



OPTIMASI KONDISI PROSES EKSTRAKSI BERBANTU GELOMBANG MIKRO PADA OLEORESIN KULIT MANGGA KUWENI MENGGUNAKAN METODE RESPON PERMUKAAN

Abdurrahman Hanif¹, Asri Widyasanti^{1*}, Selly Harnesa Putri²

¹Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Indonesia

²Departemen Teknik Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Indonesia

Article history

Diterima:

15 Maret 2021

Diperbaiki:

23 Maret 2021

Disetujui:

17 Mei 2021

Keyword

kuweni mango peel; microwave-assisted extraction (MAE); oleoresin; response surface methodology (RSM)

ABSTRACT

Mango peel is a by-product of mango processing, it is discarded as the fruit is transformed into various mango-derived products. One way to use mango peels is to isolate the oleoresin compounds. Oleoresin is a spice extractive that comprises both volatile and non-volatile flavoring ingredients in the form of volatile and non-volatile compounds. The research objective was to determine the optimum microwave-assisted extraction (MAE) process condition to produce oleoresin yield of the kuweni mango peel using a combination of two variables: the volume of solvent (A) and length of extraction (B). The optimization method used was the response surface method (RSM) application. The extraction was carried out in two solvents, namely n-hexane and 96 % food-grade ethanol. The parameters measured in this study were the yield, residual solvent content, and specific gravity. The results showed that the optimum solution for the extraction process using n-hexane solvent had a combination of 7 minutes extraction time and 200 ml of solvent with the mathematical equation $Y = 0.04A + 0.69B - 3.09$. The optimum solution for the extraction process using ethanol solvent was a combination of 3 minutes extraction time and 200 ml of solvent with the mathematical equation $Y = 0.07A - 0.46B + 3.14$.

This is open access article under the CC-BY-SA license

* Penulis korespondensi

Email : asri.widyasanti@unpad.ac.id

DOI 10.21107/agrointek.v15i4.10175

PENDAHULUAN

Mangga kuweni (*Mangifera odorata* Griff) merupakan salah satu anggota genus *Mangifera* dengan aroma buah yang kuat. Mangga kuweni bisa dibedakan dengan buah mangga lainnya berdasarkan aroma dan bentuknya (Pracaya, 1991). Mangga kuweni memiliki berbagai kandungan yang memiliki nilai manfaat tinggi dan bisa dikembangkan di dunia industri saat ini, baik itu berasal dari kulit buah ataupun bagian buah lainnya.

Pengolahan kulit mangga akan menghasilkan nilai tambah produk akibat meningkatnya nilai guna bentuk komoditas pertanian. Nilai tambah merupakan pertambahan nilai suatu komoditas karena mengalami proses pengolahan, pengangkutan ataupun penyimpanan dalam suatu produksi (Saragih, 2004). Limbah kulit mangga yang terbuang dan tidak termanfaatkan menjadikan pencemaran lingkungan yang merugikan masyarakat, sehingga pemanfaatan oleoresin kulit mangga kuweni menjadi salah satu alternatif pengurangan jumlah limbah kulit mangga kuweni.

Kulit mangga yang pada awalnya hanya menjadi bahan buangan setelah diteliti ternyata mengandung senyawa aktif penting seperti mangiferin, flavonoid, asam fenol, karotenoid, *dietary fibre*, dan beberapa enzim aktif (Ajila *et al.*, 2007). Kulit mangga menunjukkan jumlah flavonoid sebanyak tiga kali lipat lebih tinggi dibandingkan dengan daging buah mangga (Kim, 2010). Residu dari pengolahan buah mentah terutama dalam agroindustri berkisar pada angka 50 % (Orozco *et al.*, 2014).

Limbah kulit mangga yang terbuang dapat meningkatkan pencemaran lingkungan dikarenakan terjadi proses peluruhan yang cepat, sehingga menjadi sumber berkembang biak serangga. Tingginya permintaan oksigen biologis (BOD) dan permintaan oksigen kimia (COD) dalam limbah kulit mangga mengasikkan permasalahan limbah yang berkelanjutan (Puligundla *et al.*, 2014). Umumnya oleoresin atau minyak atsiri yang terkandung dalam buah-buahan terdapat pada kulit, yang dimana kandungan dari kulit tersebut adalah sumber alami zat-zat yang mudah menguap. Produk sampingan berupa kulit ini dapat termanfaatkan dan menunjukkan bahwa bahan samping dapat

terberdayakan dan dapat meningkatkan nilai ekonomi di Indonesia.

Oleoresin adalah cairan terkonsentrasi yang berasal dari tanaman yang didalamnya mengandung minyak atsiri. Oleoresin didapatkan dengan cara ekstraksi menggunakan suatu pelarut serta diiringi penghilangan pelarut pada bagian akhir prosesnya (Chen dan Huang, 2016). Oleoresin merupakan bentuk ekstraktif rempah yang didalamnya terkandung komponen-komponen utama pembentuk perisa yang berupa zat-zat volatil (minyak atsiri) dan non-volatil (resin dan gum) yang masing-masing berperan dalam menentukan aroma dan rasa (Uhl, 2000). Menurut Kumar *et al.*, (2011) oleoresin dalam industri pengolahan makanan, terutama dalam industri daging olahan, ditambahkan untuk memberikan warna yang menarik. Oleoresin juga digunakan untuk meningkatkan warna dan rasa produknya pada industri minuman. Oleoresin dianggap sebagai salah satu pengganti warna sintesis terbaik yang digunakan dalam industri makanan dan kosmetik. Oleoresin memiliki beberapa kelebihan yaitu ekonomis untuk digunakan, stabil saat diberi panas, bebas dari kontaminasi, dan umur penyimpanan yang berlangsung lama. Kelebihan tersebut menjelaskan bahwa oleoresin memiliki manfaat yang luas bagi industri untuk bisa menggunakan dan mengembangkan oleoresin (Anam dan Manuhara, 2005).

