	6	18.41	0,372±0,09	5,72±0,21	93,84±0,68	0,180±0,09	0,080±0,09	10,00±1,41
15C	10	6	10	0,346±0,01	5,16±1,04	93,48±1,28	0,192±0,01	0,040±0,01	15,15±3,32
16C	10	6	10	0,332±0,05	5,31±0,21	93,41±0,13	0,186±0,05	0,041±0,05	14,55±3,18
17C	10	6	10	0,308±0,01	5,25±0,12	93,76±0,56	0,190±0,01	0,044±0,01	14,55±2,76

* Nilai menunjukkan hasil rata-rata batch 1 dan 2 ± standar deviasi

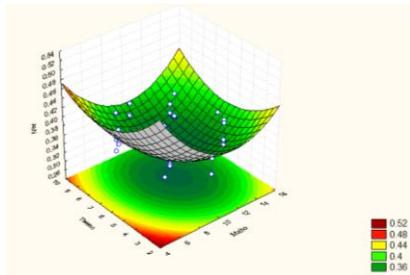
Tabel 13. Tingkat signifikan ANOVA model kuadratik polinomial

Faktor	Nilai p						
	Aw	Kadar Air	Antioksidan	Trapped Oil	L*	a*	b*
(1)Maltodekstrin (L)	0.061908	0.028513*	0.592440	0.000009*	0.000000*	0.971351	0.238942
Maltodekstrin (Q)	0.011213*	0.005918*	0.000000*	0.000505*	0.000004*	0.916865	0.092326
(2)Tween (L)	0.313378	0.000003*	0.867443	0.000270*	0.000000*	0.148012	0.233414
Tween (Q)	0.072131	0.000140*	0.027102*	0.000078*	0.000001*	0.222619	0.341070
(3)Waktu (L)	0.618660	0.533880	0.143584	0.386748	0.557160	0.169478	0.039596*
Waktu (Q)	0.043741*	0.759882	0.950602	0.002519*	0.008397*	0.385272	0.034678*
1L by 2L	0.720608	0.859513	0.101255	0.064877	0.321452	0.234857	0.816263
1L by 3L	0.160688	0.523891	0.069547	0.096612	0.000003*	0.194551	0.510513
2L by 3L	0.288422	0.852395	0.161535	0.677772	0.000164*	0.053383	0.883765
R-square	0.43778	0.74255	0.75696	0.78876	0.94328	0.36276	0.46629

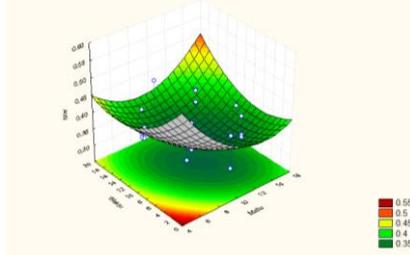
*signifikan

C.3.1 Hasil Analisa Aktivitas Air (Aw)

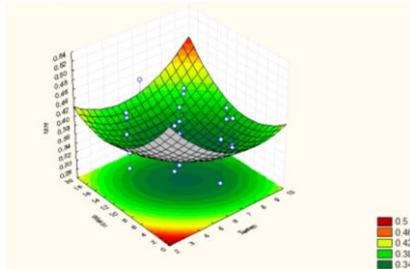
Aktivitas air (Aw) bisa disebut juga dengan air bebas yang membantu pertumbuhan mikroba dan reaksi kimiawi pada bahan pangan. Sehingga pada nilai aktivitas air (Aw) tinggi produk cepat mengalami kerusakan, baik karena pertumbuhan mikroba, atau karena reaksi kimia tertentu seperti oksidasi dan enzimatis. Nilai aktivitas air (Aw) dinyatakan dalam desimal pada skala 0-1 (Legowo dan Nurmanto, 2004).



Gambar 8. Fitted Surface Pengaruh Maltodekstrin dan Tween 80 terhadap Aktivitas Air (Aw)



Gambar 9. Fitted Surface Pengaruh Maltodekstrin dan Waktu Pengadukan terhadap Aktivitas Air (Aw)



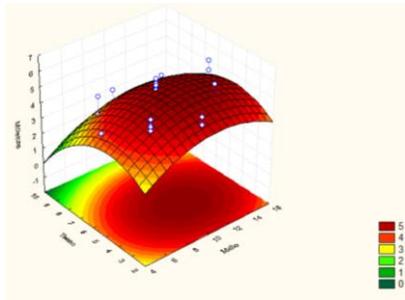
Gambar 10. Fitted Surface Pengaruh Tween 80 dan Waktu Pengadukan terhadap Aktivitas Air (Aw)

Berdasarkan Tabel 13 dan Gambar 8-10., Fitted surface yang dihasilkan menunjukkan grafik minimum (optimal), yaitu pada area berwarna hijau tua dengan nilai aktivitas air (Aw) 0,34-0,36. Maltodekstrin dapat mengikat air dalam produk makanan, sehingga meminimalkan aktivitas air (Aw)(Ramadhani et al., 2016). Penggunaan bahan pengisi yang terlalu banyak menyebabkan case hardening, yang menghalangi kontak air dengan udara pengering sehingga Aw menjadi tinggi. Penggunaan total padatan yang terlalu rendah, juga dapat menyebabkan Aw menjadi tinggi karena kecepatan penguapan yang rendah (Hasrini et al., 2017). Waktu pengadukan yang semakin lama akan meningkatkan volume busa, sehingga luas permukaannya menjadi lebih besar dan Aw bahan menjadi rendah. Namun, waktu pengadukan yang terlampaui lama menyebabkan udara yang terperangkap dalam gelembung tidak tertahan, sehingga busa dapat kembali menjadi bentuk cair. Hal ini dapat mengganggu proses pengeringan dan menyebabkan Aw yang tinggi (Amalina, 2017).

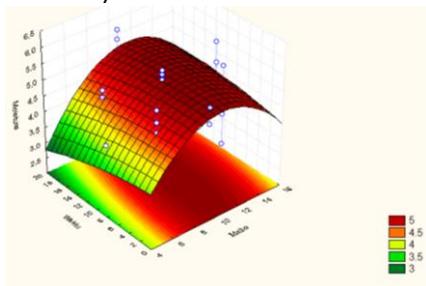
C.3.2 Hasil Analisa Kadar Air (Moisture Content)

Kadar air (moisture content) menunjukkan banyaknya air yang terkandung pada pangan. Aktivitas air dan kadar air berkaitan erat, ditunjukkan dengan kecenderungan semakin tinggi

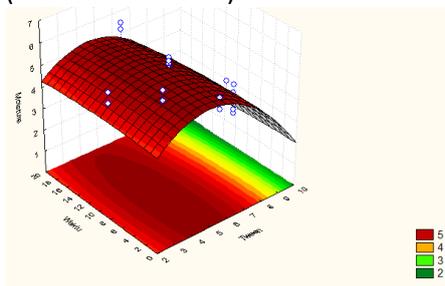
kadar air (moisture content), maka semakin tinggi pula nilai aktivitas air (A_w). Kadar air dinyatakan dalam (%) skala 0-100. Kadar air yang tinggi menjadi pemicu terjadinya oksidasi lemak dan pertumbuhan mikroorganisme (Rasyid, 2010).



Gambar 11. Fitted Surface Pengaruh Maltodekstrin dan Tween 80 terhadap Kadar Air (Moisture Content)



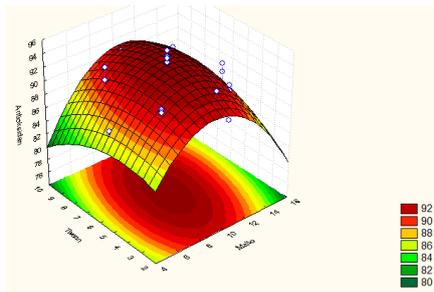
Gambar 12. Fitted Surface Pengaruh Maltodekstrin dan Waktu Pengadukan terhadap Kadar Air (Moisture Content)



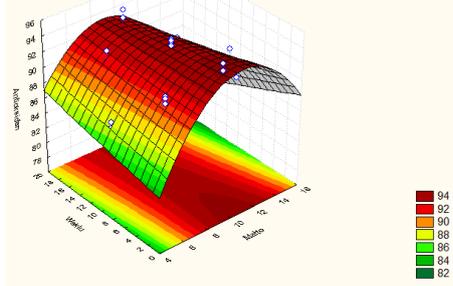
Gambar 13. Fitted Surface Pengaruh Tween 80 dan Waktu Pengadukan terhadap Kadar Air (Moisture Content)

Berdasarkan Tabel 13 dan Gambar 11-13., menunjukkan grafik maksimum yaitu pada range nilai 4-5% yang ditunjukkan area berwarna merah tua. Berdasarkan hasil, nilai tersebut melebihi standar kadar air untuk serbuk foam mat drying, yaitu kurang dari 5% (Asiah et al., 2012). Penggunaan maltodekstrin yang terlalu banyak menyebabkan case hardening sehingga kadar air menjadi tinggi karena proses penguapan terhambat (Ramadhani et al., 2016 dan Hasrini et al., 2017). Penambahan tween 80 dapat mengakibatkan kadar air pada bahan menjadi tinggi, karena Tween 80 akan memecah buih sehingga buih menjadi tidak stabil pada saat pemanasan dan mengambat proses penguapan air (Ciptasari, 2018).

