

# OPTIMASI SUHU, WAKTU, DAN RASIO BAHAN PADA *ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION BUTTER BIJI PALA (Myristica fragrans)*

*(Optimization of Temperature, Time, and Redundancy Ratio on Ultrasound-Assisted Extraction of Nutmeg (Myristica fragrans))*

Victoria Kristina Ananingsih<sup>a\*</sup>, Veryka Budianto<sup>a</sup>, Bernadeta Soedarini<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katholik Soegijapranata Semarang 50234, Indonesia

\*Penulis korespondensi  
Email: [kristina@unika.ac.id](mailto:kristina@unika.ac.id)

---

## ABSTRACT

*Nutmeg (Myristica fragrans) seeds are spices from Indonesia which have a distinctive aroma because they contain hydrocarbons such as myristicin. Myristicin has properties that are easily damaged when exposed to heat. This causes the extraction of nutmeg seeds will not be optimal if it is done with conventional extraction. So, we need a new extraction method to maintain the quality of nutmeg butter. The purpose of this study is to determine the effect of time, temperature, and redundancy ratio on the ultrasonic extraction of nutmeg seeds. This study also aims to determine the optimal process conditions in the ultrasonic extraction of nutmeg butter based on extraction efficiency, saponification numbers, acid numbers, and ester numbers on the results of nutmeg butter extraction. Nutmeg seed extraction was carried out with comparative parameters namely temperature (40°C, 45°C, and 50°C), time (30, 37.5, and 45 minutes) and ratio of samples and n-Hexane solvents (21: 100, 28: 100, 35: 100). After extraction is complete the solvent is filtered and separated with a rotary evaporator. Quality analysis includes analysis of total yield, analysis of acid numbers, analysis of saponification numbers, and esterification values. The results of the study were processed using the respond surface method and showed that there was an influence of time and the ratio of the yield of percent yield. The highest yield was obtained by the center treatment (45°C, 37.5 minutes and ratio of samples and solvent is 28:100). Temperature difference affects the results of saponification numbers and ester numbers which shows the minimum value at the treatment center. While the acid number is not affected by differences in variable.*

*Keywords: Nutmeg seed, Butter, RSM, Ultrasound assisted extraction*

## ABSTRAK

Biji Pala (*Myristica fragrans*) adalah rempah-rempah asal Indonesia yang memiliki aroma yang khas karena memiliki kandungan hidrokarbon seperti myristicin. Myristicin memiliki sifat yang mudah rusak bila terpapar panas. Hal ini menyebabkan ekstraksi biji pala tidak akan optimal bila dilakukan dengan ekstraksi konvensional. Sehingga diperlukan metode ekstraksi baru untuk menjaga kualitas butter biji pala yang dihasilkan. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu, suhu, dan rasio pada ekstraksi ultrasonik biji pala. Penelitian ini juga untuk mengetahui kondisi proses yang optimal pada ekstraksi ultrasonik butter biji pala berdasarkan efisiensi ekstraksi, bilangan penyabunan, bilangan asam, dan bilangan ester terhadap hasil ekstraksi butter biji pala. Ekstraksi biji pala dilakukan dengan parameter perbandingan yaitu suhu (40°C, 45°C, dan 50°C), waktu (30; 37,5; dan 45 menit) dan ratio perbandingan sampel dan pelarut n-Hexane (21:100, 28:100, 35:100). Setelah ekstraksi selesai maka akan dilakukan penyaringan dan dilakukan pemisahan pelarut n-Hexane dengan alat rotary evaporator. Analisa kualitas meliputi analisa total rendemen, analisa bilangan asam, analisa bilangan penyabunan, dan nilai esterifikasi. Hasil dari penelitian diolah dengan metode respond surface dan menunjukkan bahwa terdapat pengaruh

waktu dan rasio dari hasil persen rendemen. Hasil persen rendemen tertinggi diperoleh dengan perlakuan center yaitu suhu 45°C, waktu 37,5 menit dan ratio perbandingan sampel dan pelarut n-Hexane sebesar 28:100. Perbedaan suhu mempengaruhi hasil bilangan penyabunan dan bilangan ester dari lemak pala yang menunjukkan nilai minimum pada perlakuan center. Sedangkan bilangan asam tidak dipengaruhi oleh perbedaan suhu, waktu, maupun rasio perbandingan.

Kata kunci: Biji Pala, *Butter*, RSM, *Ultrasound assisted extraction*

## PENDAHULUAN

Indonesia menyumbang rempah-rempah sebesar 21,06% ke pasar dunia pada tahun 2013 dan 31,43% dari total nilai ekspor ke pasar dunia diekspor ke wilayah ASEAN (Hermawan 2015). Salah satu rempah-rempah yang dihasilkan oleh Indonesia adalah biji pala (*Myristica fragrans*). Biji pala biasa digunakan sebagai bumbu masak, membuat minuman, dan dapat digunakan sebagai obat tradisional (Drazat, 2007). Senyawa fenolik pada biji pala segar bersifat tidak stabil sehingga membutuhkan proses ekstraksi sehingga komponen aktif dalam biji pala dapat tertarik keluar (Yuliani & Satuhu, 2012). Salah satu komponen aktif dalam biji pala adalah myristicin sebesar 0,5-13,5% (NIIR, 2013).

Butter pala berupa cairan semi padat yang aromatik (bau dan rasa khas pala), berwarna kuning-range, yang berbentuk padat pada suhu ruang dan mencair pada suhu 45-51°C, memiliki berat jenis 0,990–0,995. Komponen utama dari butter pala adalah trimyristin (73,09%) dan minyak atsiri (12,5%) (Nurdjannah *et al.*, 2007). Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengekstrak butter biji pala adalah solvent extraction, steam distillation, high hydrostatic pressure extraction, pulse electric field process, dan high pressure process. Metode ekstraksi tersebut memiliki kelemahan yaitu membutuhkan waktu yang lama dan suhu tinggi sehingga hasil yang didapat tidak optimal (Sofyana, *et al.*, 2013). Selain itu, suhu tinggi juga dapat merusak produk sehingga diperlukan metode yang dapat mengoptimalkan hasil produk. Ultrasound-assisted extraction (UAE) adalah metode ekstraksi menggunakan gelombang ultrasonik yang memiliki sifat non-destructive dan non-invasive sehingga dapat menjaga

kualitas dari produk (Adhiksana 2017). UAE memiliki prinsip akustik kavitasasi yang dapat merusak dinding sel tanaman sehingga dapat membuat senyawa bioaktif lepas ke lingkungan (Medina-torres *et al.*, 2017). Ultrasound-assisted extraction (UAE) memiliki kelebihan yaitu metode yang paling murah, peralatan yang sederhana, dapat meningkatkan hasil ekstraksi, dan memiliki durasi waktu ekstraksi yang singkat (Pineiro *et al.*, 2013). Ekstraksi menggunakan ultrasound memiliki berbagai faktor pendukung, diantaranya adalah suhu, waktu dan rasio. Suhu yang semakin tinggi akan menyebabkan proses ekstraksi tidak berjalan dengan efisien sedangkan waktu yang terlalu lama akan menyebabkan degradasi komponen serta rasio yang tidak seimbang antara padatan dan solvent akan membuat butter pala tidak terekstraksi secara sempurna (Capelo-Martine, 2009). Belum adanya penelitian tentang pengaruh dari waktu, suhu dan rasio dari hasil ekstraksi butter biji pala menggunakan pelarut n-heksane membuat penelitian ini menjadi penting. Hal ini dikarenakan dengan mengetahui titik optimum dapat mempermudah proses ekstraksi menggunakan ultrasound. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh waktu, suhu, dan rasio pada ekstraksi ultrasonik biji pala. Penelitian ini juga untuk mengetahui kondisi proses yang optimal pada ekstraksi ultrasonik butter biji pala berdasarkan efisiensi ekstraksi, bilangan penyabunan, bilangan asam, dan bilangan ester terhadap hasil ekstraksi butter biji pala.