Keberhasilan pengambilan minyak atsiri dari bahan bakunya dan kualitas minyak atsiri yang dihasilkan ditentukan oleh metode ekstraksi, kondisi proses ekstraksi dan kondisi bahan baku yang diproses (Wartini *et al.*, 2015). Pengambilan oleoresin dari kulit mangga kuweni tidak terlalu berbeda dengan pengambilan minyak atsiri. Oleoresin dapat diperoleh dengan cara ekstraksi menggunakan pelarut yang menguap, misalnya aseton, alkohol atau eter. Oleoresin dapat diperoleh dari ekstraksi satu tahap, multi tahap dan dua tahap (Budi, 2009). Metode ekstraksi secara konvensional memiliki beberapa kekurangan, diantaranya adalah waktu ekstraksi yang lama dan besarnya energi yang dikeluarkan untuk melakukan ekstraksi, sehingga MAE hadir sebagai salah satu alternatif metode ekstraksi yang lebih modern. Metode ekstraksi oleoresin yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Microwave Assisted Extraction* (MAE) untuk menghasilkan oleoresin yang optimal dengan metode yang efektif. MAE adalah proses

pemanasan pelarut padat atau pelarut campuran (padat - cair) dengan memanfaatkan energi gelombang mikro, ekstraksi dilakukan didalam bejana tertutup yang memungkinkan suhu berada diatas titik didih atmosfer pelarut sehingga dapat mempercepat proses ekstraksi (LeBlanc, 2000). Peningkatan suhu pada bahan dan pelarut dalam proses MAE dapat menyebabkan dinding sel pecah dan zat-zat yang terkandung di dalam sel keluar menuju pelarut (Yulianti *et al.*, 2014). Kelebihan MAE adalah kondisi waktu ekstraksi dan penggunaan pelarut yang relatif rendah dibanding ekstraksi konvensional (Mandal *et al.*, 2007; Widyasanti *et al.*, 2018). Menurut beberapa penelitian, metode MAE bisa meningkatkan efisiensi dan efektivitas ekstraksi bahan aktif beberapa jenis rempah-rempah, tanaman herbal, dan buah-buahan (Calinescu *et al.*, 2001). Gelombang mikro mengurangi aktivitas enzimatis yang merusak senyawa dari suatu bahan baku (Garcia-Salas *et al.*, 2010).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh jumlah pelarut dan lama ekstraksi yang menghasilkan rendemen oleoresin kulit mangga kuweni optimum menggunakan RSM.

METODE

Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan adalah mangga kuweni yang didapatkan dari pasar induk Ciparay Bandung, pelarut n-heksana teknis dari CV. Quadrant Chemical (Bandung), etanol *food grade* 96 % dari PT. Brataco Chemical (Bandung), *silica gel food grade*, kertas saring, aseton teknis, dan akuades dari CV. Quadrant Chemical. Alat yang digunakan adalah mikropipet, sudip panjang, cawan alumunium, piknometer, *alumunium foil*, botol vial, *grinder*, *infrared thermometer* (tipe GM550, China), corong kaca, erlenmeyer, gelas beaker, gelas ukur, timbangan digital, *magnetic stirrer*, loyang alumunium, *tyler sieves* ukuran 18 mesh, desikator, *oven* gelombang mikro (merk Sharp R222-Y(S), Jepang), *drying oven* (merk Tung Tec Instrumen) 32L, China), *rotary evaporator vacuum* (merk Heildolph p/n 562-01300-00, Jerman), dan corong kaca.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Agustus - Desember 2020 yang bertempat di Laboratorium Pasca Panen dan Teknologi Proses Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran.

Sebelum dilakukan proses ekstraksi, dilakukan tahap persiapan bahan baku dan pengeringan simplisia. Pertama-tama kulit mangga kuweni diiris tipis, ditimbang selanjutnya dikeringkan dengan *oven blower* selama \pm 23 jam pada suhu 50 °C menggunakan *oven blower* hingga kadar air dibawah 10 % (bb). Kulit mangga kuweni dihancurkan dan dilakukan pengayakan agar didapatkan bubuk yang seragam, bubuk kulit mangga yang digunakan adalah bubuk yang lolos ayakan *tyler* ukuran 18 mesh. Bubuk kulit mangga kuweni tersebut ditimbang sebanyak 20 gram, kemudian dimasukkan kedalam gelas beaker dan dicampurkan dengan pelarut sesuai running RSM, kemudian dilakukan ekstraksi MAE.

Hasil ekstrak diberi perlakuan filtrasi vakum dan penguapan vakum (-23 bar) agar kandungan pelarut bisa dikurangi. Lama evaporasi, suhu, dan putaran proses evaporasi adalah 3 menit, 35 °C, serta 50 rpm untuk ekstrak dengan pelarut n-heksana, dan 5 menit, 50 °C serta 80 rpm untuk ekstrak dengan pelarut etanol. Daya yang digunakan pada penelitian ini adalah 350 Watt).

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan jumlah perlakuan (*running*) penelitian ditentukan oleh aplikasi *Design Expert version* dengan memilih RSM tipe CCD (*Central Composite Design*) sebagai optimasi. Penelitian ini menggunakan prinsip ekstraksi bertingkat dengan menggunakan dua jenis pelarut pada proses MAE yaitu ekstraksi MAE tahap pertama dengan pelarut n-heksana, selanjutnya ampas yang dihasilkan diekstraksi MAE kembali dengan pelarut etanol *food grade* 96 %.

Variabel independen pertama yang digunakan dalam analisis RSM adalah jumlah pelarut dengan batas nilai minimum 120 ml dan batas nilai maksimum 200 ml. Variabel independen kedua yang digunakan dalam analisis RSM adalah lama ekstraksi MAE dengan batas nilai minimum 3 menit dan batas nilai maksimum 7 menit. Perlakuan RSM ini berlaku bagi kedua proses ekstraksi, baik itu menggunakan pelarut n-heksana atau menggunakan pelarut etanol. Jumlah perlakuan penelitian yang harus dilakukan disajikan pada Gambar 1.

	Std	Run	Factor 1 A:Volume Pelarut ml	Factor 2 B:Lama Ekstraksi menit
	9	1	160	5
	5	2	103.4	5
	1	3	120	3
	10	4	160	5
	6	5	216.6	5
	2	6	200	3
	8	7	160	7.8
	11	8	160	5
	4	9	200	7
	3	10	120	7
	7	11	160	2.2

Gambar 1 Jumlah Perlakuan Pada RSM Ekstraksi Bertingkat

Kriteria yang diinginkan adalah hasil rendemen yang maksimum. Solusi yang diberikan RSM selanjutnya divalidasi untuk mengetahui tingkat keakuratannya. Validasi dilakukan pada ekstrak oleoresin dengan pelarut etanol sebagai tahap akhir dari proses ekstraksi bertingkat. Validasi dilakukan dengan dua kali ulangan. Nilai validasi (%) dihitung dengan membandingkan nilai rendemen hasil validasi dengan nilai rendemen optimum penelitian. Metode maserasi panas dilakukan dengan suhu 45 °C untuk ekstraksi dengan pelarut n-heksana dan suhu 60 °C untuk ekstraksi dengan pelarut etanol. Fungsi maserasi tersebut adalah sebagai perlakuan kontrol pada penelitian. Perlakuan kontrol ini dilakukan dengan 3 kali pengulangan untuk mendapatkan hasil yang akurat.