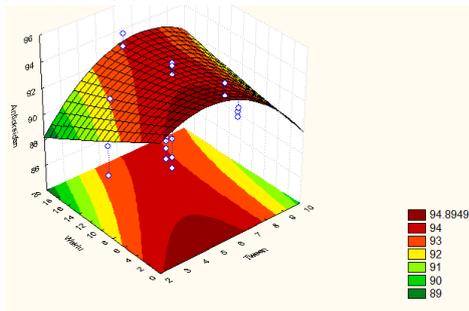
C.3.3 Hasil Analisa Aktivitas Antioksidan



Gambar 14. Fitted Surface Pengaruh Maltodekstrin dan Tween 80 terhadap Aktivitas Antioksidan



Gambar 15. Fitted Surface Pengaruh Maltodekstrin dan Waktu Pengadukan terhadap Aktivitas Antioksidan



Gambar 16. Fitted Surface Pengaruh Tween 80 dan Waktu Pengadukan terhadap Aktivitas Antioksidan

Tabel 14. Hasil Critical Value Aktivitas Antioksidan

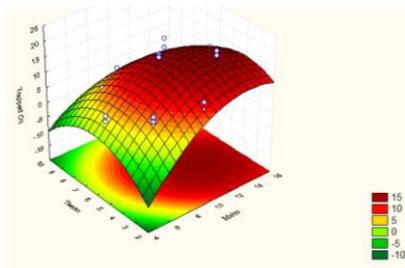
Faktor	Observed Minimum	Critical Values	Observed Maximum
Maltodekstrin	4.954622	9.40251	15.04538
Tween	2.636414	6.85889	9.36359
Waktu	1.591036	17.51710	18.40896

Pada Gambar 14-16., fitted surface menunjukkan grafik maksimum, nilai aktivitas antioksidan tertinggi terletak pada titik optimal, yang ditunjukkan dengan area berwarna merah tua pada range aktivitas antioksidan 92-94%. Semakin banyak maltodekstrin yang digunakan, maka aktivitas antioksidan akan menurun. Maltodekstrin dapat membentuk body pelindung senyawa pada bahan, sehingga atom hydrogen yang dilepaskan oleh sampel berjumlah kecil sehingga tidak dapat berpasangan dengan elektron DPPH, sehingga nilai absorbansi yang dihasilkanpun lebih tinggi. Hal tersebut sekaligus menunjukkan bahwa penggunaan maltodekstrin sebagai penyalut dapat melindungi terjadinya pelepasan komponen nutrisi bahan, terutama pada aktivitas antioksidan terhadap pengaruh suhu

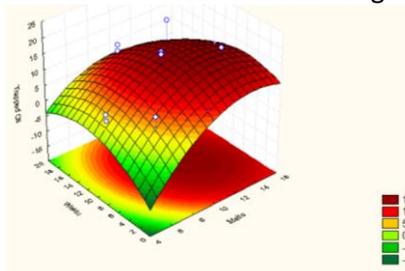
(Ramadhani et al., 2016). Selain itu, konsentrasi Tween 80 yang semakin besar akan menyebabkan aktivitas antioksidan menjadi kecil. Hal ini disebabkan karena ukuran droplet menjadi semakin kecil. Semakin kecil ukuran droplet, luas permukaan akan menjadi lebih besar sehingga semakin banyak minyak yang kontak dengan fase udara, laju oksidasi lipid akan semakin cepat (Aulia, 2017).

C.3.4 Hasil Analisa Trapped Oil

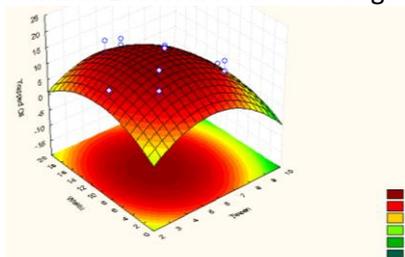
Trapped oil merupakan jumlah lemak atau minyak yang berhasil terperangkap dalam kapsul mikroenkapsulat, sedangkan surface oil merupakan kadar minyak yang melekat pada permukaan kapsul. Trapped oil penting diketahui untuk melihat seberapa efisiennya bahan inti terkapsul. Semakin tinggi trapped oil menunjukkan semakin baiknya mikroenkapsulat, dan semakin banyak surface oil maka semakin mudah terjadi kerusakan yang menurunkan kualitas mutu mikroenkapsulat dengan diikuti bau dan rasa yang tengik (Assagaf et al., 2013).



Gambar 17. Fitted Surface Pengaruh Maltodekstrin dan Tween 80 terhadap Trapped Oil



Gambar 18. Fitted Surface Pengaruh Maltodekstrin dan Waktu Pengadukan terhadap Trapped Oil



Gambar 19. Fitted Surface Pengaruh Tween 80 dan Waktu Pengadukan terhadap Trapped Oil

Tabel 15. Hasil Critical Value Trapped Oil

Faktor	Observed Minimum	Critical Values	Observed Maximum
--------	------------------	-----------------	------------------

Maltodekstrin	4.954622	12.68964	15.04538
Tween	2.636414	4.78844	9.36359
Waktu	1.591036	8.26651	18.40896

Berdasarkan Tabel 13 dan Gambar 17-19., fitted surface yang dihasilkan ketiga gambar tersebut sama, yaitu menunjukkan grafik maksimum. Kadar trapped oil tertinggi ditunjukkan area berwarna merah tua dengan range kadar trapped oil 10-15%, pada titik optimal. Semakin banyak tween 80 yang digunakan, proses emulsifikasi menjadi semakin baik, sehingga bahan inti akan terperangkap semakin banyak dan surface oil dapat diminalkan (Rasyid, 2010). Begitu pula dengan maltodekstrin yang mampu mencegah terbentuknya agregat yang dapat menyebabkan flokulasi dan mencegah koalesens penyebab terjadinya creaming pada emulsi. Kestabilan emulsi sebelum pengeringan dapat menurunkan surface oil pada mikroenkapsulat (Assagaf et al., 2013). Waktu pengadukan mampu mempengaruhi nilai densitas busa. Semakin lama waktu pengadukan, akan menurunkan nilai densitas busa sehingga pengembangan busa akan semakin besar (Amalina, 2017). Waktu pengadukan yang lama dapat menyebabkan adanya kontak antara oksigen dengan bahan inti, sehingga memungkinkan adanya reaksi oksidasi yang menyebabkan kadar minyak terperangkap menjadi rendah.

C.3.5 Hasil Penelitian Intensitas Warna

Warna merupakan karakteristik fisik pada suatu bahan atau produk pangan yang mudah untuk diamati, sekaligus parameter pokok dalam menentukan tingkat penerimaan konsumen, yang berkaitan dengan daya tarik, tanda pengenal, serta atribut mutu (Ramadhani et al., 2016).

Tabel 16. Hasil Penelitian Analisa Fisika

No Sampel	MD (gram)	Tween 80 (%)	Waktu (menit)	Intensitas Warna		
				L*	a*	b*
1	7	4	5	55,31±2,52	9,135±2,86	18,985±2,37
2	7	4	15	64,965±1,01	9,355±0,23	22,475±0,60
3	7	8	5	49,13±0,57	8,71±2,33	15,03±2,12
4	7	8	15	53,65±0,30	11,05±0,23	18,22±0,24
5	13	4	5	71,395±2,74	7,38±0,03	21,685±0,36
6	13	4	15	71,685±1,27	7,165±0,12	21,055±0,18
7	13	8	5	74,74±1,19	6,095±0,29	20,24±0,88
8	13	8	15	56,27±1,17	18,65±12,74	17,74±0,52
9	4,95	6	10	46,875±2,50	6,51±7,06	9,575±5,56
10	15,05	6	10	75,74±0,75	5,685±0,32	19,78±1,34
11	10	2,64	10	69,74±2,05	7,755±0,30	21,215±0,39
12	10	9,37	10	50,73±0,16	9,445±0,70	14,98±0,24
13	10	6	1,59	63,835±2,85	8,195±0,21	20,78±0,14

14	10	6	18.41	68,695±1,56	7,4±0,37	43,5±30,28
15C	10	6	10	70,565±0,08	7,49±0,28	20,58±0,04
16C	10	6	10	70,42±0,23	7,155±0,47	20,84±0,20
17C	10	6	10	71,64±0,47	7,06±0,61	21,375±0,15

* Nilai menunjukkan hasil rata-rata batch 1 dan 2 ± standar deviasi

C.3.5.1 Hasil Analisa Pengukuran Nilai Warna (L*)

Tabel 17. Hasil Critical Value Intensitas Warna (L*)

Faktor	Observed Minimum	Critical Values	Observed Maximum
Maltodekstrin	4.954622	6.88953	15.04538
Tween	2.636414	2.06279	9.36359
Waktu	1.591036	26.01167	18.40896

Berdasarkan Tabel 13., perlakuan yang memberikan signifikansi pada respon adalah maltodekstrin, Tween 80, dan waktu pengadukan. Hal ini sejalan dengan teori yang ada, bahwa maltodekstrin, Tween 80, dan waktu pengadukan mampu meningkatkan intensitas kecerahan warna pada mikroenkapsulat (Amalina, 2017, Ciptasari, 2018, dan Ramadhia et al., 2012). Warna pada pangan dipengaruhi oleh kandungan di dalamnya (Rasyid, 2010). Maltodekstrin merupakan gula tidak manis dengan pereduksi rendah dan berwarna putih (Ramadhia et al., 2012). Kandungan gula pereduksi yang rendah menyebabkan maltodekstrin tahan terhadap temperature tinggi, sehingga tidak menyebabkan reaksi pencoklatan (browning). Namun, perlu diketahui bahwa penggunaan maltodekstrin yang terlampaui banyak akan menyebabkan tingkat kecerahan menurun. Hal ini sejalan dengan warna awal maltodekstrin putih, yang menyebabkan produk akhir menjadi berwarna pucat jika maltodekstrin yang digunakan berlebih (Sulastri, 2018). Penggunaan Tween 80 dan waktu pengadukan yang tepat mampu membantu proses pengeringan menjadi lebih cepat, sehingga mampu mencegah terjadinya pencoklatan (browning) (Ciptasari, 2018).

C.3.5.4 Critical Value

Interaksi antara faktor dan respon dianalisa dan dioptimasi melalui hasil critical value. Hasil critical value ditampilkan masing-masing sesuai analisa uji yang dilakukan. Critical value untuk optimasi aktivitas antioksidan yaitu 9,40251 gram maltodekstrin, 6,85889% Tween 80, serta 17,51710 menit waktu pengadukan. Critical value untuk optimasi trapped oil yaitu 12,68964 gram maltodekstrin, 4,78844% Tween 80, serta 8,266651 menit waktu pengadukan. Optimasi dari critical value ini dapat digunakan karena mampu menghasilkan mikroenkapsulat dengan trapped oil terbanyak. Critical value untuk optimasi intensitas kecerahan warna yaitu 6,88953 gram maltodekstrin, 2,06279% Tween 80, serta 26,01167 menit waktu pengadukan. Konsentrasi optimasi yang dihasilkan oleh critical value jauh

berbeda dari titik optimal yang telah ditetapkan sebelumnya, namun optimasi ini dapat digunakan karena mampu menghasilkan mikroenkapsulat dengan intensitas kecerahan warna tertinggi.

