

# **PENGARUH DAYA DAN RASIO BAHAN PADA EKSTRAKSI KAYU CENDANA (*Santalum album*) DENGAN METODE MICROWAVE HYDRODISTILLATION: OPTIMASI MENGGUNAKAN RESPONSE SURFACE METHODOLOGY**

**Heri Septya Kusuma dan Mahfud**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Jl. Arif Rahman Hakim, Sukolilo, Surabaya 60111  
Email : mahfud@chem-eng.its.ac.id

## **Abstrak**

*Minyak cendana merupakan salah satu jenis minyak atsiri yang disebut dengan minyak eteris atau minyak terbang. Untuk mengoptimalkan potensi minyak nilam, maka salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah memperbaiki metode destilasi dan kondisi operasi agar dapat menghasilkan minyak nilam dalam waktu yang relatif singkat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari proses pengambilan minyak cendana dari kayu cendana dengan menggunakan metode microwave hydrodistillation, mempelajari beberapa parameter yang berpengaruh seperti pengaruh rasio antara bahan baku yang diekstrak dengan pelarut dan daya microwave yang digunakan terhadap yield minyak cendana yang dihasilkan, serta menentukan kondisi operasi optimum pada proses ekstraksi minyak cendana dengan menggunakan metode microwave hydrodistillation untuk mendapatkan yield minyak cendana yang maksimum. Metode yang digunakan untuk menentukan kondisi optimum dari masing-masing variabel adalah Response Surface Methodology (RSM). Dari hasil penelitian ini diperoleh model empiris yang sesuai dengan percobaan, dimana kondisi operasi optimum untuk ekstraksi minyak cendana dengan metode microwave hydrodistillation yang memberikan yield minyak cendana maksimum adalah pada daya microwave 601,355 W dan rasio antara bahan baku yang diekstrak dengan pelarut 0,10 g.mL<sup>-1</sup>.*

**Kata Kunci:** minyak cendana, microwave hydrodistillation, ekstraksi, response surface methodology

## **Abstract**

*Sandalwood oil is one of the essential oil called etheric oils or oils fly. To optimize the potential of sandalwood oil, then one attempt to do is improve the distillation method and the operating conditions in order to produce sandalwood oil within a relatively short time. The purpose of this research is to study the process of taking sandalwood oil from sandalwood by using microwave hydrodistillation, learn some influencing parameters such as the effect of the ratio between the raw material is extracted with a solvent and the microwave power is used to the yield of sandalwood oil produced, as well as determine the optimum operating conditions on sandalwood oil extraction process using microwave hydrodistillation method to obtain the maximum yield of sandalwood oil. The method used to determine the optimum conditions of each variable is the Response Surface Methodology (RSM). From these results it can be seen that the empirical model obtained in accordance with the experiment, in which the optimum operating conditions for the extraction of sandalwood oil with microwave hydrodistillation method that yields maximum sandalwood oil is at microwave power of 601.355 W and the ratio between the raw material that is extracted with a solvent of 0.10 g.mL<sup>-1</sup>.*

**Keywords:** sandalwood oil, microwave hydrodistillation, extraction, response surface methodology

## PENDAHULUAN

Minyak atsiri dikenal juga dengan nama minyak eteris atau minyak terbang (*essential oil*, *volatil oil*) yang dihasilkan oleh tanaman. Minyak atsiri dapat diperoleh dari akar, batang, daun, bunga tanaman. Minyak atsiri mempunyai sifat-sifat mudah menguap pada suhu kamar tanpa mengalami dekomposisi, mempunyai rasa getir (*pungent taste*), berbau wangi sesuai dengan bau tanamannya, umumnya larut dalam pelarut organik dan tidak larut dalam air. Minyak atsiri dalam industri digunakan untuk pembuatan kosmetik, parfum, *antiseptik*, obat-obatan, "*flavoring agent*" dalam bahan pangan atau minuman dan sebagai pencampur rokok kretek serta sebagai *aromatherapy* (Suhirman, 2009).

Tanaman cendana (*Santalum album*) adalah salah satu tanaman yang mengandung minyak atsiri yang terdapat pada batang dan akar kayu cendana tersebut. Minyak cendana memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Kandungan minyak terbanyak pada pohon cendana terletak pada bagian terasnya yaitu bagian batang atau akar yang berwarna kuning sampai coklat muda dan beraroma sangat harum.