## BAHAN DAN METODE

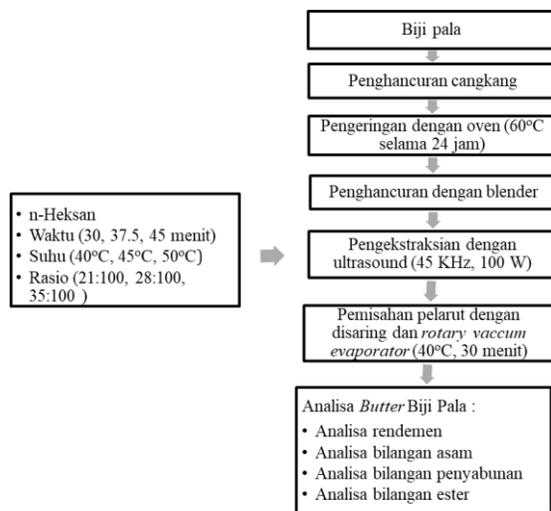
### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji pala, n-Heksan,

larutan KOH, larutan HCl, indikator fenolftalein, ethanol 95% dan aquades.

### Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah blender, erlenmeyer, ultrasonic cleaner UC-10SD, penyaring vakum, rotary evaporator, kertas saring Whatman no 1, corong, beaker glass, labu didih, reflux, buret, hot plate, stirrer, pipet volume, pompa pilleus, dan timbangan analitik



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### Metode Ekstraksi Butter Biji Pala

Biji pala dikeringkan dalam oven binder dengan suhu 50°C selama 24 jam. Biji pala kering kemudian dihaluskan dengan blender. Setelah itu, sampel dilarutkan dengan pelarut n-Heksana dengan perbandingan padatan dan pelarut sebesar 21:100, 28:100, dan 35:100 di dalam erlenmeyer. Kemudian dilakukan ekstraksi dengan cara erlenmeyer berisi sampel direndam dalam bak air ultrasonic cleaner UC-10SD. Erlenmeyer diletakkan didalam bak air ultrasonic selama 30, 37,5 , dan 45 menit dengan suhu 40°C, 45°C, dan 50°C serta dengan frekuensi 45 kHz. Setelah itu, sampel diambil dan disaring dengan kertas saring whatman no 1. Filtrat yang didapatkan kemudian dilakukan pemisahan dari pelarut dengan alat rotary

evaporator (modifikasi Trendafilova *et al.*, 2010).

### Analisa rendemen (Sani *et al.*, 2014)

Hasil ekstraksi butter biji pala ditimbang dan dihitung persen rendemennya dengan rumus :

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{berat ekstrak yang dihasilkan (gr)}}{\text{berat awal (gr)}} \times 100\%$$

### Analisa Bilangan Asam (modifikasi Lempang *et al.*, 2016)

Bilangan asam ditentukan dengan cara butter biji pala ditimbang sebanyak 1,5gram kemudian ditambahkan alkohol 95% sebanyak 50 ml. kemudian sampel dipanaskan diatas penangas air selama 15 menit sambil diaduk. Setelah itu sampel dititrasi dengan KOH 0,1N dan diberi 3-5 tetes indikator PP. Titrasi dilakukan sampai larutan berubah warna menjadi merah jambu.

$$\text{Bilangan asam} = \frac{VxNx 56,1}{\text{massa bahan}}$$

Keterangan :

V = Jumlah mL KOH untuk titrasi

N = Normalitas KOH

56,1 = Bobot molekul KOH

### Analisa Bilangan Penyabunan (modifikasi SNI 01-3555-1998)

Bilangan penyabunan dilakukan dengan cara sampel sebanyak 1,5 gram dilarutkan dalam 50 ml KOH alkohol 0,5 yang kemudian direflux. Setelah selesai sampel dititrasi dengan HCl 0,5 N dan ditambahkan indikator PP sebanyak 1-3 tetes.

$$\text{Bilangan penyabunan} = \frac{(V0 - V1)xNx 56,1}{\text{gr sample}}$$

Keterangan :

Vo = Volume HCl blanko (mL)

V1 = Volume HCl sample (mL)

N = Normalitas HCl

### **Analisa Bilangan Ester (Chasani *et al.*, 2014)**

Nilai bilangan ester didapatkan dari selisih dari bilangan penyabunan dan bilangan asam

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Rendemen**

Biji pala memiliki nilai komersial yang tinggi jika diubah menjadi butter biji pala (Nurdjannah *et al.*, 2007). Minyak esensial pala memiliki warna kuning pucat biasa disebut *myristica* dengan kandungan sebesar 6,5%-16%. Komposisi dari minyak esensial tersebut adalah sabinene (15-50%),  $\alpha$ -pinene (10-22%) dan  $\beta$ -pinene (7-18%), myrcene (0,7-3%), 1,8-cineole (1,5-3,5%), myristicin (0,5-13,5%), limonene (2,7-4,1%), safrole (0,1-3,2%), dan terpinen (0-11%). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa pala yang diekstrak menggunakan pelarut n-heksane memiliki karakteristik berwarna kuning pucat, berbentuk padat dan memiliki aroma khas pala. Hal ini sesuai teori Krishnamoorthy & Rema (2001) bahwa biji pala yang diekstrak dengan pelarut hidrokarbon akan menghasilkan kandungan fatty oil yang lebih tinggi sehingga berbentuk semi padat atau padat.

Hasil ekstraksi pala dengan pelarut n-heksana memiliki bentuk padat dan disebut dengan butter biji pala (nutmeg butter). Hal ini karena sifatnya yang seperti butter. Butter biji pala memiliki karakteristik yang semi solid, berwarna kekuningan sampai kecoklatan tergantung dari bahan awal, memiliki aroma dan rasa seperti pala, serta memiliki titik didih rendah sekitar 45-51 oC, serta specific gravity sebesar 0,990. Butter biji pala tetap memiliki senyawa volatil karena memiliki kandungan minyak esensial sebesar 10-12%. Hal ini dikarenakan terdapatnya kandungan trimyristin yang merupakan trigliserida yang terdapat di butter biji pala. Butter biji pala biasanya digunakan untuk membuat lilin, campuran pada sabun, dental product dan terkadang untuk substitusi pada cocoa butter

(Krishnamoorthy & Rema, 2001; Leela, 2008; Jose *et al.*, 2016).