C.4 Optimasi Penambahan Oleoresin Biji Pala, Sukrosa, dan Air Terhadap Mikroenkapsulat Oleoresin Pala Menggunakan Metode Kristalisasi

Tabel 18. Hasil Pengujian Lanjutan Kristalisasi Oleoresin Biji Pala

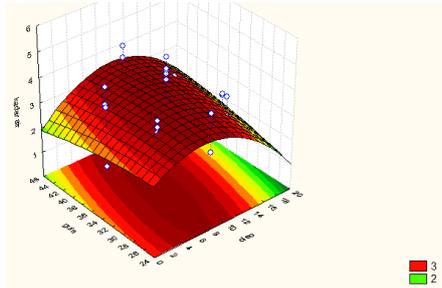
No	Oleo (gr)	Sukrosa (gr)	Air (gr)	Kadar Air(%)	aw	Aktivitas Antioksidan(%)	Total Oil (%)	Surface Oil (%)	Minyak Terperangkap (%)
1	5,00	30,00	15,00	3,58±0,35	0,80±0,01	54,74±29,49	54,00±1,27	20,25±1,91	33,75±0,64
2	5,00	30,00	25,00	3,485±0,13	0,78±0,02	77,43±12,83	57,15±1,77	20,25±2,62	36,9±4,38
3	5,00	40,00	15,00	2,725±0,56	0,78±0,01	85,80±4,25	50,80±0,49	22,1±0,00	28,7±5,09
4	5,00	40,00	25,00	3,15±0,93	0,79±0,02	70,44±13,83	56,15±0,49	21,5±3,54	34,65±3,04
5	15,00	30,00	15,00	2,51±0,37	0,57±0,01	89,59±1,69	51,50±5,23	24,075±7,95	27,425±2,72
6	15,00	30,00	25,00	3,055±0,69	0,74±0,01	92,56±1,91	59,90±14,14	28,225±8,45	31,675±5,69
7	15,00	40,00	15,00	2,26±0,24	0,72±0,03	92,45±2,28	66,55±6,01	26,05±3,32	40,5±9,33
8	15,00	40,00	25,00	2,995±0,12	0,75±0,05	91,42±0,12	64,20±7,70	31,3±0,14	32,9±6,93
9	1,59	35,00	20,00	2,93±5,63	0,80±0,01	44,39±0,88	52,45±6,01	17,675±0,81	34,775±5,20
10	18,41	35,00	20,00	2,565±4,04	0,72±0,06	93,02±2,25	67,80±14,28	29,1±3,11	38,7±11,17
11	10,00	26,59	20,00	3,2±0,09	0,73±0,04	92,91±2,70	53,30±2,40	30,875±1,17	22,425±3,57
12	10,00	43,41	20,00	4,195±0,32	0,78±0,00	92,61±2,14	64,50±2,26	27,45±3,32	37,05±1,06
13	10,00	35,00	11,59	3,77±0,54	0,76±0,00	92,85±1,90	63,60±6,51	25,05±8,70	38,55±2,19
14	10,00	35,00	28,41	3,535±0,34	0,73±0,05	91,34±4,46	60,60±6,22	27,525±9,44	33,075±3,22
15	10,00	35,00	20,00	3,67±0,92	0,69±0,12	92,06±1,82	66,80±3,54	22,15±6,43	44,65±2,90
16	10,00	35,00	20,00	3,44±0,33	0,72±0,04	92,84±2,04	68,80±4,67	22,6±7,07	46,2±2,40
17	10,00	35,00	20,00	3,545±0,46	0,73±0,04	92,64±1,95	67,55±0,07	22,5±6,08	45,05±6,15

* Nilai menunjukkan hasil rata-rata batch 1 dan 2 ± standar deviasi

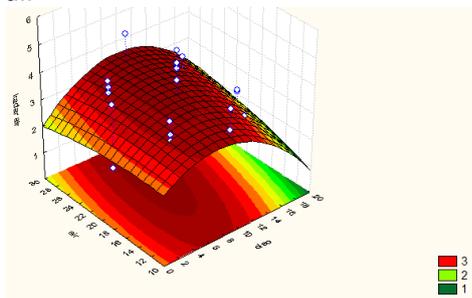
No	Oleo (gr)	Sukrosa (gr)	Air (gr)	Warna		
				L*	a*	b*
1	5,00	30,00	15,00	83,13±4,7	2,700±3,00	15,319±3,99
2	5,00	30,00	25,00	79,25±1,27	4,939±0,07	17,837±0,98
3	5,00	40,00	15,00	57,75±34,3	3,730±0,82	17,084±0,94
4	5,00	40,00	25,00	56,37±30,6	4,409±0,03	16,509±1,19
5	15,00	30,00	15,00	72,86±2,18	8,039±0,42	19,552±0,39
6	15,00	30,00	25,00	48,82±21,8	8,669±0,00	21,214±1,25
7	15,00	40,00	15,00	52,55±26,2	7,879±0,49	20,805±0,81
8	15,00	40,00	25,00	51,96±28,7	7,654±0,56	21,614±0,74
9	1,59	35,00	20,00	60,18±37,6	1,600±0,74	12,450±1,40
10	18,41	35,00	20,00	49,63±27,1	9,094±0,12	21,552±1,85
11	10,00	26,59	20,00	67,89±4,27	7,260±1,09	20,242±0,12
12	10,00	43,41	20,00	71,12±4,21	6,334±0,85	20,329±0,24
13	10,00	35,00	11,59	66,35±8,27	7,279±0,08	20,397±0,08
14	10,00	35,00	28,41	72,58±2,77	7,190±0,04	20,740±2,94
15	10,00	35,00	20,00	74,78±1,88	6,734±1,43	19,094±2,81
16	10,00	35,00	20,00	72,32±2,45	6,947±0,41	20,257±0,97
17	10,00	35,00	20,00	72,00±1,81	7,262±0,33	20,502±1,64

* Nilai menunjukkan hasil rata-rata batch 1 dan 2 ± standar deviasi

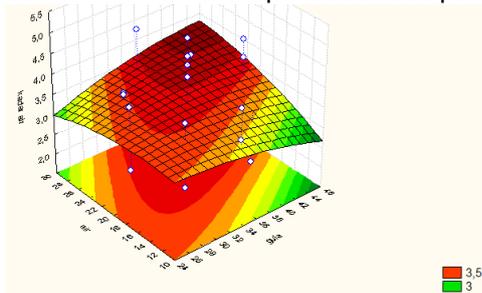
C.4.1 Hasil Analisa Kadar Air



Gambar 20. Fitted response surface pengaruh penambahan oleoresin dan sukrosa terhadap kadar air



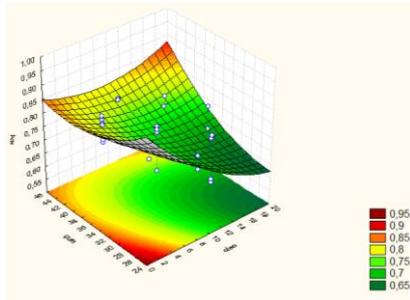
Gambar 21. Fitted response surface pengaruh penambahan oleoresin dan air terhadap kadar air



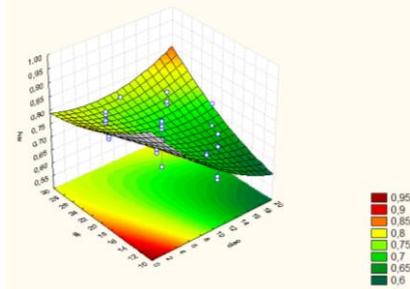
Gambar 22. Fitted response surface pengaruh penambahan sukrosa dan air terhadap kadar air

Semakin banyak penambahan oleoresin biji pala, maka kadar air semakin rendah dan tidak signifikan. Hal ini disebabkan oleoresin mengandung senyawa mudah menguap (minyak atsiri) dan senyawa tidak mudah menguap (resin dan gum) (Raghavan, 2007) yang tidak terhitung sebagai air, sehingga tidak mempengaruhi hasil kadar air. Pada Gambar 20-22., ditunjukkan hasil kadar air dalam rentang 2,000-3,500%. Hasil ini menunjukkan bahwa kadar air melebihi standar SNI 01-4320-1996 tentang serbuk minuman tradisional yaitu kadar air maksimal 3,000%.

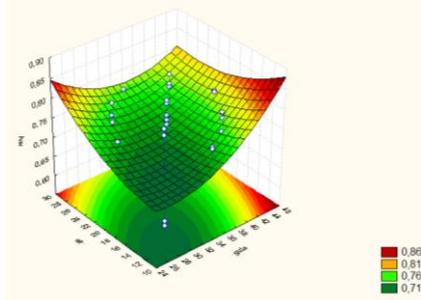
C.4.2 Hasil Analisa aw



Gambar 23. Fitted response surface pengaruh penambahan oleoresin dan sukrosa terhadap aw



Gambar 24. Fitted response surface pengaruh penambahan oleoresin dan air terhadap aw

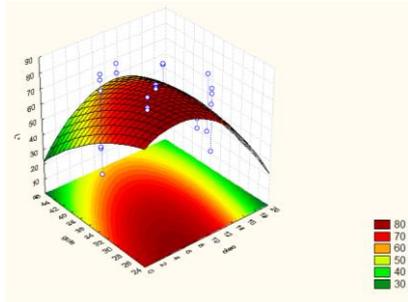


Gambar 25. Fitted response surface pengaruh penambahan sukrosa dan air terhadap aw

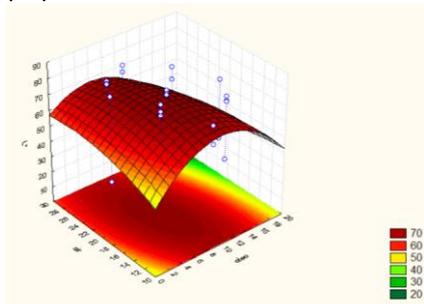
Aktivitas air (aw) didefinisikan sebagai total air bebas. Air bebas mendukung pertumbuhan mikroba, reaksi kimia dan enzimatis, serta kerusakan pada pangan (Anonim, 2014). Semakin banyak penambahan oleoresin biji pala, maka aw semakin rendah dan signifikan. Oleoresin mengandung senyawa mudah menguap (minyak atsiri) dan senyawa tidak mudah menguap (resin dan gum) (Raghavan, 2007) yang bukan merupakan air, sehingga tidak menambah jumlah air khususnya air bebas. Pada Gambar 23-25., memiliki rentang aw 0,650-0,850. Sehingga kelompok mikroorganisme sebagian besar kapang, bakteri halophilic, kapang xerophilic, yeasts osmophilic memiliki potensi untuk berkembang pada sampel. Nilai aw yang tinggi akan menyebabkan produk mengalami hidrasi. Permukaan dinding matriks menjadi “stress” dan membentuk kerak. Kondisi seperti ini disebut sebagai awal dari collaps yang menyebabkan stabilitas dan retensi flavor terenkapsulasi menurun serta flavor terlepas dari dinding matriks atau disebut dengan reenapsulasi (Whorton dan Reineccius, 1995 dalam Desmawarni, 2007).