Beberapa hal yang dapat dijadikan solusi untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas minyak cendana, antara lain adalah proses pembudidayaan pohon cendana, teknik distilasi dan peralatan yang digunakan, perlakuan bahan baku, proses pemurnian minyak cendana serta pengemasan produk minyak cendana. Ada beberapa jenis metode yang bisa dilakukan untuk memisahkan atau mendapatkan minyak cendana, antara lain penyulingan (distilasi), ekstraksi dan lain-lain. Tetapi saat ini yang sering digunakan adalah penyulingan. Alternatif lain dalam pengolahan minyak cendana adalah dengan menggunakan proses ekstraksi dengan pelarut mudah menguap. Namun dengan metode tersebut dibutuhkan waktu yang cukup lama dan pemurnian lebih lanjut untuk mendapatkan minyak cendana. Oleh karena itu perlu dikembangkan metode baru untuk mendapatkan minyak cendana yaitu dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation*. Selain itu penggunaan metode *microwave hydrodistillation* ini juga didasarkan atas ketersediaan *microwave* yang cukup mudah didapatkan di masyarakat (Maryadi, 2007).

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari proses pengambilan minyak cendana (*sandalwood oil*) dari kayu cendana dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation*. Selain itu pada penelitian ini juga dipelajari beberapa faktor yang berpengaruh seperti pengaruh rasio antara bahan baku yang diekstrak dengan pelarut dan daya *microwave* yang digunakan terhadap rendemen minyak cendana yang dihasilkan.

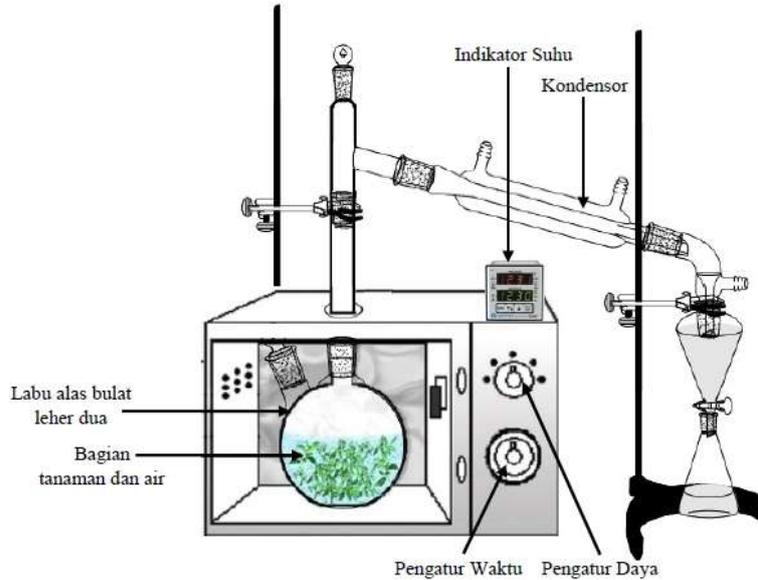
## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan baku utama yang digunakan pada penelitian ini adalah kayu cendana yang berasal dari Kupang, Nusa Tenggara Timur dalam bentuk serbuk. Sedangkan bahan-bahan pembantu dalam ekstraksi minyak cendana dengan metode *microwave hydrodistillation* adalah:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat dan aquadest.

### Prosedur

Pada ekstraksi minyak cendana dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation*, mula-mula serbuk kayu cendana ditimbang sesuai dengan rasio bahan baku terhadap *solvent* yang telah ditentukan (0,10, 0,15, dan 0,20 g.mL<sup>-1</sup>). Selanjutnya dilakukan instalasi alat ekstraksi seperti yang terlihat pada Gambar 1. Bahan baku yang telah ditimbang dimasukkan pada *distiller* dan ditambahkan pelarut (akuades) sebanyak 400 mL. Selanjutnya *microwave* dinyalakan agar *distiller* yang telah terisi bahan baku dan pelarut mendapatkan paparan radiasi *microwave* sesuai kondisi operasi yang telah ditentukan (400 W, 600 W, dan 800 W). Kemudian menunggu sampai tetes pertama keluar dari *adaptor*. Waktu ekstraksi dihitung mulai tetes pertama keluar dari *adaptor*. Proses ekstraksi dihentikan setelah 2 jam. Minyak cendana yang telah diperoleh yang masih bercampur dengan air selanjutnya dipisahkan menggunakan corong pemisah. Setelah dipisahkan, minyak yang diperoleh didehidrasi dengan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat. Minyak yang telah didehidrasi ini kemudian dihitung *yield*-nya dan disimpan pada temperatur 4 °C.



**Gambar 1.** Skema alat untuk ekstraksi minyak cendana dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation*

**Rancangan Percobaan dan Optimasi dengan Response Surface Methodology (RSM)**

RSM (*Response Surface Methodology*) adalah suatu metode statistik untuk perancangan percobaan, pemodelan matematik, optimasi dan analisis statistik dalam penelitian. Dengan menggunakan RSM, sebuah persamaan polinomial kuadrat dikembangkan untuk memperkirakan hasil percobaan sebagai fungsi dari interaksi antara variabel bebas. Koefisien dari model empirik diestimasi dengan menggunakan teknik analisa regresi multiarah yang ada dalam RSM. Secara umum persamaan empirik yang akan digunakan adalah:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i X_i^2 + \sum_{i=1}^3 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j = 2}^3 \beta_{ij} X_i X_j \tag{1}$$

dimana  $Y = yield$  minyak cendana yang diperkirakan,  $\beta_0 = koefisien intercept$ ,  $\beta_i = koefisien linier X_i$ ,  $\beta_{ii} = koefisien kuadrat X_i$ ,  $\beta_{ij} = koefisien interaksi, X_i dan X_j = variabel bebas$  (George Box *et.al.*, 1990).