Penelitian kali ini dilakukan dengan ekstraksi menggunakan ultrasound waterbath yang memiliki keuntungan penggunaan yang mudah dan ekonomis. Ultrasound waterbath memiliki cara kerja dengan mengubah energi listrik menjadi getaran mekanis oleh transduser piezoelektrik. Kemudian sistem tuning akan mengirimkan gelombang ultrasonik yang dihasilkan oleh getaran mekanis ke media. Ultrasound waterbath juga memiliki sounder ultrasonik yang akan memberikan sinyal excitation yang sesuai dengan frekuensi yang dipilih (Wen *et al.*, 2018). Menurut Capelo-Martine (2009), terdapat beberapa hal yang mempengaruhi hasil ekstraksi, diantaranya adalah jumlah sampel, ukuran partikel sampel, pelarut, sonic power, frekuensi, waktu ekstraksi, dan suhu ekstraksi. Suhu yang dipilih adalah 40, 45 dan 50°C dengan pertimbangan titik didih n-heksana yang rendah, dengan waktu 30, 37.5 dan 40 menit serta rasio 21, 28 dan 35 gram sesuai dengan critical value hasil pendahuluan. Penelitian dilakukan menggunakan pelarut n-heksana. Pelarut n-heksana merupakan pelarut non polar, serta mudah menguap sehingga memudahkan pemisahan dengan hasil ekstrak (Azis *et al.*, 2014).

Rancangan percobaan dan analisa data menggunakan metode RSM. Anderson & Whitcomb (2016) mengatakan bahwa RSM akan menghasilkan grafik yang didasarkan pada model matematika. Response Surface Methodology (RSM) dapat pula digunakan untuk mengevaluasi signifikansi dari beberapa faktor yang memiliki interaksi kompleks. RSM dapat mengecilkan jumlah percobaan sehingga merupakan metode yang kuat dalam menguji variabel proses ganda (Bai *et al.*, 2014). Metode response surface yang paling terkenal adalah Composite Central Design (CCD). CCD dapat memungkinkan untuk membuat model statistik dan representasi dalam bentuk grafis serta *respond surface*.

Tabel 1. Hasil Ekstraksi dan Analisa

No	Suhu	Waktu	Rasio	Rendemen (gram)	% rendemen	Angka Penyabunan	Bilangan Asam	Bilangan Ester
1	40,0	30,0	21,0	4,215±0,01	20,075±0,04	144,925±6,61	16,269±2,38	128,656±8,99
2	40,0	30,0	35,0	7,21±1,00	20,6±2,87	143,99±15,9	14,96±1,59	129,03±14,28
3	40,0	45,0	21,0	4,335±0,02	20,64±0,1	151,47±2,64	16,082±1,59	135,388±4,23
4	40,0	45,0	35,0	7,95±0,66	22,715±1,9	162,69±2,64	16,082±1,59	146,608±1,06
5	50,0	30,0	21,0	4,215±0,02	20,07±0,1	163,625±14,5	17,952±2,64	145,673±11,09
6	50,0	30,0	35,0	8,025±0,16	22,93±0,47	141,185±25,1	16,456±0,00	124,729±25,12
7	50,0	45,0	21,0	4,225±0,04	20,12±0,17	152,405±17,2	16,269±0,79	136,136±16,40
8	50,0	45,0	35,0	8,125±0,28	23,215±0,78	162,69±10,6	16,456±0,53	146,234±11,11
9	36,6	37,5	28,0	6,235±0,3	22,27±1,09	180,455±17,2	17,391±0,79	163,064±16,40
10	53,4	37,5	28,0	6,84±0,76	24,43±2,73	173,91±13,2	16,082±1,59	157,828±11,64
11	45,0	24,9	28,0	6,18±0,45	22,07±1,61	167,365±3,97	16,269±0,79	151,096±4,76
12	45,0	50,1	28,0	6,21±0,38	22,175±1,36	154,275±1,32	17,765±0,26	136,51±1,59
13	45,0	37,5	16,2	3,225±0,02	19,875±0,13	147,73±2,64	16,643±0,79	131,087±1,85
14	45,0	37,5	39,8	7,74±0,92	19,46±2,31	159,885±1,32	17,391±1,32	142,494±2,64
15 (C)	45,0	37,5	28,0	6,68±0,28	23,855±1,01	143,055±9,26	18,326±0,53	124,729±8,73
16 (C)	45,0	37,5	28,0	6,66±0,27	23,785±0,95	127,16±13,2	17,578±3,17	109,582±16,40
17 (C)	45,0	37,5	28,0	6,64±0,07	23,715±0,25	141,185±6,61	17,952±1,59	123,233±8,20

Keterangan :  
C : titik center

Tabel 2. Tingkat signifikan ANOVA model kuadrat polinomial

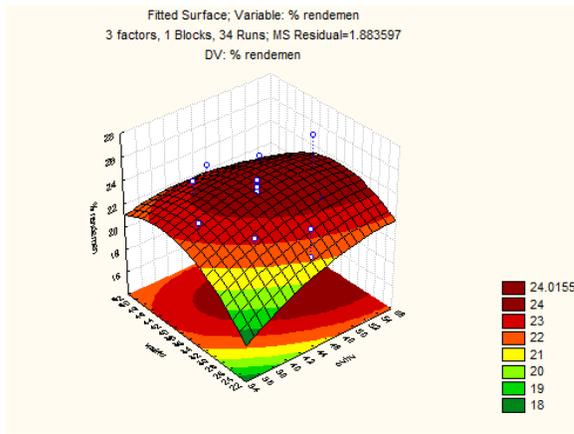
Faktor	Nilai p			
	Rendemen	Angka Penyabunan	Bilangan Asam	Bilangan Ester
Suhu (L)	0,110762	0,871552	0,691268	0,903570
Suhu (Q)	0,454746	0,000598*	0,086804	0,000304*
Waktu (L)	0,381220	0,707775	0,648309	0,739986
Waktu (Q)	0,033451*	0,064816	0,156134	0,043546*
Rasio (L)	0,038399*	0,606959	0,725450	0,574204
Rasio (Q)	0,000021*	0,294419	0,156134	0,222756
Suhu*Waktu	0,399919	0,588346	0,380370	0,649044
Suhu*Rasio	0,233827	0,418664	1,000000	0,410333
Waktu*Rasio	0,522611	0,112838	0,317277	0,130873
R <sup>2</sup>	0,62659	0,46023	0,22822	0,48391

\*signifikan

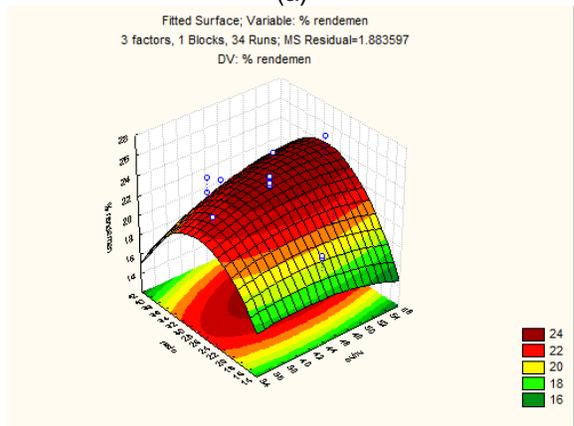
Tabel 3. Nilai Koefisien Regresi model kuadrat polinomial

Faktor	Nilai Koefisien Regresi			
	Rendemen	Angka Penyabunan	Bilangan Asam	Bilangan Ester
Mean	-35,7046	1157,698*	-53,6556	1211,353*
Suhu (L)	0,8364	-36,633*	2,3327	-38,966*
Suhu (Q)	-0,0088	0,454*	-0,0220	0,476*
Waktu (L)	1,1348	-8,026	0,8127	-8,838
Waktu (Q)	-0,0116*	0,099	-0,0080	0,107*
Rasio (L)	1,1228	-3,724	0,2348	-3,959
Rasio (Q)	-0,0310*	0,063	-0,0092	0,072
Suhu*Waktu	-0,0078	-0,050	-0,0087	-0,041
Suhu*Rasio	0,0120	-0,080	0,0000	-0,080
Waktu*Rasio	0,0042	0,107	0,0071	0,100
R <sup>2</sup>	0,62659	0,46023	0,22822	0,48391