Penentuan Rendemen Parsial dan Total (Widyasanti *et al.*, 2018)

Rendemen parsial yang dihitung adalah rendemen pengupasan, pengeringan, pengecilan ukuran, pengayakan, ekstraksi, filtrasi, dan evaporasi. Rendemen total merupakan perbandingan massa oleoresin kulit mangga kuwani yang dihasilkan dengan massa bahan baku yang di ekstraksi. Massa oleoresin yang dihitung adalah massa oleoresin yang sudah dikurangi oleh nilai kadar sisa pelarut oleoresin tersebut.

Pengujian Kadar Sisa Pelarut (Guenther, 1987) dengan Modifikasi

Analisis ini menggambarkan sisa pelarut dalam ekstrak yang dihitung berdasarkan berat

pelarut yang diuapkan dari setiap satuan berat bahan yang diuapkan.

Pengujian Bobot Jenis (SNI 06-2385-2006)

Bobot jenis dapat digunakan untuk menggambarkan tingkat kemurnian ekstrak yang dihasilkan. Pengamatan warna secara visual juga dilakukan untuk karakterisasi oleoresin ekstrak n-heksana dan ekstrak etanol.

Pengujian Warna

Penentuan warna ekstrak oleoresin dilakukan dengan pengolahan citra yang dilanjutkan dengan analisis warna menggunakan *color flex EZ*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Bahan Baku

Nilai rendemen pengupasan pada penelitian ini adalah 8,73 %. Nilai tersebut termasuk nilai rendemen paling kecil diantara rendemen parsial persiapan bahan baku lainnya. Kecilnya nilai rendemen pengupasan tersebut disebabkan oleh tipisnya kulit mangga kuwani yang dikupas serta karena kulit hanyalah sebagian kecil dari bagian-bagian lain yang menyusun buah mangga kuwani. Nilai rendemen pengeringan yang didapat adalah 33,17 %. Kecilnya nilai rendemen pengeringan tersebut disebabkan oleh tingginya kadar air awal kulit mangga kuwani yaitu 69,84 %, sementara target nilai kadar air kulit setelah pengeringan adalah dibawah 10 %.

Rendemen pengecilan ukuran yang didapat pada penelitian ini adalah 99,81 %, tingginya nilai rendemen pengecilan ukuran disebabkan proses pengecilan ukuran menggunakan grinder berlangsung dengan baik. Nilai rendemen yang hilang sebesar 0,19 % diduga tertinggal di dalam grinder dan terjatuh selama proses pemindahan bubuk kulit mangga kuwani berlangsung, hal tersebut dikarenakan bubuk kulit mangga kuwani tersebut sangat halus dan mudah terbawa angin, sehingga rendemen pengecilan ukuran tidak sempurna 100 %. Nilai rendemen pengayakan yang didapatkan pada penelitian ini adalah 99,82 %, hal tersebut disebabkan bubuk kulit mangga kuwani yang dikecilkan ukurannya pada tahap sebelumnya sudah berada dalam kondisi bubuk yang halus, sehingga hampir semua bubuk kulit mangga kuwani yang sudah dikecilkan ukurannya lolos dari proses pengayakan. Rendemen parsial persiapan bahan baku tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1 Rendemen Parsial Persiapan Bahan Baku

Proses	Rendemen Rata-rata ± SD (%)
Pengupasan	8,73 ± 2,19
Pengeringan	33,17 ± 2,54
Pengecilan Ukuran	99,81 ± 0,10
Pengayakan	99,82 ± 0,17

Tabel 2 Rendemen Parsial Ekstraksi N-Heksana

Running	Ekstraksi (%)	Filtrasi (%)	Evaporasi (%)
1	98,72	65,41	63,65
2	87,76	42,63	32,73
3	98,50	41,31	46,62
4	98,70	65,59	48,31
5	98,87	72,23	62,27
6	98,68	70,72	56,79
7	92,21	65,95	58,84
8	98,54	61,40	74,01
9	95,74	69,12	77,41
10	87,86	41,41	48,91
11	99,43	65,32	50,63

Rendemen Parsial Ekstraksi (N-Heksana)

Bubuk kulit mangga kuwani yang telah melalui tahap pengayakan selanjutnya dilakukan proses ekstraksi menggunakan teknologi gelombang mikro dengan pelarut n-heksana sebagai pelarut pertama. *Running* proses ekstraksi dilakukan berdasarkan variasi yang diatur oleh RSM melalui aplikasi *Design Expert 11*.

Rendemen parsial ekstraksi menggunakan pelarut n-heksana berkisar antara 87,76 % - 99,43 %, nilai tersebut masih tergolong cukup tinggi. Lama ekstraksi memicu kenaikan suhu pada proses ekstraksi sehingga memungkinkan terjadinya penguapan dikarenakan suhu mulai mendekati titik didih n-heksana. Menurut Sukma *et al.* (2017), Suhu ekstraksi berpengaruh sangat nyata terhadap nilai rendemen ekstraksi yang didapatkan.

Rendemen parsial filtrasi yang didapat dari ekstraksi dengan pelarut n-heksana berkisar antara 41,31 % - 72,23 %. Nilai rendemen filtrasi cenderung berkurang nilainya setelah ampas dipisahkan, hal tersebut disebabkan kehilangan massa proses filtrasi yang dimana pelarut menguap saat proses filtrasi dilakukan. Massa ampas yang dihasilkan dari filtrasi berkisar antara 19,05 g – 20,03 g.

Nilai rendemen evaporasi pada pelarut n-heksana berkisar antara 32,73 % - 77,41 %. Ekstrak hasil evaporasi dari setiap perlakuan masih berbentuk cair yang masih mengandung pelarut yang cukup tinggi, sehingga diperlukan perhitungan kadar sisa pelarut untuk mendapatkan nilai ekstrak oleoresin tanpa pelarut. Lama evaporasi yang singkat serta suhu evaporasi yang tidak melebihi titik didih pelarut ekstraksi menyebabkan jumlah pelarut yang teruapkan tidak terlalu banyak. Hasil rendemen parsial ekstraksi, filtrasi, dan evaporasi dengan menggunakan pelarut n-heksana disajikan pada Tabel 2.

Kadar Sisa Pelarut Ekstraksi (N-Heksana)

Kadar sisa pelarut merupakan banyaknya pelarut yang tersisa pada suatu ekstrak. Nilai ini diperoleh dari persentase berat pelarut yang diuapkan dari satuan berat bahan yang diuji. Kadar sisa pelarut berfungsi sebagai nilai yang menentukan besar rendemen total sebenarnya, rendemen total tersebut adalah hasil ekstrak oleoresin yang tidak memiliki kadar pelarut.