C.4.3 Hasil Analisa Warna

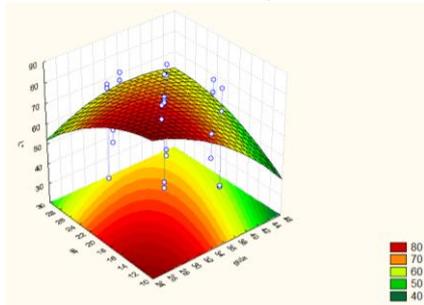
C.4.3.1 Hasil Analisa Warna (L^*)



Gambar 26. Fitted response surface pengaruh penambahan oleoresin dan sukrosa terhadap warna (L^*)



Gambar 27. Fitted response surface pengaruh penambahan oleoresin dan air terhadap warna (L^*)



Gambar 28. Fitted response surface pengaruh penambahan sukrosa dan air terhadap warna (L^*)

Menurut Pomeranz & Meloan (1994), nilai L^* atau lightness menunjukkan kecerahan dari sampel. Nilai L^* positif berwarna terang (light), sedangkan nilai negatif berwarna gelap. Menurut Sarabandi et al. (2018), nilai L^* yang semakin menurun seiring meningkatnya konsentrasi ekstrak. Pada Gambar 26-28., sampel secara keseluruhan memiliki nilai L pada rentang 40,000-80,000 sehingga sampel dikategorikan cukup terang.

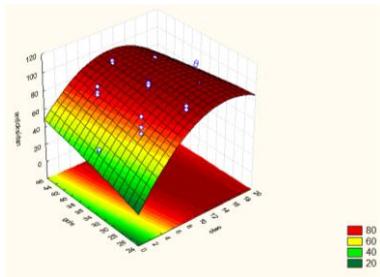
C.4.3.2 Hasil Analisa Warna (a^*)

Menurut Pomeranz & Meloan (1994), nilai a^* menunjukkan kecenderungan warna merah (+) dan hijau (-). Sampel secara keseluruhan memiliki rentang nilai a^* 2,000-8,000 sehingga sampel dikategorikan memiliki warna yang cenderung ke merah.

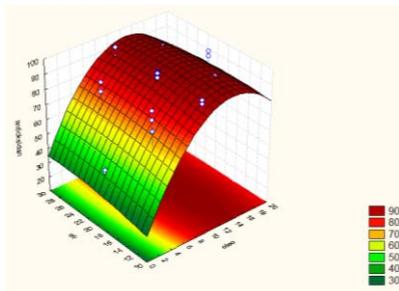
C.4.3.3 Hasil Analisa Warna (b*)

Menurut Pomeranz & Meloan (1994), nilai b* menunjukkan kecenderungan warna kuning (+) dan biru (-). Sampel secara keseluruhan memiliki rentang nilai b* 12,000-22,000 sehingga dikategorikan memiliki warna cenderung ke kuning.

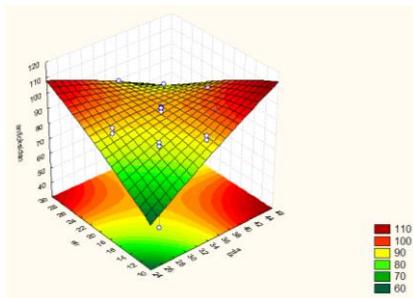
C.4.4 Hasil Analisa Aktivitas Antioksidan



Gambar 29. Fitted response surface pengaruh penambahan oleoresin dan sukrosa terhadap aktivitas antioksidan



Gambar 30. Fitted response surface pengaruh penambahan oleoresin dan air terhadap aktivitas antioksidan



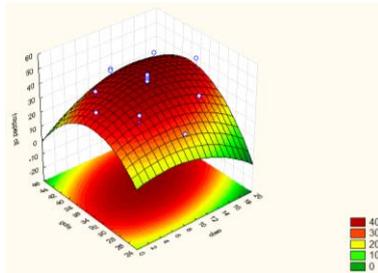
Gambar 31. Fitted response surface pengaruh penambahan sukrosa dan air terhadap aktivitas antioksidan

Tabel 19. Hasil Critical Values Aktivitas Antioksidan

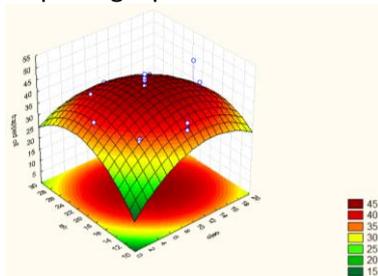
Faktor	Observed Minimum	Critical Values	Observed Maximum
Oleoresin (gram)	1,591	13,266	18,409
Sukrosa (gram)	26,591	35,047	43,409
Air (gram)	11,591	20,019	28,409
Predicted value		96,477	

Berdasarkan Gambar 29-31., sampel secara keseluruhan memiliki rentang 50,000-100,000%, yang berarti sampel pada perlakuan optimal memiliki nilai aktivitas antioksidan mendekati 100%. Pada Tabel 19, menunjukkan predicted value aktivitas antioksidan yang akan dicapai sebesar 96,477% bila menggunakan formula sesuai dengan critical values.

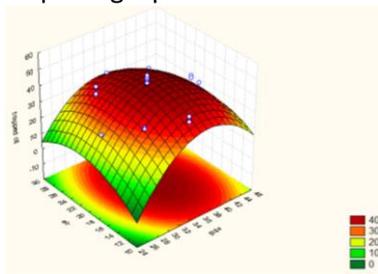
C.4.5 Hasil Analisa Minyak Terperangkap



Gambar 32. Fitted response surface pengaruh penambahan oleoresin dan sukrosa terhadap minyak terperangkap



Gambar 33. Fitted response surface pengaruh penambahan oleoresin dan air terhadap minyak terperangkap



Gambar 34. Fitted response surface pengaruh penambahan sukrosa dan air terhadap aktivitas antioksidan

Tabel 20. Hasil Critical Values Minyak Terperangkap

Faktor	Observed Minimum	Critical Values	Observed Maximum
Oleoresin (gram)	1,591	11,088	18,409
Sukrosa (gram)	26,591	36,381	43,409
Air (gram)	11,591	19,331	28,409
Predicted value		45,684	

Minyak terperangkap merupakan parameter utama karena minyak terperangkap dapat menunjukkan efisiensi dari kristalisasi (Karadeniz et al., 2018). Dari Gambar 32-34., sampel secara keseluruhan memiliki rentang 20,000-45,000%. Pada Tabel 20., menunjukkan predicted value minyak terperangkap yang akan dicapai sebesar 45,684% bila menggunakan formula sesuai dengan critical values. Persentase ini lebih tinggi dibandingkan penelitian Chandrayani (2002) tentang kristalisasi oleoresin biji pala diperoleh kadar minyak atsiri antara 5,190% sampai 9,090%. Hal ini menunjukkan bahwa optimasi yang telah dilakukan telah terealisasi dengan memperoleh persentase minyak terperangkap 20,000-45,000%.

C.5 Pendugaan Umur Simpan Mikroenkapsulat Pala Dengan Proses Foam Mat Drying Menggunakan Metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT)

C.5.1 Karakteristik Kimia Mikroenkapsulat Oleoresin Biji Pala

Pada analisa kimia selama penyimpanan dilakukan uji kadar air dan aktivitas air (Aw). Kandungan air pada bahan pangan merupakan faktor penting yang menentukan kesegaran, kualitas, dan daya tahan bahan tersebut. Kandungan air yang tinggi dapat membuat produk mudah rusak secara fisik, kimia, maupun biologis. Menurut SNI Bumbu Pangan (SNI. 01-3709-1995) persyaratan kadar air bumbu yaitu 12%. Peningkatan kadar air tertinggi terjadi pada suhu penyimpanan tertinggi yaitu suhu 40°C. Peningkatan kadar air mikroenkapsulat oleoresin biji pala selama penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 21 dan Gambar 35.