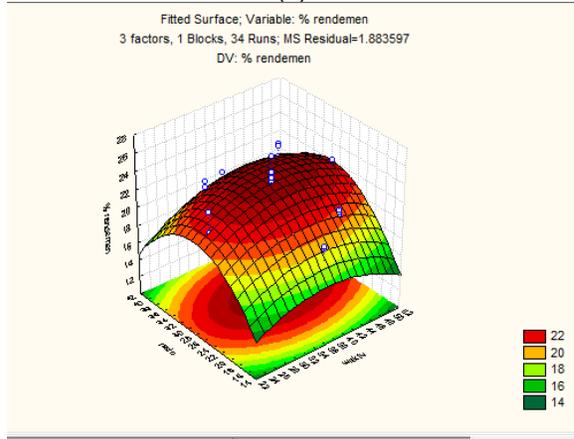
\*signifikan



(a)

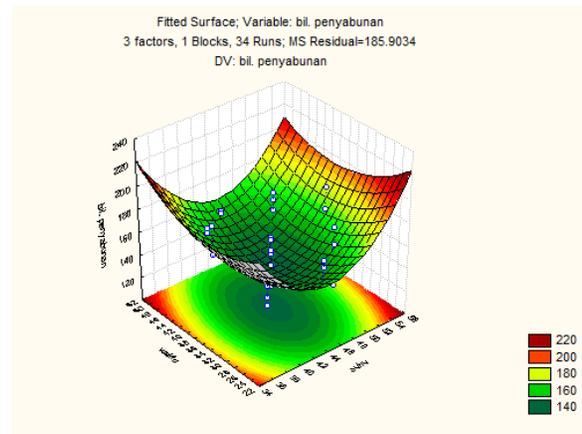


(b)

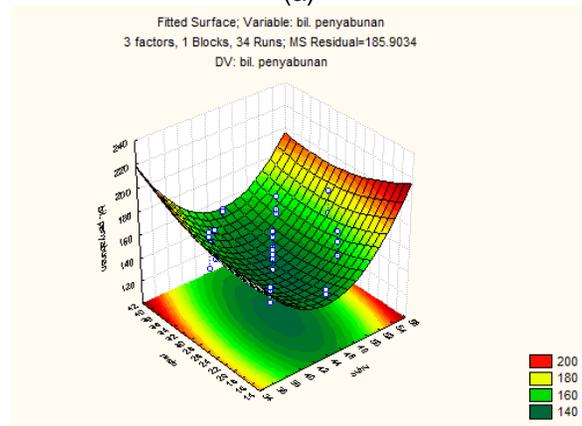


(c)

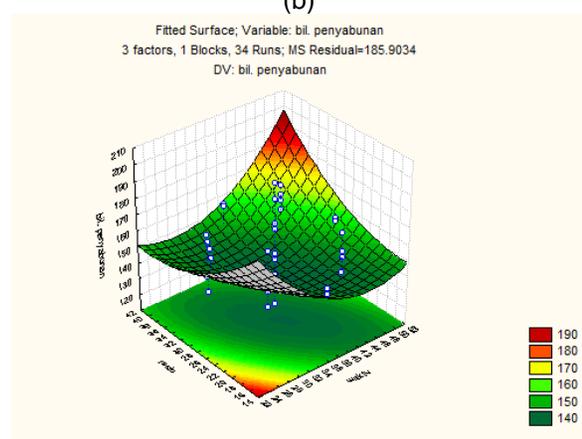
Gambar 2. Grafik *Fitted Surface* Rendemen (a) Pengaruh Suhu dan Waktu Terhadap Persen Rendemen (b) Pengaruh Suhu dan Rasio Terhadap Persen Rendemen (c) Pengaruh Waktu dan Rasio Terhadap Persen Rendemen



(a)

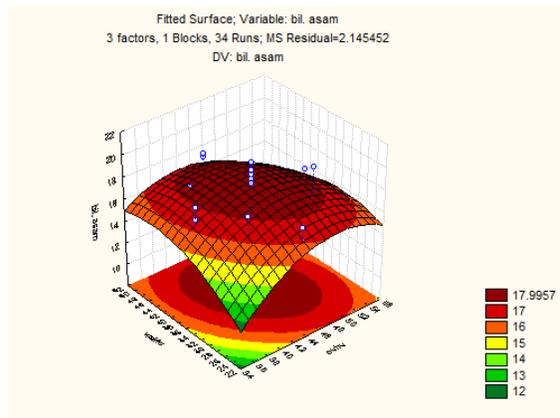


(b)

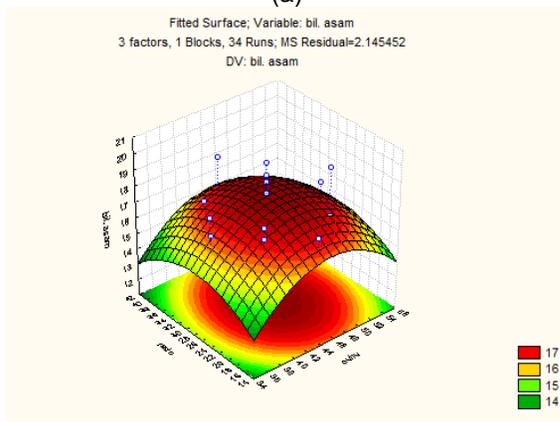


(c)

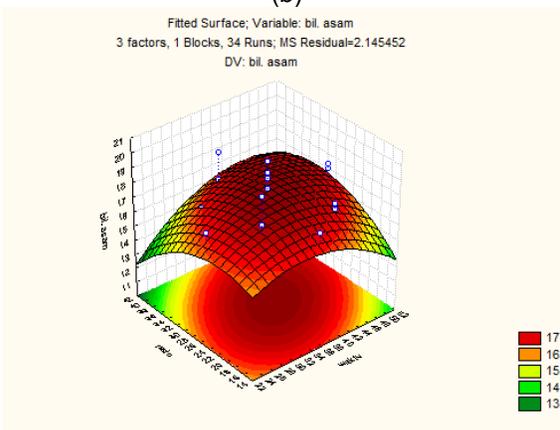
Gambar 3. Grafik *Fitted Surface* Bilangan Penyabunan (a) Pengaruh Suhu dan Waktu Terhadap Bilangan Penyabunan (b) Pengaruh Suhu dan Rasio Terhadap Bilangan Penyabunan (c) Pengaruh Waktu dan Rasio Terhadap Bilangan Penyabunan



(a)

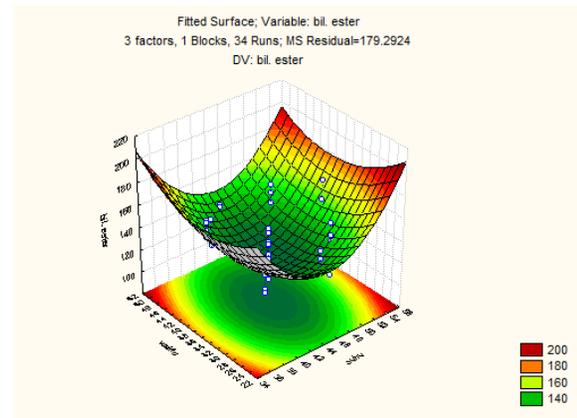


(b)