Nilai kadar sisa pelarut ekstrak dengan pelarut n-heksana tergolong sangat tinggi, rata-rata nilai kadar sisa pelarut ekstrak menggunakan pelarut n-heksana sebesar 95,90 % atau 959.000 ppm. Hasil ini tidak memenuhi standar batasan sisa pelarut dalam bahan makanan menurut *Food*

and Drug Administration (FDA) yaitu sebesar 30 ppm, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan oleoresin yang memenuhi standar FDA. Kadar sisa pelarut oleoresin kulit mangga kuweni yang tinggi pada penelitian ini disebabkan juga oleh singkatnya proses evaporasi yang dilakukan yaitu 3 menit, lama evaporasi 3 menit tersebut bertujuan agar terdapat sejumlah sampel oleoresin untuk dilakukan proses uji. Nilai kadar sisa pelarut pada ekstrak oleoresin menggunakan pelarut n-heksana disajikan pada Tabel 3.

Rendemen Total Ekstraksi (N-Heksana)

Rendemen total adalah perbandingan antara massa ekstrak oleoresin kulit mangga kuweni yang sudah dikurangi kadar sisa pelarut dengan bahan baku kulit mangga kuweni yang di ekstraksi. Rendemen total tertinggi pada proses ekstraksi menggunakan pelarut n-heksana terdapat pada running 7 dengan nilai 11,22%. Running 7 memiliki kombinasi jumlah pelarut sebesar 160 ml

dengan lama ekstraksi 7 menit 50 detik. Rendemen total terendah pada proses ekstraksi menggunakan pelarut n-heksana terdapat pada running 11 dengan nilai 4,14 %. Running 11 memiliki kombinasi jumlah pelarut sebesar 160 ml dengan lama ekstraksi 2 menit 10 detik. Berdasarkan hal tersebut maka waktu ekstraksi yang pendek akan memberikan hasil rendemen yang rendah sebab tidak semua komponen terekstrak, dan sebaliknya jika waktu ekstraksi lebih panjang maka hasil rendemen pun akan meningkat. Nilai rendemen total ekstrak oleoresin kulit mangga kuweni menggunakan pelarut n-heksana disajikan pada Tabel 4.

Optimasi Rendemen Menggunakan RSM (oleoresin ekstrak N-Heksana)

Optimasi rendemen oleoresin kulit mangga kuweni dianalisis menggunakan RSM. Data hasil rendemen total yang telah didapatkan di input kedalam tabel respon yang terdapat pada RSM.

Tabel 3 Kadar Sisa Pelarut Ekstrak (N-Heksana)

<i>Running</i>	KSP (%)
1	97,00
2	93,00
3	95,00
4	96,00
5	97,00
6	97,00
7	95,00
8	97,00
9	98,00
10	92,00
11	98,00
Rata-rata	95,90

Tabel 4 Rendemen Total Oleoresin (N-Heksana)

<i>Running</i>	Rendemen Total (%)
1	7,74
2	4,17
3	4,79
4	7,88
5	10,90
6	9,08
7	11,22
8	8,48
9	7,78
10	7,19
11	4,14

Response 1: Rendemen (n-heksana)

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	41.35	2	20.67	9.43	0.0079	significant
A-Volume Pelarut	25.91	1	25.91	11.82	0.0088	
B-Lama Ekstraksi	15.44	1	15.44	7.04	0.0291	
Residual	17.54	8	2.19			
Lack of Fit	17.23	6	2.87	18.58	0.0519	not significant
Pure Error	0.3091	2	0.1545			
Cor Total	58.89	10				

Gambar 2 Data Analisis Model Hasil RSM (N-Heksana)

Std. Dev.	1.49	R²	0.7001
Mean	7.58	Adjusted R²	0.6252
C.V. %	19.60	Predicted R²	0.3269
		Adeq Precision	8.2224

Gambar 3 Nilai *Fit Statistics* Hasil RSM (N-Heksana)

Hasil analisis ragam (ANOVA) yang dilakukan oleh RSM menunjukkan bahwa nilai *F-value* pada model memiliki nilai 9,43 dimana nilai itu menyatakan bahwa model tersebut signifikan. Hal tersebut membuktikan bahwa masing-masing komponen yaitu jumlah pelarut dan lama ekstraksi berpengaruh nyata terhadap nilai rendemen ekstrak dengan pelarut n-heksana. Nilai *p-value* pada model menunjukkan nilai yang kurang dari 0,0500 yaitu sebesar 0,0079, hal tersebut menunjukkan bahwa model signifikan. Nilai *lack of fit f-value* pada model yaitu 18,58 menunjukkan bahwa nilai *lack of fit* tidak signifikan. Nilai *Lack of Fit* yang tidak signifikan merupakan syarat untuk model yang baik karena menunjukkan adanya kesesuaian data respon rendemen dengan model (Keshani *et al.*, 2010). Data analisis model disajikan pada Gambar 2.

Pada bagian tabel nilai *fit statistics*, nilai R² lebih besar dibandingkan model yang lain yaitu sebesar 0,7001 dengan nilai *adjusted R²* sebesar 0,6252 dan *predicted R²* sebesar 0,3269. Nilai R² dapat menunjukkan besarnya kombinasi variabel independen yang memengaruhi nilai respon. Semakin nilai R² mendekati angka satu, maka model yang didapat semakin baik. Nilai *adjusted R²* dan *predicted R²* yang didapat mempunyai selisih nilai sebesar 0,2983, dimana hasil selisih ini menunjukkan nilai yang lebih dari 0,2 yang menunjukkan nilai *adjusted R²* dan *predicted R²*

yang kurang baik. Adapun nilai selisih antara *adjusted R²* dan *predicted R²* yang baik adalah yang nilainya kurang dari 0,2. Nilai *Fit Statistics* Hasil RSM disajikan pada Gambar 3.

Hubungan variabel jumlah pelarut dan lama waktu ekstraksi membentuk model persamaan matematika linear untuk menghasilkan optimasi rendemen sebagai respon, persamaan nilai matematika tersebut dimodelkan pada persamaan 1 berikut.

$$Y = 0,04A + 0,69B - 3,09.....(1)$$

Keterangan:

Y = Rendemen (%)

A = Jumlah Pelarut (ml)

B = Lama Ekstraksi (menit)

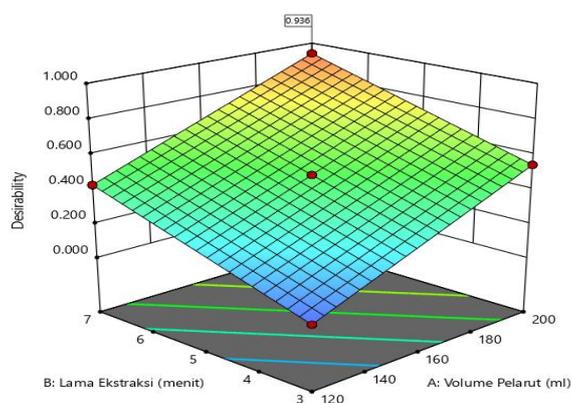
Solusi perlakuan yang diberikan oleh RSM terdapat 6 kombinasi dengan nilai *desirability* yang tinggi. Perlakuan nomor satu yaitu kombinasi jumlah pelarut 200 ml dan lama ekstraksi 7 menit memiliki nilai *desirability* tertinggi yaitu 0,936. Menurut Montgomery (2001), *desirability* adalah nilai yang menentukan derajat ketepatan hasil solusi optimal, semakin nilai *desirability* mendekati angka satu maka semakin tinggi pula ketepatan optimasi. Data solusi RSM disajikan pada Gambar 4.