Tabel 21. Kadar Air Mikroenkapsulat Oleoresin Biji Pala Selama Penyimpanan dengan Berbagai Suhu

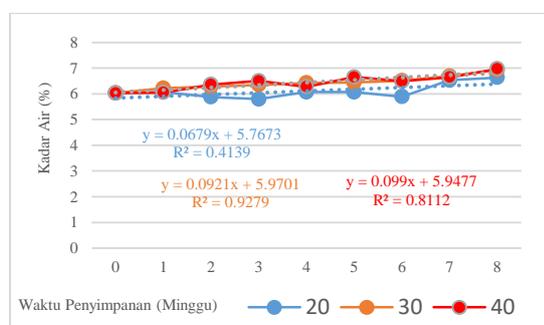
Waktu (minggu)	Kadar Air (%)		
	20°C	30°C	40°C
0	6,033±0,077a,A	6,033±0,077a,B	6,033±0,077a,B
1	6,073±0,229a,A	6,220±0,046b,B	6,050±0,180a,B
2	5,877±0,081a,A	6,280±0,066bc,B	6,363±0,188b,B
3	5,793±0,071a,A	6,350±0,061bcd,B	6,503±0,140bc,B
4	6,067±0,2a,A	6,423±0,045cde,B	6,277±0,2ab,B
5	6,067±0,248a,A	6,443±0,142de,B	6,650±0,235c,B
6	5,887±0,29a,A	6,510±0,085e,B	6,490±0,046bc,B
7	6,530±0,066b,A	6,690±0,095f,B	6,647±0,049c,B
8	6,637±0,098b,A	6,923±0,096g,B	6,970±0,09d,B

Keterangan:

Semua nilai adalah mean ± standar deviasi

Nilai dengan superscript lowercase menunjukkan perbedaan yang nyata antar minggu pada tingkat kepercayaan 95% dengan uji One Way Anova

Nilai dengan superscript uppercase menunjukkan perbedaan yang nyata antar suhu penyimpanan pada tingkat kepercayaan 95% dengan uji One Way Anova



Gambar 35. Kadar Air Mikroenkapsulat Oleoresin Biji Pala selama Penyimpanan pada Berbagai Suhu

Peningkatan kadar air disebabkan beberapa faktor yaitu sifat bahan yang higroskopis, permeabilitas kemasan, dan kelembaban relatif yang tinggi. Bahan bersifat higroskopis sehingga mudah menyerap uap air dari lingkungan (Utami, Sirajuddin dan Najamuddin, 2014). Kelembaban relatif lingkungan yang tinggi dapat menyebabkan perbedaan tekanan parsial uap air yakni perpindahan uap air dari daerah bertekanan tinggi menuju ke daerah bertekanan rendah (Mustafidah dan Widjanarko, 2015). Kelembaban uap air di lingkungan lebih besar dibanding tekanan parsial uap air sampel dalam kemasan, maka uap air akan berpindah ke dalam mikroenkapsulat oleoresin biji pala. Semakin tinggi suhu penyimpanan, permeabilitas kemasan semakin tinggi sehingga semakin besar pula laju difusi uap air yang melewati bahan pengemas (Kurniawan, Bintoro dan WK, 2018) dan pada RH yang stabil dan suhu semakin tinggi maka konsentrasi uap air di udara akan meningkat sehingga semakin banyak uap air yang dapat diserap oleh produk (Teunou dan Fitzpatrick, 1999). Aktivitas air didefinisikan adalah rasio tekanan uap air produk makanan terhadap tekanan uap air murni pada suhu penyimpanan yang sama (Robertson, 2009). Aw digunakan untuk menjabarkan air yang tidak terikat dalam sistem sehingga dapat menunjang reaksi biologis dan kimia (Pulungan, Sucipto dan Sarsiyani, 2016). Peningkatan nilai Aw selama penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 22 dan Gambar 36.

Tabel 22. Aktivitas Air Mikroenkapsulat Oleoresin Biji Pala Selama Penyimpanan dengan Berbagai Suhu

Waktu (minggu)	Aktivitas Air		
	20°C	30°C	40°C
0	0,433±0,011a,A	0,433±0,011a,B	0,433±0,011a,C
1	0,437±0,009a,A	0,435±0,03a,B	0,472±0,005b,C
2	0,426±0,009a,A	0,484±0,009b,B	0,517±0,002c,C
3	0,461±0,007b,A	0,485±0,019b,B	0,533±0,005d,C
4	0,451±0,006b,A	0,507±0,004bcd,B	0,543±0,009e,C
5	0,478±0,001c,A	0,503±0,021bcd,B	0,559±0,001f,C
6	0,477±0,002c,A	0,500±0,004bc,B	0,565±0,003f,C
7	0,482±0,002c,A	0,523±0,002cd,B	0,557±0,004f,C
8	0,515±0,003d,A	0,527±0,002d,B	0,591±0,002g,C

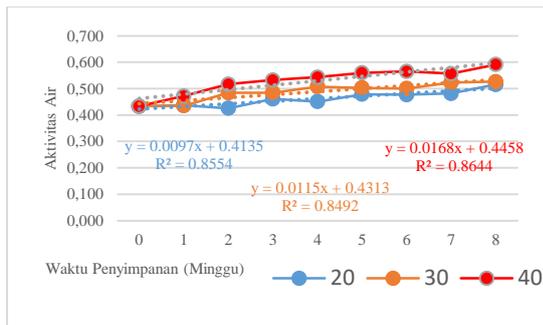
Keterangan:

Semua nilai adalah mean ± standar deviasi

Data tidak memenuhi standar homogenitas berdasarkan uji levene statistic

Nilai dengan superscript lowercase menunjukkan perbedaan yang nyata antar minggu pada tingkat kepercayaan 95% dengan uji One Way Anova

Nilai dengan superscript uppercase menunjukkan perbedaan yang nyata antar suhu penyimpanan pada tingkat kepercayaan 95% dengan uji One Way Anova



Gambar 36. Aktivitas Air Mikroenkapsulat Oleoresin Biji Pala selama Penyimpanan pada Berbagai Suhu

Peningkatan aktivitas air disebabkan oleh meningkatnya kadar air pada produk, karena kedua parameter ini berhubungan (Utami, Sirajuddin dan Najamuddin, 2014). Kadar air yang meningkat menyebabkan air bebas pada produk semakin banyak sehingga nilai Aw meningkat (Mustafidah dan Widjanarko, 2015). Peningkatan nilai Aw selama penyimpanan masih dalam batas aman dari pertumbuhan mikroorganisme, karena tidak ada mikroorganisme yang tumbuh pada nilai Aw <0,6 (Barbosa-Canovas et al., 2007). Dari data kadar air dan aktivitas air maka produk mikroenkapsulat oleoresin biji pala dapat digolongkan produk pangan rendah kadar air (low moisture foods), dimana nilai Aw antara 0-0,6 dan kadar air <25% (Hu & Jacobsen, 2016).

C.5.2 Pendugaan Umur Simpan Mikroenkapsulat Oleoresin Biji Pala

Umur simpan adalah durasi waktu produk mulai dilakukan pengemasan hingga kualitas mutu produk masih memenuhi syarat konsumsi (Rahmanto, Parnanto dan Nursiwi, 2014). Hu & Jacobsen (2016) menambahkan bahwa kualitas makanan adalah keadaan dinamis yang terus bergerak ke tingkat yang dikurangi sampai menuju tingkat kualitas yang membedakan produk yang masih diterima hingga tidak dapat diterima oleh konsumen. Pendugaan umur simpan dilakukan dengan metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) pendekatan Arrhenius. Parameter yang digunakan untuk menentukan umur simpan mikroenkapsulat oleoresin biji pala yaitu kadar air dan aktivitas air.

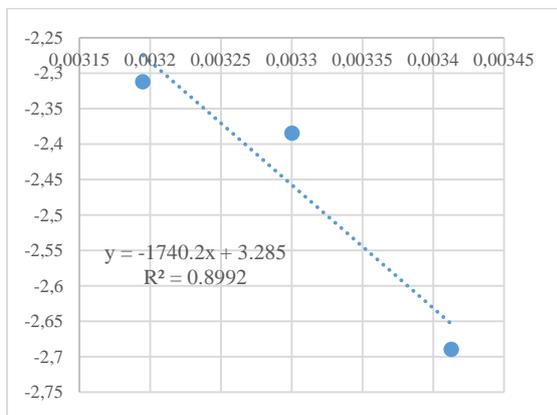
Berdasarkan data perubahan mutu kadar air dan aktivitas air mikroenkapsulat oleoresin biji pala selama penyimpanan dapat diplotkan menjadi bentuk kurva linear dan eksponensial. Kurva berbentuk linear menunjukkan reaksi orde 0 dan kurva berbentuk eksponensial menunjukkan reaksi orde 1. Penetapan orde reaksi ini berhubungan dengan laju perubahan mutu, jika orde yang berlaku reaksi orde 0 maka laju kerusakan bersifat konstan namun jika

orde yang berlaku reaksi orde 1 maka laju kerusakan bersifat eksponensial. Pemilihan orde reaksi berdasarkan regresi linear dari grafik kadar air dan aktivitas air, total nilai R2 terbesar yang dipilih menunjukkan reaksi orde 0 atau 1 (Arif, 2016). Nilai persamaan grafik dan nilai R2 parameter mutu dapat dilihat pada Tabel 23. Pada parameter penurunan mutu kadar air dan aktivitas air mengikuti laju reaksi orde 0, karena nilai R2 grafik linear lebih besar dibanding grafik eksponensial.

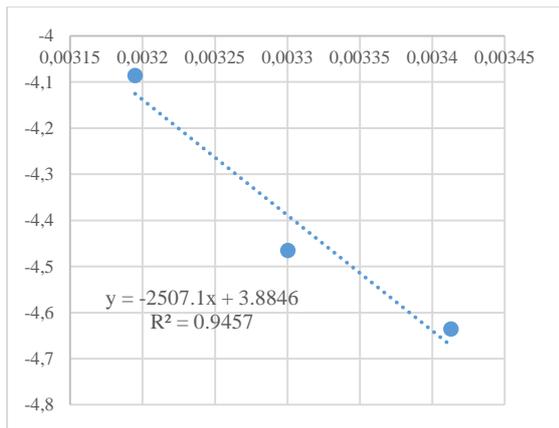
Tabel 23. Persamaan Linear Ordo ke-0 dan Ordo ke-1 Kadar Air dan Aktivitas Air Selama Penyimpanan

Parameter Mutu	Suhu (°c)	Ordo 0		Ordo 1		Ordo Terpilih	
		Persamaan garis	R2	Persamaan garis	R2		
Kadar Air	20	$y = 0,0679x + 5,7673$	0,4139	$y = 0,0108x + 1,7544$	0,4056	0	
	30	$y = 0,0921x + 5,9701$	0,9279	$y = 0,0143x + 1,789$	0,9338		
	40	$y = 0,099x + 5,9477$	0,8112	$y = 0,0154x + 1,7852$	0,813		
Aktivitas Air	20	$y = 0,0097x + 0,4135$	0,8554	$y = 0,0209x - 0,8781$	0,8585	0	
	30	$y = 0,0115x + 0,4313$	0,8492	$y = 0,0239x - 0,8381$	0,8361		
	40	$y = 0,0168x + 0,4458$	0,8644	$y = 0,0328x - 0,8031$	0,8413		

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai k dari setiap parameter pada berbagai suhu penyimpanan. Nilai diperoleh dari grafik persamaan Arrhenius, untuk parameter kadar air terdapat pada Gambar 37., dan untuk parameter aktivitas air terdapat pada Gambar 38.