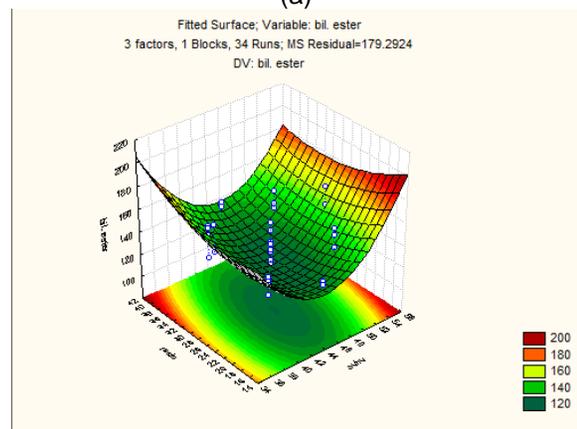


(c)

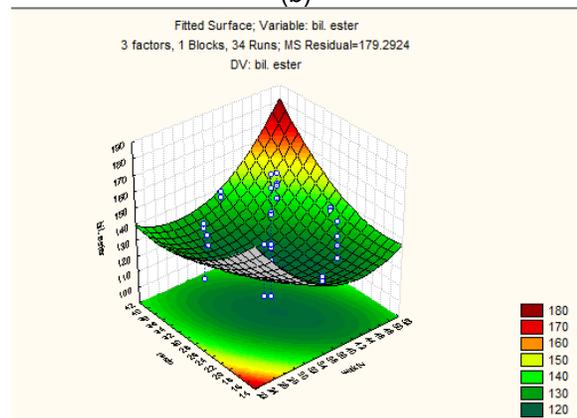
Gambar 4. Grafik *Fitted Surface* Bilangan Asam  
 (a) Pengaruh Suhu dan Waktu Terhadap Bilangan Asam  
 (b) Pengaruh Suhu dan Rasio Terhadap Bilangan Asam  
 (c) Pengaruh Waktu dan Rasio Terhadap Bilangan Asam



(a)



(b)



(b)

Gambar 5. Grafik *Fitted Surface* Bilangan Ester  
 (a) Pengaruh Suhu dan Waktu Terhadap Bilangan Ester  
 (b) Pengaruh Suhu dan Rasio Terhadap Bilangan Ester  
 (c) Pengaruh Waktu dan Rasio Terhadap Bilangan Ester

Metode ini berguna untuk memprediksi nilai optimal dari respon serta memberikan informasi interaksi antar variabel independen

dan kaitannya dengan variabel dependen (Yousefi *et al.*, 2016). Rancangan percobaan dan hasil penelitian sebelum diolah dengan software RSM dapat dilihat pada Tabel 1.

Analisa varietas (anova) akan menunjukkan persamaan dan hubungan sebenarnya antara respon dan variabel signifikan yang akan diwakili oleh sebuah persamaan. Signifikansi dari koefisien ditentukan oleh nilai F dan p. Nilai F semakin besar dan semakin kecil nilai p maka akan semakin signifikan. Jika nilai p lebih rendah dari 0,05 maka dapat dikatakan model signifikan secara statistik (Bai *et al.*, 2014). Berdasarkan Tabel 2., hasil anova persen rendemen menunjukkan bahwa waktu (Q), rasio (L), dan rasio (Q) memiliki nilai p value lebih rendah dari 0,05 sehingga dinyatakan signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa waktu dan rasio sangat berpengaruh untuk mendapatkan % rendemen yang optimal pada biji pala menggunakan pelarut n-heksana. Hal ini telah sesuai teori, karena waktu mempengaruhi hasil rendemen, dikarenakan semakin lama waktu ekstraksi maka rendemen yang dihasilkan akan semakin banyak. Efektivitasnya akan naik sampai titik equilibrium, tetapi semakin lama waktu ekstraksi dapat terjadi degradasi komponen, selain itu komponen yang tidak diinginkan juga dapat ikut terekstrak (Wen *et al.*, 2018; Capelo-Martine, 2009). Perbandingan rasio antara padatan dan pelarut juga dapat mempengaruhi hasil rendemen. Semakin sedikit rasio padatan menandakan semakin banyaknya pelarut. Hal ini akan membuat hasil ekstraksi akan semakin banyak karena terdapatnya kenaikan laju difusi senyawa dari padatan ke pelarut (Esclapez *et al.*, 2011; Predescu *et al.*, 2016).

Berdasarkan Gambar 2., grafik fitted surface dari pengaruh waktu dan rasio terhadap persen rendemen memiliki bentuk grafik maksimum, dimana menandakan bahwa titik maksimum berada di wilayah penelitian. Hal ini juga menandakan bahwa waktu dan rasio mempengaruhi hasil dari persen rendemen. Grafik fitted surface

persen rendemen pengaruh suhu dan waktu terhadap persen rendemen serta grafik fitted surface persen rendemen pengaruh suhu dan rasio terhadap persen rendemen menunjukkan bentuk plateau yang berarti perlakuan suhu tidak memiliki pengaruh terhadap hasil rendemen (Bezerra *et al.*, 2008). Hal ini tidak sesuai teori, menurut Capelo-Martine (2009) suhu ekstraksi mempengaruhi hasil ekstraksi, hal ini dikarenakan semakin naiknya suhu, maka akan menaikkan efisiensi dari ekstraksi karena akan menaikkan jumlah gelembung kavitasi tetapi bila suhu mendekati titik didih maka akan menurunkan hasil ekstraksi. Penelitian kali ini tidak menggunakan temperature yang lebih tinggi lagi karena pelarut yang digunakan adalah pelarut n-heksana. Menurut Azis *et al.* (2014) pelarut n-heksana memiliki titik didih rendah yaitu antara 65-70 °C sehingga suhu yang digunakan tidak dapat terlalu tinggi karena n-heksana mudah menguap dan akan menghilangkan senyawa volatile yang terkandung dalam pala.

Regresi digunakan untuk memprediksi respon untuk kombinasidari parameter proses pada level terbaik mereka (Antony, 2003). Regresi juga akan member penjelasan tentang hubungan antara variabel independent dan respon (Bai, 2014). Persamaan untuk regresi 3 tingkat adalah:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 B + \beta_3 C + \beta_{12} AB + \beta_{13} AC + \beta_{23} BC + \beta_{11} A^2 + \beta_{22} B^2 + \beta_{33} C^2$$

Y akan memprediksi respon,  $\beta_0$  merupakan model konstan,  $\beta_1$  sampai  $\beta_3$  merupakan koefisien linear,  $\beta_{11}$  sampai  $\beta_{33}$  merupakan koefisien kuadratik,  $\beta_{12}$  sampai  $\beta_{23}$  merupakan koefisien *cross product*. Sementara huruf A, B, dan C melambangkan variabel independen (suhu, waktu, dan rasio) yang dapat diganti dengan huruf X (Said, & Amin, 2015). Sehingga berdasarkan Tabel 3., prediksi persamaan dari persen rendemen adalah

$$Y = -35,7046 + 0,8364X_1 + 1,1348X_2 + 1,1228X_3 - 0,0078X_1X_2 + 0,0120 X_1X_3 + 0,0042 X_2X_3 - 0,0088X_1^2 - 0,0116X_2^2 - 0,0310X_3^2$$

### Bilangan Penyabunan

Bilangan penyabunan menyatakan banyaknya mg KOH yang dibutuhkan untuk menyabunkan 1 gram lemak atau minyak. Jumlah KOH yang dibutuhkan tergantung dari panjang rantai karbon asam lemak yang terkandung di trigliserida dan bobot trigliserida. Berdasarkan Tabel 1. hasil ekstraksi dan analisa menyatakan angka terendah dari bilangan penyabunan adalah 132,517 mg KOH/ gr minyak sedangkan yang paling tinggi bernilai 192,61 mg KOH/ gr minyak. Hasil ini sesuai dengan teori Weiss (2002) bahwa bilangan saponifikasi untuk butter biji pala berada adalah 172 mg KOH/ gr lemak sampai 179 mg KOH/ gr lemak serta terdapat penelitian yang menyatakan angka saponifikasi bernilai 196 mg KOH/ gr lemak. Hal ini membuktikan butter biji pala yang dihasilkan pada penelitian ini masih memasuki standar yang ada.