Solutions

6 Solutions found

Number	Volume Pelarut	Lama Ekstraksi	Rendemen (n-heksana)	Desirability	
1	200.000	7.000	10.768	0.936	Selected
2	200.000	6.985	10.757	0.935	
3	196.651	7.000	10.617	0.915	
4	200.000	6.781	10.615	0.915	
5	200.000	6.631	10.512	0.900	
6	191.308	7.000	10.377	0.881	

Gambar 4 Data Solusi RSM (N-Heksana)



Gambar 5. Grafik Plot 3 Dimensi Nilai *Desirability* (n-Heksana)

Grafik plot 3 dimensi ekstrak oleoresin kulit mangga kuweni cenderung memiliki bentuk linier. Semakin tinggi lama ekstraksi nilai *desirability* cenderung meningkat. Hal tersebut juga terlihat pada pengaruh jumlah pelarut pada nilai *desirability*, semakin tinggi nilai jumlah pelarut maka semakin tinggi pula nilai *desirability*. Grafik plot 3 dimensi nilai *desirability* disajikan pada Gambar 5.

Rendemen Parsial Ekstraksi (Etanol)

Proses selanjutnya setelah ekstraksi menggunakan pelarut n-heksana adalah ekstraksi dengan pelarut etanol. Ampas sisa ekstraksi menggunakan n-heksana digunakan kembali sebagai lanjutan dari ekstraksi bertingkat. Ampas bubuk kulit mangga kuweni yang telah melalui tahap ekstraksi pertama selanjutnya dilakukan proses ekstraksi menggunakan gelombang *micro* dengan pelarut etanol.

Rendemen ekstraksi menggunakan pelarut etanol berkisar antara 61,26 % - 99,45 %. Perlakuan yang dilakukan memiliki variasi jumlah pelarut dan lama ekstraksi yang beragam. Lama ekstraksi memicu kenaikan suhu pada proses ekstraksi sehingga memungkinkan terjadinya

penguapan dikarenakan suhu mulai mendekati titik didih n-heksana. Menurut Sukma *et al.* (2017), Suhu ekstraksi berpengaruh sangat nyata terhadap nilai rendemen ekstraksi yang didapatkan.

Nilai filtrasi yang didapat dari pelarut etanol berkisar antara 42,51 % - 78,42 %. Nilai rendemen filtrasi cenderung berkurang nilainya setelah ampas dipisahkan, hal tersebut disebabkan kehilangan massa proses filtrasi yang dimana pelarut menguap saat proses filtrasi dilakukan. Massa ampas yang dihasilkan dari filtrasi berkisar antara 21,08 g - 27,16 g.

Nilai rendemen evaporasi pada pelarut etanol berkisar antara 27,61 % - 83,17 %. Ekstrak hasil evaporasi dari setiap perlakuan masih berbentuk cair yang masih mengandung pelarut yang cukup tinggi, sehingga diperlukan perhitungan kadar sisa pelarut untuk bisa mendapatkan nilai ekstrak oleoresin tanpa pelarut. Lama evaporasi yang singkat serta suhu evaporasi yang tidak melebihi titik didih pelarut ekstraksi menyebabkan jumlah pelarut yang teruapkan tidak terlalu banyak. Hasil rendemen parsial ekstraksi, filtrasi, dan evaporasi dengan menggunakan pelarut etanol disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Rendemen Parsial Ekstraksi Etanol

<i>Running</i>	Ekstraksi (%)	Filtrasi (%)	Evaporasi (%)
1	83,32	68,50	68,68
2	71,87	45,62	27,61
3	93,51	61,58	66,74
4	83,88	67,85	65,28
5	90,16	76,63	83,17
6	98,81	78,42	77,64
7	66,46	59,77	54,87
8	84,96	68,47	75,87
9	78,36	69,16	76,53
10	61,26	42,51	43,16
11	99,45	73,23	72,99

Tabel 6 Kadar Sisa Pelarut Ekstrak (Etanol)

<i>Running</i>	KSP (%)
1	96,00
2	79,00
3	96,00
4	96,00
5	97,00
6	97,00
7	93,00
8	96,00
9	98,00
10	89,00
11	97,00
Rata-rata	94,00

Kadar Sisa Pelarut Ekstraksi (Etanol)

Nilai kadar sisa pelarut ekstrak dengan pelarut etanol masih tergolong sangat tinggi meskipun masih lebih rendah jika dibandingkan dengan kadar sisa pelarut n-heksana. Rata-rata nilai kadar sisa pelarut ekstrak menggunakan pelarut etanol sebesar 94,00 % atau 940.000 ppm. Hasil ini tidak memenuhi standar batasan sisa pelarut dalam bahan makanan menurut *Food and Drug Administration* (FDA) yaitu sebesar 30 ppm, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan oleoresin yang memenuhi standar FDA.

Kadar sisa pelarut oleoresin kulit mangga kuwani yang tinggi pada penelitian ini disebabkan juga oleh singkatnya proses evaporasi yang dilakukan yaitu 5 menit, lama evaporasi 5 menit tersebut bertujuan agar terdapat sejumlah sampel oleoresin untuk dilakukan proses uji. Nilai kadar

sisa pelarut pada ekstrak oleoresin menggunakan pelarut etanol disajikan pada Tabel 6.

Rendemen Total Ekstraksi (Etanol)

Nilai rendemen total tertinggi pada proses ekstraksi menggunakan pelarut etanol terdapat pada *running* 5 dengan nilai 16,34 %. *Running* 5 memiliki kombinasi jumlah pelarut sebesar 216,569 ml dengan lama ekstraksi 5 menit. Rendemen total terendah pada proses ekstraksi menggunakan pelarut etanol terdapat pada *running* 10 dengan nilai 6,91 %. *Running* 10 memiliki kombinasi jumlah pelarut sebesar 120 ml dengan lama ekstraksi 7 menit. Berdasarkan kedua hal tersebut dapat dilihat bahwa jumlah pelarut yang tinggi menghasilkan nilai rendemen yang tinggi pula. Menurut Rifai *et al.* (2018), semakin banyak jumlah pelarut yang digunakan maka rendemen ekstraksi yang dihasilkan akan semakin tinggi. Nilai rendemen total ekstrak oleoresin kulit mangga kuwani pelarut etanol 96 % disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Rendemen Total Oleoresin (Etanol)