Gambar 37. Hubungan Antara Suhu Penyimpanan dan Nilai ln k Parameter Kadar Air



Gambar 38. Hubungan Antara Suhu Penyimpanan dan Nilai ln k Parameter Aktivitas Air

Dari grafik pada gambar 37 dan 38 dapat dihitung nilai ln k dengan memasukkan suhu penyimpanan pada variabel x, dan dilakukan eksponensial untuk memperoleh nilai k. k adalah konstanta penurunan mutu, semakin tinggi suhu maka nilai k semakin tinggi sehingga penurunan mutu akan semakin cepat (Pulungan, Sucipto dan Sarsiyani, 2016). Nilai k digunakan untuk menghitung umur simpan dengan rumus sesuai ordo yang dipilih yaitu ordo 0. Nilai k dan hasil perhitungan umur simpan dapat dilihat pada tabel 24.

Tabel 24. Pendugaan Umur Simpan Mikroenkapsulat Oleoresin Biji Pala

Parameter Mutu	Suhu (oC)	k	Umur Simpan (minggu)
Kadar Air	20	0,0703516	84,817
	30	0,0855859	69,719
	40	0,1028232	58,032
Aktivitas Air	20	0,009353027	17,855
	30	0,012404978	13,4623
	40	0,016158579	10,335

Parameter kadar air pada suhu 20°C memiliki nilai umur simpannya yaitu 84,817 minggu, pada suhu 30°C umur simpannya yaitu 69,719 minggu, dan pada suhu 40°C umur simpan terpendek yaitu 58,032 minggu. Parameter berikutnya yaitu aktivitas air pada suhu 20°C umur simpannya yaitu 17,855 minggu, pada suhu 30°C umur simpannya yaitu 13,462 minggu, dan pada suhu 40°C umur simpan terpendek yaitu 10,335 minggu. Dari persamaan Arrhenius pada gambar 37 dan 38 dapat dihitung pula nilai energi aktivasi tiap parameter. Energi aktivasi adalah besarnya energi minimum yang diperlukan agar reaksi dapat berjalan (Priadi et al., 2019). Slope dari persamaan garis dikalikan dengan nilai konstanta R menghasilkan nilai energi aktivasi. Nilai energi aktivasi yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 25.

Tabel 25. Nilai Energi Aktivasi Penentuan Umur Simpan Mikroenkapsulat Oleoresin Biji Pala

Parameter Uji	Slope	Nilai Energi aktivasi (kkal/mol)
Kadar Air	-1740,2	3,456
Aktivitas Air	-2507,1	4,979

Dari tabel 25. nilai slope diperoleh dari grafik Arrhenius tiap parameter dan dikalikan dengan nilai R, dimana nilai R yaitu 1,986 kal/mol K. Hasil perhitungan diperoleh nilai Ea untuk parameter kadar air yaitu 3,456 kkal/mol dan parameter aktivitas air yaitu 4,979 kkal/mol.

C.6 Profil Karakteristik Kimiawi Mikroenkapsulat Oleoresin Biji Pala (*Myristica Fragrans* Houtt) Hasil Pengeringan Foam Mat Drying Selama Penyimpanan

C.6.1 Profil Karakteristik Aktivitas Antioksidan Mikroenkapsulat Oleoresin Biji Pala

Antioksidan merupakan senyawa yang memiliki kemampuan untuk mengahalau pembentukan dan menangkap radikal bebas di dalam tubuh. Pengukuran aktivitas antioksidan (% inhibition) dilakukan dengan metode 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil (DPPH). Metode ini dipilih karena sederhana dan cepat namun mempunyai sensitivitas yang cukup tinggi (Setyowati et al, 2014). Perubahan warna yang terjadi kemudian dihitung nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang 517 nm.

Tabel 26. Aktivitas Antioksidan Mikroenkapsulat Oleoresin Biji Pala Selama Proses Penyimpanan pada Berbagai Suhu

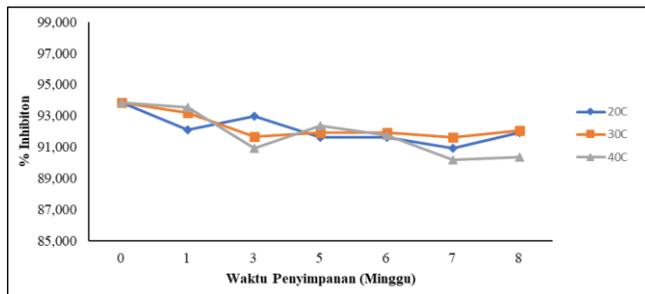
Waktu (minggu)	Aktivitas Antioksidan (% inhibition)		
	20°C	30°C	40°C
0	93,838±0,684c, A	93,838±0,684c, A	93,838±0,684d, A
1	92,107±0,040bc, A	93,192±0,047bc, A	93,564±0,657cd, A
3	92,970±0,349c, A	91,667±1,793a, A	90,910±0,023ab, A
5	91,619±1,035ab, A	91,943±0,586ab, A	92,346±0,256bcd, A
6	91,647±0,184ab, A	91,937±0,094ab, A	91,764±0,139abc, A
7	90,936±0,073a, A	91,645±0,145a, A	90,349±0,115a, A
8	91,913±0,115b, A	92,054±0,221ab, A	90,363±1,293a, A

Keterangan:

Semua nilai adalah mean ± standar deviasi

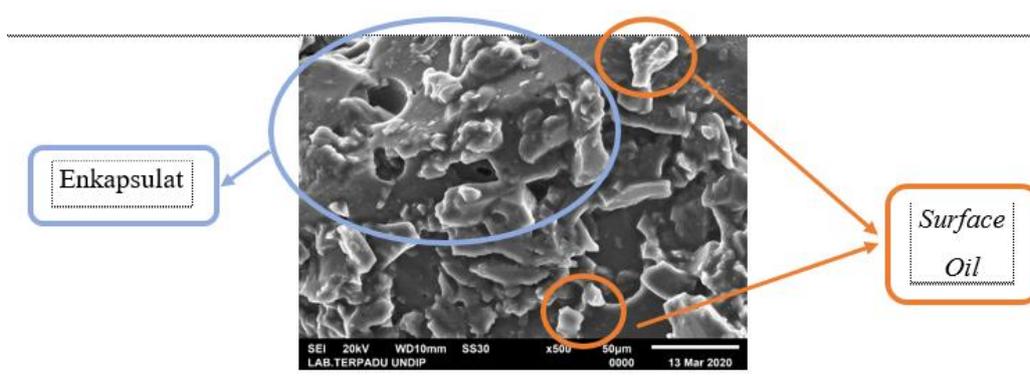
Nilai dengan superscript lowercase menunjukkan perbedaan yang nyata antar minggu pada tingkat kepercayaan 95% dengan uji One Way Anova

Nilai dengan superscript uppercase menunjukkan perbedaan yang nyata antar suhu penyimpanan pada tingkat kepercayaan 95% dengan uji One Way Anova



Gambar 39. Grafik Aktivitas Antioksidan Mikroenkapsulat Oleoresin Biji Pala Berdasarkan Tabel 26. dapat dilihat hasil rata-rata dan standar deviasi antar ulangan pada analisa aktivitas antioksidan (% inhibition) yang terkandung mikroenkapsulat oleoresin biji pala selama umur simpan. Pada suhu 20°C terdapat penurunan % inhibition selama penyimpanan yaitu W0 93,838% menjadi W8 91,913%. Pada suhu 30°C terdapat penurunan % inhibition selama penyimpanan yaitu W0 93,838% menjadi 92,054% pada W8. Pada perlakuan suhu 40°C juga mengalami penurunan % inhibition yaitu W0 93,838 menjadi 90,363% pada W8. Pada perlakuan suhu 20°C, 30°C, dan 40°C tidak memiliki beda nyata selama 8 minggu penyimpanan. Pada perlakuan suhu 20°C minggu ke-0, minggu ke-1, dan minggu ke-3 tidak memiliki beda nyata namun berbeda nyata dengan perlakuan minggu ke-5 sampai minggu ke-8. Pada minggu ke-5 hingga minggu ke-8 tidak memiliki beda nyata. Pada perlakuan suhu 30°C, minggu ke-0 dan minggu ke-1 tidak memiliki beda nyata namun berbeda nyata dengan perlakuan minggu ke-3 hingga minggu ke-8. Pada minggu ke-3 hingga minggu ke-8 tidak memiliki beda nyata. Pada perlakuan suhu 40°C, minggu ke-0, minggu ke-1, dan minggu ke-5 tidak memiliki beda nyata namun berbeda nyata dengan perlakuan minggu ke-3, minggu ke-7, dan minggu ke-8. Pada minggu ke-6 berbeda nyata dengan perlakuan minggu ke-0 dan minggu ke-1. Pada Gambar 39. dapat dilihat penurunan pada grafik kadar aktivitas antioksidan (% inhibition) pada setiap perlakuan suhu selama 8 minggu penyimpanan

C.6.2 Profil SEM Mikroenkapsulat Oleoresin Biji Pala



Gambar 40. Hasil SEM Mikroenkapsulat Minggu ke-0 Oleoresin Biji Pala Perbesaran 500 kali

Pada Gambar 40. dapat dilihat bentuk morfologi mikroenkapsulat oleoresin biji pala menggunakan SEM. Bentuk mikroenkapsulat yang tidak beraturan dan tidak berbentuk butiran sempurna dapat memudahkan pengkerutan dan keretakan pada kapsul. Keretakan pada mikroenkapsulat dapat meningkatkan tingkat pelepasan bahan aktif yaitu oleoresin sehingga oleoresin dapat keluar dari kapsul mikroenkapsulat yang menyebabkan peningkatan kadar surface oil (Desmawari, 2007). Dapat dilihat pula pada Gambar 40. kandungan surface oil yang sudah berada diluar mikroenkapsulat meskipun dalam jumlah yang masih sedikit, sedangkan trapped oil masih terkandung di dalam mikroenkapsulat.