Berdasarkan Tabel 2., Hasil ANOVA Bilangan Penyabunan, hanya suhu (Q) yang memiliki nilai p lebih rendah dari 0,05 sehingga hanya suhu (Q) yang dinyatakan signifikan secara statistika. Suhu (Q) merupakan bentuk persamaan kuadrat sehingga kurva yang terbentuk akan berbentuk melengkung. Hal ini sesuai teori dari Capelo-Martine (2009) bila suhu mendekati titik didih maka akan menurunkan hasil ekstraksi karena akan terjadi degradasi thermal.

Berdasarkan Gambar 3., ketiga grafik memiliki bentuk seperti kawah atau bernilai minimum, hal ini dikarenakan semakin besarnya nilai bilangan penyabunan menunjukkan bahwa bobot molekul dari asam lemak dan gliserida semakin kecil (Chasani *et al.*, 2014). Diagram minimum juga menandakan banyaknya kandungan trimyristin dalam lemak pala yang memiliki berat molekul sebesar 723,2 g/mol. Sedangkan berat molekul dari penyusun lemak pala yang lain seperti asam oleat (C<sub>18</sub>H<sub>34</sub>O<sub>2</sub>) sebesar 283,5 g/mol, berat molekul asam linolenat (C<sub>18</sub>H<sub>30</sub>O<sub>2</sub>) adalah

278,4 g/mol, serta myristisin (C<sub>11</sub>H<sub>12</sub>O<sub>3</sub>) memiliki bobot molekul 192,21 g/mol (PubChem, 2005; 2007;2004 ). Sehingga dapat dipastikan teori dari benar bahwa kandungan fixed oil pada butter biji pala sebesar 25-40% dan terdiri dari trimyristin (84%), konstituen yang tidak dapat tersaponifikasi (9,8%), oleic acid (3,5%), material seperti resin (2,3%), linolenic acid (0,6%), formic acetate dan cerotic acid in trace (Krishnamoorthy & Rema, 2001).

Regresi digunakan untuk memprediksi respon untuk kombinasidari parameter proses pada level terbaik mereka (Antony, 2003). Regresi juga akan member penjelasan tentang hubungan antara variable idependent dan respon (Bai, 2014). Berdasarkan Tabel 3., persamaan dari bilangan penyabunan adalah

$$Y=1157,698 - 36,633X_1 - 8,026X_2 - 3,724X_3 - 0,050X_1X_2 - 0,080X_1X_3 + 0,107X_2X_3 + 0,454X_1^2 + 0,099X_2^2 + 0,063X_3^2$$

### Bilangan Asam

Bilangan asam menunjukkan jumlah KOH yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas. Semakin besar nilai bilangan asam bearti semakin banyak asam lemak bebas yang terdapat di lemak, sehingga kualitas lemak semakin buruk (Chasani *et al.*, 2014). Bilangan asam juga menunjukkan bahwa pada minyak/ lemak terdapat kandungan asam organik. Hal ini dikarenakan pelarut heksan yang digunakan selama proses ekstraksi akan ikut mengekstraksi asam lemak bebas khususnya asam lemak oleat dan linoleat (Saranaung *et al.*, 2018). Berdasarkan Tabel 1., hasil ekstraksi dan analisa dapat diketahui bahwa nilai dari bilangan asam paling rendah bernilai 13,83 mg KOH/ gr lemak serta yang paling tinggi bernilai 19,822 mg KOH/ gr lemak. Hasil ini sesuai teori dari Weiss (2002) bahwa nilai asam butter biji pala berada di antara 17-23 mg KOH/ gr lemak, sehingga butter biji pala yang dihasilkan berada dalam kondisi baik dan sesuai standar.

Berdasarkan Tabel 2., hasil ANOVA bilangan asam tidak terdapat variable yang signifikan. Hal ini karena pada pada tabel ANOVA diketahui nilai p tidak ada yang memiliki nilai dibawah 0,05. Hal ini membuktikan bahwa tidak ada variable selama ekstrasi yang mempengaruhi bilangan asam. Menurut Asyik & Astuti (2010) bilangan asam yang tinggi menunjukkan proses penyimpanan yang dilakukan pada suhu ruang sehingga membuat komponen dalam lemak pala terurai. Umur simpan juga dapat mempengaruhi bilangan asam. Semakin lama umur simpan semakin banyak komponen lemak yang terurai. Menurut Idrus, et al. (2014) meningkatnya nilai asam dapat dikarenakan pecahnya komponen trimyristin menjadi asam miristat. Trimyristin ( $C_{45}H_{86}O_6$ ) adalah trigliserida yang diperoleh dengan asilasi formal dari tiga gugus hidroksi gliserol oleh asam miristat (tetradekanoik) (PubChem, 2005).

Berdasarkan Gambar 4., dapat dilihat ketiganya merupakan grafik fiited surface maksimum. Grafik ini menandakan bahwa nilai maksimum berada di wilayah penelitian (Bezerra *et al.*, 2008). Akan tetapi, variable suhu, waktu, dan rasio tidak dapat dikatakan mempengaruhi dari bilangan asam. Hal ini dikarenakan tidak terdapat variable yang signifikan. Maksimum surface plot dapat terjadi karena rentang hasil terlalu dekat.

Regresi digunakan untuk memprediksi respon untuk kombinasidari parameter proses pada level terbaik mereka (Antony, 2003). Regresi juga akan member penjelasan tentang hubungan antara variable idependent dan respon (Bai, 2014). Berdasarkan Tabel 3., Hasil Regresi Bilangan Asam, persamaan dari bilangan asam adalah

$$Y = -53,6556 + 2,3327X_1 + 0,8127X_2 + 0,2348X_3 - 0,0087X_1X_2 + 0,0000X_1X_3 + 0,0071X_2X_3 - 0,0220X_1^2 - 0,0080X_2^2 - 0,0092X_3^2$$

### Bilangan Ester

Bilangan ester akan berapa milligram KOH yang dibutuhkan untuk menyabunkan 1

mg ester. Semakin kecil bilangan ester menunjukkan semakin kecil pula ester yang terkandung dalam minyak/lemak. Hal ini menunjukkan bahwa penyusun dari butter biji pala sebagian besar bukan metil ester (Handayani, *et al.*, 2015).