<i>Running</i>	Rendemen Total (%)
1	11,30
2	9,34
3	8,72
4	10,84
5	16,34
6	15,93
7	11,11
8	12,87
9	11,03
10	6,91
11	11,58

Response 1: Rendemen (Etanol)

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	63.13	2	31.57	15.70	0.0017	significant
A-Volume Pelarut	56.34	1	56.34	28.02	0.0007	
B-Lama Ekstraksi	6.80	1	6.80	3.38	0.1032	
Residual	16.08	8	2.01			
Lack of Fit	13.82	6	2.30	2.03	0.3659	not significant
Pure Error	2.27	2	1.13			
Cor Total	79.22	10				

Gambar 6 Data Analisis Model Hasil RSM (Etanol)

Std. Dev.	1.42	R²	0.7970
Mean	11.45	Adjusted R²	0.7462
C.V. %	12.38	Predicted R²	0.5658
		Adeq Precision	10.1362

Gambar 7 Nilai *Fit Statistics* Hasil RSM (Etanol)

Optimasi Rendemen Menggunakan RSM (Etanol)

Hasil dari analisis ragam (ANOVA) yang dilakukan oleh RSM menunjukkan bahwa nilai *F-value* pada model memiliki nilai 15,70 dimana nilai itu menyatakan bahwa model tersebut signifikan. Hal tersebut membuktikan bahwa masing-masing komponen yaitu jumlah pelarut dan lama ekstraksi berpengaruh nyata terhadap nilai rendemen ekstrak dengan pelarut n-heksana. Nilai *p-value* pada model menunjukkan nilai yang kurang dari 0,0500 yaitu sebesar 0,0007, hal tersebut menunjukkan bahwa model signifikan. Nilai *lack of fit f-value* pada model yaitu 18,58 menunjukkan bahwa nilai *lack of fit* tidak signifikan. Nilai *Lack of Fit* yang tidak signifikan merupakan syarat untuk model yang baik karena

menunjukkan adanya kesesuaian data respon rendemen dengan model (Keshani *et al.*, 2010). Data analisis model disajikan pada Gambar 6.

Nilai R^2 lebih besar dibandingkan model yang lain yaitu sebesar 0,7970 dengan nilai *adjusted R²* sebesar 0,7462 dan *predicted R²* sebesar 0,5658. Nilai R^2 dapat menunjukkan besarnya kombinasi variabel independen yang memengaruhi nilai respon. Semakin nilai R^2 mendekati angka satu, maka model yang didapat semakin baik. Nilai *adjusted R²* dan *predicted R²* yang didapat mempunyai selisih nilai sebesar 0,1804, dimana hasil selisih ini menunjukkan nilai kurang dari 0,2. Adapun nilai selisih antara *adjusted R²* dan *predicted R²* yang baik adalah yang nilainya kurang dari 0,2. Nilai *Fit Statistics* Hasil RSM disajikan pada Gambar 7.

Hubungan variabel jumlah pelarut dan lama waktu ekstraksi membentuk model persamaan matematika linear untuk menghasilkan optimasi rendemen sebagai respon, persamaan nilai matematika tersebut dimodelkan pada persamaan 2 berikut.

$$Y = 0,07A - 0,46B + 3,14.....(2)$$

Keterangan:

Y = Rendemen (%)

A = Jumlah Pelarut (ml)

B = Lama Ekstraksi (menit)

Solusi yang diberikan oleh RSM terdapat 6 kombinasi dengan nilai *desirability* yang tinggi. Perlakuan nomor satu yaitu kombinasi jumlah pelarut 200 ml dan lama ekstraksi 3 menit memiliki nilai *desirability* tertinggi yaitu 0,861. Menurut Montgomery (2001), *desirability* adalah

nilai yang menentukan derajat ketepatan hasil solusi optimal, semakin nilai *desirability* mendekati angka satu maka semakin tinggi pula ketepatan optimasi. Data solusi RSM disajikan pada Gambar 8.

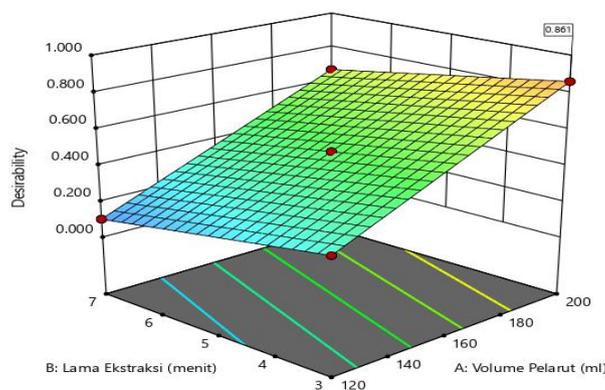
Grafik plot 3 dimensi ekstrak oleoresin kulit mangga kuwani cenderung memiliki bentuk linier. Semakin tinggi jumlah pelarut maka nilai *desirability* cenderung meningkat. Hal itu berbanding terbalik dengan pengaruh lama ekstraksi terhadap nilai *desirability*, semakin rendah lama ekstraksi maka semakin tinggi nilai *desirability*. Jika dilihat dari bentuk grafik, nilai *desirability* terlihat meningkat drastis ketika nilai jumlah pelarut meningkat, hal tersebut memperlihatkan bahwa kenaikan jumlah pelarut sangat memengaruhi nilai *desirability* yang tinggi. Grafik plot 3 dimensi nilai *desirability* disajikan pada Gambar 9.

Solutions

6 Solutions found

Number	Volume Pelarut	Lama Ekstraksi	Rendemen (Etanol)	Desirability	
1	200.000	3.000	15.027	0.861	Selected
2	200.000	3.036	15.011	0.859	
3	199.043	3.000	14.964	0.854	
4	200.000	3.178	14.945	0.852	
5	198.346	3.000	14.918	0.849	
6	200.000	3.667	14.720	0.828	

Gambar 8 Data Solusi RSM (Etanol)



Gambar 9 Grafik Plot 3 Dimensi Nilai *Desirability* (Etanol)

Tabel 8 Nilai Bobot Jenis Ekstrak Oleoresin

<i>Running</i>	Bobot Jenis (n-heksana)	Bobot Jenis (Etanol)
1	0,6828 ± 0,0114	0,8315 ± 0,0025
2	0,6871 ± 0,0129	0,9103 ± 0,0132
3	0,6805 ± 0,0078	0,8337 ± 0,0033
4	0,6871 ± 0,0079	0,8250 ± 0,0070
5	0,6784 ± 0,0150	0,8184 ± 0,0190
6	0,6696 ± 0,0033	0,8205 ± 0,0051
7	0,6740 ± 0,0077	0,8402 ± 0,0033
8	0,6740 ± 0,0077	0,8293 ± 0,0055
9	0,6740 ± 0,0013	0,8272 ± 0,0124
10	0,6784 ± 0,0090	0,8819 ± 0,0123
11	0,6740 ± 0,0066	0,8315 ± 0,0025
Rata-rata	0,6782 ± 0,0093	0,8409 ± 0,0288