C.6.2 Hasil GCMS Mikroenkapsulat Oleoresin Biji Pala

Tabel 27. Senyawa yang terkandung dalam Mikroenkapsulat Oleresin Biji Pala Foam Mat Drying

Peak Report TIC					
Peak#	R. Time	Area	Area%	Height	Name
1	9.625	691443	27.20	167092	1-Phenyl-cyclopentanecarboxylic acid 2-dimethylamino-1-methyl-ethyl ester
2	12.624	368684	14.50	135481	(E)-6-Methyl-4-hepten-1-ol
3	19.588	545900	21.48	433510	TRANS-ISOCROWEACIN
4	19.885	400096	15.74	112932	N-(2,3,3a,4,7,7a-Hexahydro-2,5-dimethyl-1,3-dioxo-1H-isoindol-4-yl)-3-phenylpropiolamide
5	20.852	535822	21.08	191027	2-AMINOISOPHTHALIC ACID
		2541945	100.00	1040042	

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta mengunggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas.

Luaran wajib Teknologi Tepat Guna telah dihasilkan yaitu kondisi optimum ekstraksi oleoresin biji pala dan mikroenkapsulasi oleoresin biji pala.

Luaran tambahan yang telah dicapai sebagai berikut :

(1) Publikasi HKI dengan judul "Mikroenkapsulasi Oleoresin Biji Pala dengan Metode Kristalisasi ", No. 000191522

Paten sederhana " Metode Enkapsulasi Oleoresin Biji Pala" - telah didaftarkan, No Pendaftaran S00202009286

(2) Publikasi buku dengan judul "Ekstraksi Oleoresin Biji Pala" (telah diterbitkan), No ISBN : 9 786237 635017

(3) Prosiding Seminar Nasional dengan judul "PENGARUH VARIASI MALTODEKSTRIN DAN KECEPATAN HOMOGENISASI TERHADAP KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA ENKAPSULAT BUTTER PALA

(*Myristica fragrans* Houtt) DENGAN METODE VACUUM DRYING", Strategi Ketahanan Pangan Masa New Normal Covid-19, 22 Juli 2020, penyelenggara Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret.

Diterbitkan dalam Jurnal Nasional : Jurnal Teknologi Hasil Pertanian, Vol. XIII, No. 2, Agustus 2020.

(4) Prosiding Seminar Internasional dengan judul " Optimization the Process Conditions of Vacuum Drying of Nutmeg Seed Oleoresin Using Response Surface Method", 4th International Conference on Sustainable Global Agriculture and Food (ICSAF), 6 November 2020, Fu Jen Catholic University Taiwan.

(5) Submitted jurnal nasional dengan judul " Optimasi Suhu, Waktu, dan Rasio Bahan pada Ultrasound-Assisted Extraction Butter Biji Pala (*Myristica fragrans*) Dengan Menggunakan Pelarut N-Heksana", Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Status : dalam proses review

(6) Submitted jurnal internasional dengan judul " Optimization of The Amount Variation of Maltodextrin, Whey Protein Isolate, and Stirring Speed Based on the Chemical Characteristics of Encapsulated Nutmeg Oleoresin (*Myristica fragrans*) Using Vacuum Drying Method", International Journal of Food Engineering, status : under review

E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUPPT). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas.

Kerjasama mitra dengan Lembaga Indonesian Rainforest Foundation (IRF) Semarang. IRF mendampingi petani dalam hal budidaya dan pengolahan hasil pertanian. Metode ekstraksi ultrasonik oleoresin biji pala ini dan mikroenkapsulasi oleoresin biji pala didiseminasikan bagi kelompok masyarakat yang mendalami ekstraksi rempah-rempah dibawah binaan IRF, serta bagi pengusaha yang akan memproduksi flavour dan bumbu rempah-rempah untuk berbagai produk pangan. Ekstrak oleoresin biji pala akan ditambahkan pada produk Virgin Coconut Oil produksi petani binaan IRF untuk meningkatkan komponen aktif dan memperpanjang umur simpan, sehingga akan meningkatkan pemasaran produk

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Oleoresin biji pala mengandung komponen myrisitin dan safrol yang bersifat halusinatif, sehingga perlu diadakan penelitian lanjut mengenai dosis pemakaian mikroenkapsulat oleoresin biji pala yang ditambahkan pada produk makanan atau minuman agar tidak memberikan efek negatif bagi yang mengkonsumsi.

G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Produk ekstrak oleoresin biji pala dan mikroenkapsulat oleoresin biji pala ini siap digunakan sebagai campuran bahan baku dalam pengolahan makanan ataupun minuman

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Amalina, Z. P. (2017). Aplikasi Teknologi Pengeringan Busa (Foam Mat Drying) dalam Pembuatan Tepung Pisang Matang. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
2. Anonim. 2014. Water Activity (aw) In Foods. Safefood 360, Inc.
3. Arif, A. Bin (2016) "Metode Accelerated Shelf Life Test (Aslt) dengan Pendekatan Arrhenius dalam Pendugaan Umur Simpan Sari Buah Nanas, Pepaya dan Cempedak," Informatika Pertanian, 25(2), hal. 189–198.
4. Asiah, N., Sembodo, R., & Prasetyaningum, A. (2012). Aplikasi Metode Foam-Mat Drying Pada Proses Pengeringan Spirulina. Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri, 1(1), 461–467. Retrieved from <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jtki>
5. Assagaf, M., Hastuti, P., Hidayat, C., & Yuliani, S. (2013). Karakter Oleoresin Pala (*Myristica Fragrans* Houtt) yang Dimikroenkapsulasi: Penentuan Rasio Whey Protein Concentrate (WPC):Maltodekstrin (MD). Agritech, 33(1), 16–23. <https://doi.org/10.22146/agritech.9562>
6. Aulia, Y. (2017). Pengaruh Variasi Konsentrasi Tween 80 dan Sorbitol terhadap Aktivitas Antioksidan Minyak Alpukat (Avocado oil) dalam Formulasi Nanoemulsi. Universitas Sumatra Utara. Medan. [SKRIPSI].
7. Badan Standardisasi Nasional. (1995). SNI 01-3709-1995 Rempah-Rempah Bubuk. Jakarta. 7 hal.
8. Badan Standardisasi Nasional. 1996. Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-4320-1996 Tentang Serbuk Minuman Tradisional. Badan Standardisasi Nasional.
9. Barbosa-Cánovas, G. V., Fontana Jr, A. J., Schmidt, S. J., & Labuza, T. P. (Eds.). (2007). Water activity in foods: fundamentals and applications. John Wiley & Sons.
10. Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). Food Chemistry. In Encyclopedia of Microbiology. Diakses dari https://www.academia.edu/23725260/Food_Chemistry_4th_Edition_by_Belitz_W._Grosch_P._Schieberle_1
11. Ciptasari, R. (2018). Sifat Fisik, Sifat Organoleptik, dan Aktivitas Antioksidan Susu Bubuk Kedelai Hitam Berdasarkan Konsentrasi Tween 80 (Muhammadiyah Semarang). [SKRIPSI]. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
12. Desmawarni. 2007. Pengaruh Komposisi Bahan Penyalut Dan Kondisi Spray Drying Terhadap Karakteristik Mikrokapsul Oleoresin Jahe. Institut Pertanian Bogor. [Skripsi].
13. Fasikhatun, T. (2010). Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin dan Gum Arab Terhadap Karakteristik

Mikroenkapsulat Minyak Sawit Merah dengan Metode Spray Drying. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. Retrieved from <https://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/59956/1/F10tfa.pdf>

14. Febriyanti, I., & Astuti, S. (2014). Sifat Fisik Instan Temulawak (*Curcuma Xanthorrhiza* Roxb.) dengan Berbagai Rasio Penambahan Gum Arab dan Maltodekstrin dari Ekstrak Hasil Maserasi. *AgriSains*, 5(1), 42–57.
15. Ginting, B., Mustanir, Helwati, H., Desiyana, L. S., Eralisa, & Mujahid, R. (2017). Antioxidant Activity of N-Hexane Extract of Nutmeg Plants From South Aceh Province. *Jurnal Natural*, 17(1), 39. <https://doi.org/10.24815/jn.v17i1.6969>
16. Goula, A. M., & Adamopoulos, K. G. (2008). Effect of Maltodextrin Addition During Spray Drying of Tomato Pulp in Dehumidified Air: II. Powder Properties. *Drying Technology*, 26, 726–737. Diakses dari <https://doi.org/10.1080/07373930802046377>
17. Hardman, T.M. 1989. *Water and Food Quality*. Elsevier Science Publiser LTD. USA. P 145-152.
18. Harimurti, N., Nhestricia, N., Yuliani, S. S., & Yuliani, S. (2007). Pengaruh Konsentrasi Oleoresin dan Komposisi Bahan Penyalut Terhadap Karakteristik Mikroenkapsulasi Oleoresin Jahe (*Zingiber officinale*) dengan Metode Spray Drying. *Jurnal Pascapanen*, 4(2), 83–90. Retrieved from <http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jpasca/article/view/9994/8294>
19. Hartiati, A., & Mulyani, S. (2015). The Effect of Maltodextrin Concentration and Drying Temperature to Antioxidant Content of Sinom Beverage Powder. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 3, 231–234. Diakses dari <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.01.045>
20. Hasna, T., Anandhito, R. B. K., Khasanah, L. U., Utami, R., & Manuhara, G. J. (2018). Pengaruh Kombinasi Maltodekstrin dan Whey sebagai Bahan Penyalut pada Karakteristik Mikroenkapsul Oleoresin Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii*). *AgriTech*, 38(3), 259–264. <https://jurnal.ugm.ac.id/agritech/article/download/12725/23987>.
21. Hasrini, R.F., Fransiska R.Z., Dede R.A., dan Irma H.S. (2017). Mikroenkapsulasi Minyak Sawit Mentah dengan Penyalut Maltodesktrin dan Isolat Protein Kedelai. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. Vol.28(1):10-19.
22. Hassan, N. M., & Laily, A. N. (2014). Uji Kandungan Flavonoid dan Perbandingan Aktivitas Antioksidan Pada Ekstrak Etanol Simplisia Bunga Pepaya Gantung Saat Kuncup dan Mekar. *Jurnal Skrining Bioaktif*, 1(1), 1–15. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19762.40647>
23. Hayati, H. R., Dewi, A. K., Nugrahani, R. A., & Satibi, L. (2015). Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Kadar Air dan Waktu Melarutnya Santan Kelapa Bubuk (Coconut Milk Powder) Dalam Air. *Jurnal Teknologi*, 7(1), 55–60. Diakses dari DOI: 10.24853/jurtek.7.1.55-60
24. Hu, M., & Jacobsen, C. (Eds.). (2016). *Oxidative stability and shelf life of foods containing oils and fats*. Elsevier.
25. Jayanudin, J., Rochmadi, R., Renaldi, K., & Pangihutan, P. (2017). Pengaruh Bahan Penyalut Terhadap Efisiensi Enkapsulasi Oleoresin Jahe Merah. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 13(2). <https://doi.org/10.20961/alchemy.v13i2.5406>
26. Kailaku, S. I., Hidayat, Tatang., & Setiabudy. D. A. (2012). Pengaruh Kondisi Homogenisasi Terhadap Karakteristik Fisik dan Mutu Santan Selama Penyimpanan. *Jurnal Littri*. Vol 18 (1). 31-39. Diakses dari <http://dx.doi.org/10.21082/littri.v18n1.2012.31%20-%2039>
27. Kanakdande, D., Bhosale, R., & Singhal, R. S. (2007). Stability of cumin oleoresin microencapsulated in different combination of gum arabic, maltodextrin and modified starch. *Carbohydrate Polymers*, 67, 536–541. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.06.023>