Berdasarkan Tabel 2 Hasil ANOVA Bilangan Ester, dapat diketahui bahwa nilai p dari suhu (Q) serta waktu (Q) memiliki nilai di bawah 0,05 atau 0,000304 untuk suhu (Q) dan 0,043546 untuk waktu (Q). Hal ini menunjukkan bahwa suhu (Q) dan waktu (Q) signifikan secara statistik. Kuadran dari suhu dan waktu memiliki nilai signifikan menunjukkan grafik akan berbentuk melengkung dan tidak datar (Haans *et al.*, 2016). Suhu (Q) dan waktu (Q) dapat berpengaruh dalam bilangan ester. Hal ini dikarenakan semakin lama proses ekstraksi bahan-bahan yang tidak diinginkan dimungkinkan dapat terbawa selama proses, serta terjadi dekomposisi senyawa karena lamanya proses ekstraksi (Wen *et al.*, 2019). Sedangkan semakin tingginya suhu dapat berpengaruh dengan degradasi thermal komponen volatile yang memang tidak tahan terhadap panas (Esclapez *et al.*, 2011).

Berdasarkan Gambar 5., ketiga grafik fiited surface membentuk grafik minimum. Hal ini dapat diartikan bahwa hasil yang didapat memiliki nilai rendah pada suhu, waktu dan rasio perbandingan pada titik tengah. Hal ini menunjukkan bahawa lemak pala yang dihasilkan memiliki kandungan yang kurang baik. Menurut Asyik & Astuti (2010) nilai ester yang rendah menunjukkan proses penyimpanan yang dilakukandi suhu ruang serta dilakukan dalam waktu yang lama dapat membuat komponen dalam lemak pala terurai. Lemak pala dengan nilai ester yang rendah dinyatakan kurang baik karena ester memberikan kontribusi dalam memberikan flavor pada lemak pala.

Komponen utama lemak pala adalah trimyristin (84%). Kandungan trimyristin ini yang mengakibatkan butter biji pala dapat memiliki aroma dan rasa seperti biji pala (Krishnamoorthy & Rema, 2001; Leela, 2008; Jose *et al.*, 2016).

Tabel 4. *Critical Value*

Faktor	<i>Critical Values</i>			
	Rendemen	Bilangan Penyabunan	Bilangan Asam	Bilangan Ester
Suhu (°C)	51,98264	44,74809	45,38643	44,79936
Waktu (menit)	36,96741	37,85521	38,13063	37,72494
Rasio (gram)	30,63414	25,99078	27,47197	26,28540

Regresi digunakan untuk memprediksi respon untuk kombinasidari parameter proses pada level terbaik mereka (Antony, 2003). Regresi juga akan member penjelasan tentang hubungan antara variable idependent dan respon (Bai, 2014). Berdasarkan Tabel 3. Hasil Regresi Bilangan Ester, persamaan dari bilangan ester adalah

$$Y = 1211,353 - 38,966X_1 - 8,838X_2 - 3,959X_3 - 0,041X_1X_2 - 0,080X_1X_3 + 0,100X_2X_3 + 0,476X_1^2 + 0,107X_2^2 + 0,072X_3^2$$

### **Critical Value**

Tabel prediksi *critical value* didapatkan dari gabungan kondisi optimal yang dipengaruhi oleh interaksi antar variable (Ratnawati *et al.*, 2018). Bezerra *et al.* (2008) mengatakan bahwa prediksi titik kritis hanya didapatkan jika grafik *fiited surface* berbentuk maksimum, minimum, ataupun saddle.

Grafik *fiited surface* dari persen rendemen merupakan grafik maksimum dan grafik plateu, karena grafik *fitted surface* pengaruh waktu dan rasio (C) masih berbentuk grafik maksimum tabel *critical value* dapat muncul. Berdasarkan Tabel 4., *Critical Value* Persen Rendemen, persen rendemen akan memiliki angka tertinggi pada suhu 51,98°C, waktu 36,97 menit dan rasio 30,63 gram dalam 100 ml pelarut heksan. Namun, angka *critical point* pada suhu tidak boleh terlalu tinggi, karena jika terlalu tinggi pelarut n-heksane akan menguap.

Grafik *fiited surface* dari bilangan penyabunan merupakan grafik minimum, sehingga tabel *critical value* dapat muncul. Berdasarkan Tabel 4., *Critical Value* Bilangan Penyabunan, bilangan

penyabunan akan memiliki angka tertinggi pada suhu 44,74°C, waktu 37,85 menit dan rasio 25,99 gram dalam 100 ml pelarut heksan. Namun, angka *critical point* ini belum tentu benar karena bilangan penyabunan didasarkan dari berat molekul dan diharapkan grafik *fiited surface* yang muncul berbentuk grafik minimum.

Grafik *fiited surface* dari bilangan asam merupakan grafik maksimum, sehingga tabel *critical value* dapat muncul. Berdasarkan Tabel 4. *Critical Value* Bilangan Asam, bilangan asam akan memiliki angka tertinggi pada suhu 45,38°C, waktu 38,13 menit dan rasio 27,47 gram dalam 100 ml pelarut heksan. Angka dari tabel *critical point* bilangan asam sebaiknya tidak diikuti karena akan menghasilkan grafik *fiited surface* maksimum, sedangkan bilangan asam lebih baik jika bernilai rendah atau grafik *fiited surface* berbentuk grafik minimum.

Grafik *fiited surface* dari bilangan ester merupakan grafik minimum, sehingga tabel *critical value* dapat muncul. Berdasarkan Tabel 4. *Critical Value* Bilangan Ester, bilangan ester akan memiliki angka tertinggi pada suhu 44,79°C, waktu 37,72 menit dan rasio 26,28 gram dalam 100 ml pelarut heksan. Angka pada tabel *critical value* bilangan asam diperlukan verifikasi untuk melihat apakah benar akan dihasilkan grafik *fiited surface* maksimum.

### **KESIMPULAN**

Perbedaan waktu dan rasio mempengaruhi hasil persen rendemen dari ekstraksi biji pala menggunakan pelarut n-heksan. Sedangkan perbedaan suhu mempengaruhi hasil bilangan penyabunan dan bilangan ester dari lemak pala. *Critical value* untuk persen rendemen, bilangan