Bobot Jenis Oleoresin

Bobot jenis merupakan perbandingan bobot suatu volume sampel dengan massa air pada suhu dan volume yang sama. Semakin besar nilai bobot jenis maka komponen yang terkandung dalam zat tersebut semakin banyak dengan berat molekul yang tinggi. Nilai bobot jenis ekstrak oleoresin dengan pelarut etanol cenderung lebih besar dari pada ekstrak oleoresin dengan pelarut n-heksana. Nilai rata-rata bobot jenis ekstrak oleoresin dengan etanol adalah 0,8409, sedangkan untuk ekstrak oleoresin dengan pelarut n-heksana adalah 0,6782. Nilai bobot jenis ekstrak oleoresin dengan pelarut etanol yg lebih besar dari n-heksana disebabkan oleh pelarut etanol yang mampu mengekstrak komponen kulit mangga kuweni lebih banyak daripada n-heksana. Secara keseluruhan nilai rata-rata oleoresin kulit mangga kuweni lebih kecil dari 1,00, hal tersebut membuktikan bahwa ekstrak oleoresin kulit mangga kuweni lebih ringan daripada air. Nilai bobot jenis ekstrak oleoresin kulit mangga kuweni disajikan pada Tabel 8.

Warna Oleoresin

Ekstrak oleoresin pelarut n-heksana cenderung berwarna kuning, sementara ekstrak oleoresin pelarut etanol cenderung berwarna hijau. Perbedaan warna tersebut disebabkan oleh berbedanya jenis pelarut serta nilai kepolaran dari n-heksana dan etanol. Nilai *Total Color Difference* (TCD) menunjukkan kategori sangat besar untuk kedua ekstrak, nilai TCD berkisar antara 35,73 - 51,03 untuk ekstrak dengan pelarut n-heksana dan 40,59 - 59,29 untuk ekstrak dengan pelarut etanol.

Nilai warna kuning yang terkandung pada kulit mangga kuweni cenderung bersifat non polar sehingga terbawa oleh pelarut n-heksana, sementara warna hijau yang terkandung pada kulit mangga kuweni cenderung bersifat polar sehingga terbawa oleh pelarut etanol. Kenampakan visual ekstrak oleoresin kulit mangga kuweni dapat dilihat pada Gambar 10.



Pelarut N-Heksana



Pelarut Etanol

Gambar 10 Kenampakan Visual Oleoresin Kulit Mangga Kuweni

Analisis Hasil Validasi

Validasi merupakan sebuah *running* dengan perlakuan solusi optimum untuk menunjukkan seberapa akurat solusi tersebut. Proses validasi dilakukan sebanyak dua kali pengulangan. Validasi dilakukan pada proses ekstraksi dengan menggunakan pelarut etanol sebagai bagian terakhir dari ekstraksi bertingkat.

Validasi yang dilakukan menghasilkan rendemen total untuk proses ekstraksi menggunakan etanol rata-rata sebesar 16,05 %.

Apabila dibandingkan dengan nilai yang diprediksi oleh RSM yaitu sebesar 15,03 %, maka selisih nilai rendemen prediksi dengan hasil rendemen validasi adalah 1,02 %. Nilai persen validasi yang didapat adalah 106,79 %, nilai tersebut melebihi dari nilai prediksi dari RSM. Besarnya nilai persen validasi yang melebihi 100 % berarti model menghasilkan estimasi diatas kondisi sebenarnya.

Hasil uji kerakteristik yang dilakukan pada ekstrak oleoresin hasil *running* dan juga hasil proses validasi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Pada uji kadar sisa pelarut terlihat bahwa rata-rata nilai KSP proses ekstraksi dengan etanol dalam *running* memiliki rata-rata 94,00 %, sedangkan pada proses validasi ini KSP rata-ratanya sebesar 97,00 %. Perbedaan nilai kadar sisa pelarut sebesar 3 % disebabkan oleh adanya variasi *running* yang dilakukan memiliki nilai kadar sisa pelarut yang kecil sehingga memengaruhi nilai rata-rata kadar sisa pelarut secara keseluruhan.

Nilai bobot jenis hasil *running* dan juga proses validasi tidak berbeda jauh. Nilai bobot jenis pada proses *running* dengan pelarut etanol memiliki rata-rata sebesar $0,8406 \pm 0,0284$, sedangkan pada hasil proses validasi dengan pelarut etanol memiliki bobot jenis sebesar $0,8131 \pm 0,0066$. Perbedaan hasil bobot jenis yang terjadi karena dipengaruhi oleh kepekatan dari setiap ekstrak yang berbeda, dimana perlakuan pada *running* yang berbeda-beda sehingga memengaruhi nilai rata-rata bobot jenis serta kondisi alat evaporator yang kadang tidak optimal menyebabkan terdapat perbedaan nilai bobot jenis.

Ekstraksi Maserasi (kontrol)

Maserasi dilakukan untuk melihat perbandingan hasil proses antara ekstraksi menggunakan gelombang mikro dengan maserasi. Ekstraksi maserasi berfungsi sebagai perlakuan kontrol pada penelitian ini. Maserasi yang dilakukan menggunakan kondisi proses dengan jumlah pelarut 200 ml dan waktu 3 menit sebagai perlakuan dengan solusi optimum. Suhu rata-rata ekstraksi MAE adalah 59,51 °C, dibulatkan pada suhu 60 °C.

Nilai rendemen total yang didapat pada perlakuan maserasi adalah 5,72 %, nilai tersebut lebih kecil daripada nilai rendemen total. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses ekstraksi MAE mampu mengekstrak bahan dengan baik

dibandingkan dengan maserasi. Gelombang mikro pada proses MAE menghasilkan panas secara merata yang mampu memaksimalkan proses ekstraksi dengan waktu yang singkat, sementara panas yang dihasilkan *magnetic stirrer* hanya berasal dari bagian bawah *beaker glass* sehingga suhu yang diterima tidak maksimal dalam proses maserasi dengan waktu singkat.

Nilai kadar sisa pelarut hasil ekstraksi maserasi adalah sebesar 99 %, nilai tersebut tergolong sangat tinggi, dan nilai bobot jenis pun cenderung lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan *running*, hal tersebut disebabkan oleh minimnya bahan yang terekstrak oleh proses ekstraksi maserasi, sehingga hasil ekstrak mengandung kadar sisa pelarut yang sangat tinggi dan bobot jenis yang lebih kecil dari perlakuan *running*. Nilai warna (hue) ekstraksi metode maserasi tidak memperlihatkan perbedaan yang mencolok, dimana uji warna menghasilkan hue yang sama dengan warna perlakuan optimum dari *running* yaitu *Yellow*.