28. Karadeniz, M., Serpil Sahin, Gulum Sumnu. 2018. Enhancement of Storage Stability of Wheat Germ Oil by Encapsulation. *Industrial Crops & Products* 114: 14-18. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.01.068>.
29. Kurniawan, H., Bintoro, N. dan WK, J. N. (2018) "Pendugaan Umur Simpan Gula Semut Dalam Kemasan Dengan Pendekatan Arrhenius," *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 6(1), hal. 93–99.
30. Mustafidah, C. dan Widjanarko, S. B. (2015) "Umur Simpan Minuman Serbuk Berserat dari Tepung Porang (*Amorphophallus oncophillus*) dan Karagenan Melalui Pendekatan Air Kritis," *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(2), hal. 650–660.
31. Nasrullah, F. (2010). Pengaruh Komposisi Bahan Pengkapsul Terhadap Kualitas Mikrokapsul Oleoresin Lada Hitam (*Piper nigrum* L.). Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
32. Novianti, M. M. (2008). Kualitas Mikrobiologis Granul Effervescent Whey Bubuk Yang Diperkaya Sinbiotik Dengan Penambahan Effervescent Mix Yang Berbeda Selama Penyimpanan. Skripsi Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor, 1–81.
33. Paramita, I. A. M. I., Mulyani, S., & Hartiati, A. (2015). Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin Dan Suhu Pengeringan Terhadap Karakteristik Bubuk Minuman Sinom. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 3(2), 58–68. Diakses dari <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jtip/article/view/18690>
34. Pomeranz, Y., dan Clifton E. M. 1994. *Food Analysis Theory and Practice 3rd Edition* (Book Review). Chapman & Hall. New York. DOI: 10.1007/978-1-4615-6998-5.
35. Pulungan, H. M., Sucipto dan Sarsiyani (2016) "Penentuan Umur Simpan Pia Apel dengan Metode ASLT (Studi Kasus di UMKM Permata Agro Mandiri Kota Batu)," *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 5(2), hal. 61–66.
36. Purnamayati, L., Dewi, E. N., & Kurniasih, R. A. (2016). Karakteristik Fisik Mikrokapsul Fikosianin Spirulina Pada Konsentrasi Bahan Penyalut Yang Berbeda. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.20961/jthp.v9i2.12844>
37. Purnomo, W., Khasanah, L. U., & Anandito, B. K. (2014). Pengaruh Ratio Kombinasi Maltodekstrin, Karagenan dan Whey Terhadap Karakteristik Mikroenkapsulan Pewarna Alami Daun Jati (*Tectona Grandis* L. F.). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 3(3), 121–129. Diakses dari <http://journal.ift.or.id/files/33121129>
38. Raghavan, U.S. 2007. *Handbook of Spices, Seasonings, and Flavorings*. 2nd Edition. CRC Press. Boca Raton, Florida.
39. Rahmanto, S. A., Parnanto, N. H. R. dan Nursiwi, A. (2014) "Pendugaan Umur Simpan Fruit Leather Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dengan Penambahan Gum Arab Menggunakan Metode Accelerated Shelf Life Test (ASLT) Model Arrhenius," *Jurnal Teknosains Pangan*, 3(3), hal. 35–43.
40. Ramadhani, Devi. 2016. Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin Dan Putih Telur Terhadap Karakteristik Minuman Serbuk Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus*). Skripsi Fakultas Teknik Prodi Teknologi Pangan Universitas Pasundan Bandung. <https://jurnal.ugm.ac.id/agritech/article/download/12725/23987>.
41. Ramadhia, M., Sri K., dan Imam S. (2012). Pembuatan Tepung Lidah Buaya (*Aloe vera* L.) dengan Metode Foam-Mat Drying. *Jurnal Teknologi Pertanian*. Vol.13(2):125-137.
42. Rasyid, H.A. (2010). Pemanfaatan Asap Cair Tempurung Kelapa sebagai Bahan Pengawet Ikan Teri Nasi (*Stelephorus commersonii*, Lac.) Segar untuk Tujuan Transportasi. Institut Pertanian

Bogor. Bogor. [SKRIPSI].

43. Ratnawati, S.E., N Ekantari, R.W. Pradipta, dan B.L. Pramita. (2018). Aplikasi Response Surface Methodology (RSM) pada Optimalisasi Ekstraksi Kalsium Tulang Lele. *Jurnal Perikanan Universitas Gajah Mada* volume 20 no 1.
44. Riswandha, D. (2018). Pengaruh Penggunaan Maltodekstrin Terhadap Karakteristik Fisikokimia Mikroenkapsulasi Ekstrak Daun Dandang Gendis (*Clinacanthus nutans*) dengan Metode Freeze Drying. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian Unika Soegijapranata Semarang.
45. Robertson, G. L. (Ed.). (2009). *Food packaging and shelf life: a practical guide*. CRC Press.
46. Rustad, T. and Nesse, N. 1983. Heat Treatment and Drying of Capelin Mince, Effect of Water Binding and Soluble Protein. *Journal Food Science* 48, 1320-2, 1347
47. Samani, S. A., & Naji, M. H. (2019). Effect of Homogenizer Pressure and Temperature on Physicochemical, Oxidative Stability, Viscosity, Droplet Size, and Sensory Properties of Sesame Vegetable Cream. *Food Science and Nutrition*, 1–8. Diakses dari <https://doi.org/10.1002/fsn3.680>
48. Sarabandi, K ; Mahoonak, A. S. ; Hamishekar, H. ; Ghorbandi, M. ; Jafari, S. M. (2018) Microencapsulation of Casein Hydrolysates : Physicochemical, Antioxidant, and Microstructure Properties. *University of Medical Sciences Tabriz. Iran*.
49. Setyowati, E., Agustina, W., & Damayanti, D. R. 2014. Pengaruh Metode Ekstraksi Terhadap Aktivitas Antioksidan Kulit Buah Durian (*Durio zibethinus* Murr) Varietas Petruk. *Seminar Nasional Pendidikan Sains IV 2014. Universitas Sebelas Maret Surakarta*.
50. Sheu, T. Y., & Rosenberg, M. (1998). Microstructure of Microcapsules Consisting of Whey Proteins and Carbohydrates. *Journal of Food Science*, 63(3), 491–494. Diakses dari <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1998.tb15770.x>
51. Sulastri, T. (2018). Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin terhadap Kadar Likopen dan Mutu Organoleptik Serbuk Tomat Instan. *Universitas Mataram. Mataram. [SKRIPSI]*.
52. Susanti, Y. I., & Putri, W. D. R. (2012). Pembuatan Minuman Serbuk Markisa Merah (*Passiflora Edulis* F . *Edulis*), Kajian Konsentrasi Tween 80 dan Suhu Pengeringan. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri* Vol., 2(3), 170–179. <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/download/65/82>
53. Tanjung, Yenni Puspita. (2013). Formulasi, Evaluasi, Serta Uji Sitotoksik Terhadap Sel Kanker MCF-7 dari Sistem Nanopartikel Polimerik Polyvinyl Pyrrolidone Dengan Zat Aktif Kurkumin. *IJAS* Vol 3 Nomor 3. Desember 2013. Diakses dari <http://jurnal.unpad.ac.id/ijas/article/download/15055/7124>
54. Teunou, E. dan Fitzpatrick, J. J. (1999) "Effect of Relative Humidity and Temperature on Food Powder Flowability," *Journal of Food Engineering*, 42(2), hal. 109–116.
55. Ulfindrayani, I. F., & A'yuni, Q. (2018). Penentuan Kadar Asam Lemak Bebas Dan Kadar Air Pada Minyak Goreng Yang Digunakan Oleh Pedagang Gorengan Di Jalan Manyar Sabrangan, Mulyorejo, Surabaya. *Journal of Pharmacy and Science*, 3(2), 17–22. Diakses dari <https://pdfs.semanticscholar.org/0c13/02d85e702a029ef24bb9d1e685ec5bd3f9da.pdf>
56. Utami, N. M., Sirajuddin, S. dan Najamuddin, U. (2014) "Penentuan Masa Kadaluarsa Produk Bubur Bekatul Instan Dengan Metode Accelerated Shelf Life Test," *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 10(3), hal. 174–179.
57. Yudha, K. B. (2008). Optimasi Formula Mikroenkapsulat Minyak Sawit Merah menggunakan Pektin, Gelatin, dan Maltodekstrin melalui Proses Thin Layer Drying. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. Retrieved from <https://docplayer.info/49633065-Skripsi-optimasi-formula-mikroenkapsulat-minyak-sawit-merah-menggunakan-pektin-gelatin-dan->

maltodekstrin-melalui-proses-thin-layer-drying.html

58. Yulianti, N. P. (2010). Pengaruh Nisbah Bahan Baku - Pelarut dan Suhu Ekstraksi Terhadap Kandungan Xanthorrhizol dalam Oleoresin Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* ROXB). Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
59. Yuliawaty, S. T., & Susanto, W. H. (2015). Pengaruh Lama Pengeringan dan Konsentrasi Maltodekstrin terhadap Karakteristik Fisik Kimia dan Organoleptik Minuman Instan Daun Mengkudu (*Morinda citrifolia* L). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(1), 41–51. Diakses dari <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/108>