penyabunan, bilangan asam dan bilangan ester akan berbeda. *Critical value* persen rendemen ada pada suhu 51,98 °C, waktu 36,97 menit dan rasio 30,63 gram dalam 100 ml pelarut heksan. Bilangan penyabunan memiliki *critical value* pada suhu 44,74 °C, waktu 37,85 menit dan rasio 25,99 gram dalam 100 ml pelarut heksan. *Critical value* untuk bilangan asam akan ada pada suhu 45,38 °C, waktu 38,13 menit dan rasio 27,47 gram dalam 100 ml pelarut heksan. Sedangkan *critical value* untuk bilangan ester akan ada pada suhu 44,79 °C, waktu 37,72 menit dan rasio 26,28 gram dalam 100 ml pelarut heksan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi membantu dalam penelitian ini, terutama atas pendanaan oleh DIKTI dengan SK No. 010/L6/AK/SP2H.1/PENELITIAN/2020.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adhiksana, A. 2017. Perbandingan Metode Konvensional Ekstraksi Pektin dari Kulit Buah Pisang dengan Metode Ultrasonik. *Journal of Research and Technology*, 3(2):80-87.
- Anderson, M.J dan Patrick J. Whitcomb 2016. *RSM simplified : optimizing processes using response surface methods for design of experiments*. Taylor & Francis Group CRC Press; US.
- Antony, J., 2003. *Design of Experiments for Engineers and Scientists*. Elsevier Science & Technology Books.
- Asyik, N dan I. Astuti.2010. Karakter Industriisasi Mutu Minyak Pala (Nutmeg Oil) Indonesia Sebagai Bahan Baku Flavour. *ARGIPLUS* 20(2):146-154.
- Azis, Tamzil, SendryFebrizky, and Aris D Mario. 2014. PengaruhJenisPelarutTerhadapPersen Yield Alkaloid dari Daun Salam India (*Murraya koenigii*). *Teknik Kimia* 20 (2): 1–6.
- Bai, Y., G Saren, dan W. Huo.2014.Response Surface Methodology (RSM) in Evaluation of the Vitamin C Concentration in Microwave Treated Milk. *Jurnal Food SciTechmol* 52(7):4647-4651.
- Bezerra, M.A., R. E. Santelli, E. P. Oliveira, L. S. Villar, L. A. Escaleira. 2008. Response Surface Methodology (RSM) as a Tool for Optimization in Analytical Chemistry. *Talanta* 76(5):965-977.
- Capelo-Martine, JL .2009.*Ultrasound In Chemistry Analitical Application*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; Portugal.
- Chasani ,M., Nursalim , V.H., Widyaningsih, S., Budiasih, I.N., Kurniawan W.A. 2014. Sintesis, Pemurnian dan Karakterisasi Metil Ester Sulfonat (MES) Sebagai Bahan Inti Deterjen dari Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*). *Molekul*. 9(1):63-72.
- Drazat. 2007. *Meraup Laba dari Pala*. PT. Argomedia Pustaka; Jakarta Selatan.
- Esclapez, M.D., J.V. Garcia-Perez, A. Mulet, dan J.A. Carcel. 2011. Ultrasound-Assisted Extraction on Natural Products. *Food Eng Rev*. 3(2):108-120
- Haans, R.F.J., C. Pieters, dan Zi-Lin He.2016. Thinking About U: Theorizing an Testing U- and Inverted U-shaped Relationships in Strategy Research. *Strategic Management Journal*. 37:1177-1195
- Handayani, R., S Rukminita A., dan I. Gumilar.2015. Karakteristik Fisiko-Kimia Minyak Biji Bintaro (Cerberamanghas L) dan Potensinya sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Akuatika* VI(2):177-186.
- Hermawan, I. 2015. Daya Saing Rempah Indonesia di Pasar ASEAN Periode Pradan Pasca Krisis Ekonomi Global. *Buletin Litbang Perdagangan*, 9(2):153–178.
- Idrus, S., M Kaimudin, R.F. Torry, dan R. Biantoro. 2014. Isolaasi Trimiristisin Minyak Pala Banda Serta

- Pemanfaatannya Sebagai Bahan Aktif Sabun. *Jurnal Riset Industri*. 8(1):23-31.
- Jose, H., Arya KR, Sindhu TJ, Syamjith P, Vinod KR, Sandhya S. 2016. A Descriptive Review on *Myristica fragrans* Houtt. *Hygeia.J.D.Med.* 8(1):35-43.
- Krishnamoorthy, B. dan J. Rema 2001. *Handbook of Herb and Spices: Nutmeg and Mace*. Woodhead Publishing Limited; England.
- Leela, N.K. 2008. *Chemistry of spices; Nutmeg and Mice*. CAB International; London, UK.
- Lempang, I. R., Fatimawali, dan Pelealu, N.C. 2016. Uji Kualitas Minyak Goreng Curah Dan Minyak Goreng Kemasan Di Manado. *PHARMACON Jurnal Ilmiah Farmasi-UNSRAT* 5(4):155-161.
- Medina-torres, N., Ayora-talavera, T., Espinosa-andrews, H., Sánchez-Contreras, A., & Pacheco, N. 2017. Ultrasound Assisted Extraction for the Recovery of Phenolic Compounds from Vegetable Sources. *Agronomy*, 7(47).
- NIIR Board of Consultants & Engineers. (2013). *The Complete Book On Spices & Condiments (with Cultivation, Processing, & Used) 2<sup>nd</sup> Revised Edition*. Asia Pacific Business Press Inc.; India
- Nurdjannah, N., Mulyono, E., & Risfaheri. (2007). *Teknologi Pengolahan Pala*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Balai Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.
- Pineiro, Z., Guerrero, R. F., Fernandez-Martin, M. I., Cantos-Villar, E., & Palma, M. 2013. Ultrasound-Assisted Extraction of Stilbenoids from Grape Stems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(21): 11683-11689.
- Prasetyo, A. P., & Mulyono, E. 1987. Penggunaan Oleoresin Sebagai Bahan Penyedap Makanan dan Minuman. *Buletin Littro*, 1(2), 94–101.
- Predescu, N.C., C. Papuc, V. Nicorescu, I. Gajaila, G.V. Goran. C.D. Petcu, G. Stefan. 2016. The Influence of Solid to Solvent Ratio and Extraction Method on Total Phenolic Content, Flavonoid content and Antioxidant Properties of Some Ethanolic Plant Extracts. *Rev.Chimvol* 67(10): 1922-1927
- PubChem. 2004. *Linolenic Acid*. [internet] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5280934> diakses pada 24 Agustus 2019
- PubChem. 2005. *Myristicin*. [internet] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/4276> diakses pada 24 Agustus 2019
- PubChem. 2005. *Trimyristin*. [internet] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/TRIMYRISTIN> diakses pada 24 Agustus 2019
- PubChem. 2007. *Oleic Acid*. [internet] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/13011406> diakses pada 24 Agustus 2019
- Rahman N.A.A, Fazilah A., Effarizah M.E. 2015. Toxicity of nutmeg (*Myristicin*); A Review. *International Journal on Advance Science Engineering Information Technology*. 5(3):212-215.
- 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* 20(1):41-48.
- Said, K.A.M dan M.A.M Amin. 2015. Overview on The response Surface Methodology (RSM) in Extractiion Process. *Journal of Applied Science & Process Engineering* 2(1):8-17.
- Sani, R. N., Nisa, F. C., Andriani, R. D., & Maligan, J. M. 2014. *Analisis Rendemen dan Skringing Fitokimia Ekstrak Etanol Mikroalga Laut *Tetraselmis chuii**. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 2(2), 121–126.
- Saranaung, A., M. S. Sangi\*, D. G. Katja. 2018. Pengaruh Ukuran Bahan terhadap Rendemen dan Kualitas Minyak Biji Pala (*Myristica Fragrans* Houtt) dengan Metode Soxhletasi.

*JURNAL MIPA UNSRAT ONLINE*  
7(1):39-43.

SNI 01-3555-1998

Sofyana, Supardan, M. D., Zuhra, Maulida, C. A., & Haura, U. 2013. Ultrasound Assisted Extraction of Oleoresin from Nutmeg (*Myristia Fragrans Houtt*). *International Journal on Advance Science Engineering Information Technology* 3(4):18-21.

Trendafilova, A., Chanev, C., & Todorova, M. 2010. Ultrasound-assisted extraction of alantolactone and isoalantolactone from Inulahelenium roots, *Pharmacognosy Magazine* 6(23):234-237.

Weiss, E.A. 2002. *Spice Crops*. CAB International Publishing, Wallingford, UK.

Wen, C., J Zhang, H Zhang, C.S. Dzah, M Zandile, Y Duan, H Ma, X Luo. 2018. Advance in Ultrasound Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Cash Crops- A Review. *Ultrasonics-Sonochemistry* 48:538-549.