KESIMPULAN

Solusi perlakuan optimum dari kombinasi antara lama ekstraksi dan jumlah pelarut pada ekstraksi oleoresin kulit mangga kuwani yang dihasilkan dari RSM adalah 7 menit dan 200 ml untuk ekstraksi dengan pelarut n-heksana dengan persamaan $Y = 0,04A + 0,69B - 3,09$, serta 3 menit dan 200 ml untuk ekstraksi dengan pelarut etanol dengan persamaan $Y = 0,07A - 0,46B + 3,1$. Nilai rendemen optimum oleoresin kulit mangga kuwani menggunakan pelarut etanol yang didapatkan setelah proses validasi sebesar 16,05 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Pasca Panen dan Teknologi Proses Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran yang menyediakan fasilitas untuk melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajila, C.M., Naidu, K.A., Bhat, S.G., Rao, U.J.S.P. 2007. Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food Chemistry*, 105(3), 982–988. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.052>
- Anam, C., G.J. Manuhara. 2005. Teknologi Pengolahan Jahe: Pengolahan Oleoresin

- Jahe (Materi Pelatihan Retooling). Disnakertrans. Karanganyar.
- Budi, F.S. 2009. Pengambilan Oleoresin Dari Ampas Jahe (Hasil Samping Penyulingan Minyak Jahe) Dengan Proses Ekstraksi. *Teknik*, 30(3), 156–161. <https://doi.org/10.14710/teknik.v30i3.1888>
- Calinescu, I., Ciuculescu, C., Popescu, M., Bajenaru, S., Epure, G. 2001. Microwaves Assisted Extraction of Active Principles from Vegetal Material. *Romanian International Conference on Chemistry and Chemical Engineering*, 12, 1-6.
- Chen, M.H., Huang, T.C. 2016. Volatile and nonvolatile constituents and antioxidant capacity of oleoresins in three Taiwan citrus varieties as determined by supercritical fluid extraction. *Molecules*, 21(12). <https://doi.org/10.3390/molecules21121735>
- Garcia-Salas, P., Morales-Soto, A., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A. 2010. Phenolic-compound-extraction systems for fruit and vegetable samples. *Molecules*, 15(12), 8813–8826. <https://doi.org/10.3390/molecules15128813>
- Guenther, E. 1987. Minyak Atsiri Jilid I (Penerjemah S. Ketaren). Jakarta. Penerbit Universitas Indonesia.
- Irawan, B. 2010. Peningkatan Mutu Minyak Nilam dengan Ekstraksi dan Destilasi pada Berbagai Komposisi Pelarut. Tesis. Teknik Kimia Universitas Diponegoro. Semarang.
- Keshani, S., Luqman Chuah, A., Nourouzi, M.M., Russly, A.R., Jamilah, B. 2010. Optimization of concentration process on pomelo fruit juice using response surface methodology (RSM). *International Food Research Journal*, 17(3), 733–742.
- Kim H. 2010. Antioxidant and Antiproliferative Activities of Mango (*Mangifera indica* L.) Flesh and Peel. *Food Chem.* 121: 429-436.
- Kumar, A.A., Karthick., K., Arumugam, K.P. 2011. Properties of Biodegradable Polymers and Degradation for Sustainable Development. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 2(3), 164–167. <https://doi.org/10.7763/ijcea.2011.v2.95>
- LeBlanc, G.N. 2000. *Microwave-Assisted Extraction: Environmental Applications*. Academic Press. Vol III: 3387-3394.
- Mandal, V., Mohan, Y., Hemalatha, S. 2007. Microwave Assisted Extraction – An Innovative and Promising Extraction Tool for Medicinal Plant Research. *Pharmacognosy Reviews*, 1(1), 7–18.
- Montgomery, D.C. 2001. Design and analysis of experiments. New York (US): John Wiley & Sons, Inc.
- Orozco R.R., Balderas Hernández, P., Roa Morales, G., Ureña Núñez, F., Orozco Villafuerte, J., Lugo Lugo, V., Flores Ramírez, N., Barrera Díaz, C. E., Cajero Vázquez, P. 2014. Characterization of Lignocellulosic Fruit Waste as an Alternative Feedstock for Bioethanol Production. *BioResources*, 9(2), 1873–1885. <https://doi.org/10.15376/biores.9.2.1873-1885>
- Pracaya. 1991. Bertanam Mangga. Edisi Revisi. Jakarta: Penebar Swadaya
- Puligundla, P., Obulam, V.S.R., Oh, S.E., Mok, C. 2014. Biotechnological potentialities and valorization of mango peel waste: A review. *Sains Malaysiana*, 43(12), 1901–1906. <https://doi.org/10.17576/jsm-2014-4312-12>
- Rifai, G., Rai Widarta, I.W., Ayu Nocianitri, K. 2018. Pengaruh Jenis Pelarut Dan Rasio Bahan Dengan Pelarut Terhadap Kandungan Senyawa Fenolik Dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Biji Alpukat (*Persea Americana* Mill.). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 7(2), 22–32. <https://doi.org/10.24843/itepa.2018.v07.i02.p03>
- Saragih, Bungaran. 2004. *Pembangunan Pertanian dengan Paradigma Sistem dan Usaha Agribisnis*. Melalui: <http://pse.litbang.pertanian.go.id>
- Standar Nasional Indonesia. 2006. *SNI 06-2385-2006: Minyak Nilam*. Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta.
- Sukma, I.W.A., Harsojuwono, B.A., Arnata, I.W. 2017. Pengaruh Suhu Dan Lama Pemanasan Ekstraksi Terhadap Rendemen Dan Mutu Alginat Dari Rumpuk Laut Hijau

- Sargassum Sp. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 5(1), 71–80.
- Uhl, S.R. 2000. Spices, Seasoning and Flavourings. CRC Press, Boca Raton
- Wartini, N.M., Ganda Putra, G.G.P., Ina, P.T. 2015. Komposisi Kimia Absolut Minyak Atsiri Daun Pandan Wangi Hasil Perlakuan Curing. *Media Ilmiah Teknologi Pangan*, 2(1), 16–22.
- Widyasanti, A., Aryadi, H., Rohdiana, D. 2018. Pengaruh Perbedaan Lama Ekstraksi Teh Putih dengan Menggunakan Metode Microwave Assisted Extraction (MAE). *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*. 22 (2), 165-174
- Yulianti, D., Susilo, B., Yulianingsih 2014. Pengaruh Lama Ekstraksi Dan Konsentrasi Pelarut Etanol Terhadap Sifat Fisika-Kimia Ekstrak Daun Stevia (Stevia Rebaudiana Bertoni M.) Dengan Metode Microwave Assisted extraction (MAE). *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 2(1), 35–41.