Adapun rentang variabel bebas dan levelnya ditunjukkan di Tabel 1, sedangkan rancangan percobaan berdasarkan metode *Central Composite Design* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Rentang dan level variabel bebas

Variabel bebas	Range and Levels				
	Star point (-α)	Low level (-1)	Center level (0)	High level (+1)	Star point (+α)
Daya <i>microwave</i> (W)	317,157	400	600	800	882,843
Rasio antara bahan baku yang diekstrak dengan pelarut (g.mL <sup>-1</sup> )	0,0792893	0,10	0,15	0,20	0,220711

Kurva tiga dimensi (*Three dimensional response surface and Contour plot*) digunakan untuk menguji kebenaran pengaruh variabel percobaan pada hasil yang diperoleh. Koefisien-koefisien pada model empirik diestimasi dengan menggunakan analisis regresi multiarah. Kesesuaian model empirik dengan data eksperimen dapat ditentukan dari koefisien determinasi ( $R^2$ ). Untuk menguji signifikan atau tidaknya model empirik yang dihasilkan digunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) (Veronique *et.al.*, 1983).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Ekstraksi minyak cendana dengan metode *microwave hydrodistillation***

Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi minyak cendana dengan metode *microwave hydrodistillation*. Dalam metode ini, dilakukan refluks atau *recycle* pelarut (pengembalian air destilat sebagai pelarut) ke dalam labu distiller yang disebut kohobasi. Hal ini disebabkan karena apabila tidak ditambahkan atau dilakukan pengembalian pelarut lagi, maka pelarut yang dipakai akan cepat habis. Refluks atau kohobasi ini juga bertujuan untuk menghindari kehilangan minyak yang masih terikut dalam destilat air sehingga bisa didapatkan

rendemen minyak yang maksimal serta membantu proses ekstraksi minyak berlangsung secara kontinyu.

Pada ekstraksi minyak cendana dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* ini dapat dilihat adanya pengaruh dari beberapa parameter. Parameter yang berpengaruh pada ekstraksi minyak cendana dengan metode *microwave hydrodistillation* antara lain rasio antara bahan baku yang diekstrak dengan pelarut dan daya *microwave* yang digunakan.

Perlakuan terhadap bahan yang mengandung minyak merupakan salah satu hal yang perlu diperhatikan. Minyak atsiri yang terdapat dalam kayu cendana dikelilingi oleh kelenjar minyak, pembuluh-pembuluh, kantung minyak atau rambut

glandular. Apabila kayu cendana dibiarkan dalam keadaan utuh, maka minyak atsiri hanya dapat diekstraksi jika uap air berhasil melalui jaringan daun nilam dan mendesaknya ke permukaan. Proses ini hanya dapat terjadi karena peristiwa hidrodifusi, suatu fenomena yang penting artinya dalam proses penyulingan kayu cendana. Proses difusi akan berlangsung sangat lambat bila kayu cendana dibiarkan dalam keadaan utuh. Hal ini disebabkan karena kecepatan minyak yang terekstrak ditentukan oleh kecepatan difusi. Oleh karena itu, pada ekstraksi minyak cendana dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* ini digunakan kayu cendana dalam bentuk serbuk.

Tabel 2. Matriks rancangan *response surface central composite*

Run	Variabel bebas		Yield ekstraksi (g/100g)		
	X <sub>1</sub> (W)	X <sub>2</sub> (g.mL <sup>-1</sup> )	Eksperimental	Prediksi	Residu
1	600	0,15	0,5888	0,5888	0,0000
2	600	0,15	0,5888	0,5888	0,0000
3	317,157	0,15	0,5268	0,5480	-0,0212
4	600	0,15	0,5888	0,5888	0,0000
5	800	0,20	0,5094	0,4870	0,0223
6	600	0,15	0,5888	0,5888	0,0000
7	400	0,10	0,6295	0,6494	-0,0200
8	800	0,10	0,6539	0,6503	0,0036
9	400	0,20	0,4578	0,4590	-0,0012
10	882,843	0,15	0,5140	0,5624	-0,0485
11	600	0,15	0,5888	0,5888	0,0000
12	600	0,220711	0,4617	0,5066	-0,0449
13	600	0,0792893	0,7384	0,6835	0,0549

Secara umum dapat dilihat bahwa berkurangnya *yield* minyak cendana seiring dengan semakin banyaknya massa bahan dapat disebabkan oleh faktor kepadatan bahan, yaitu rasio antara massa bahan dan kapasitas volume labu *distiller* yang digunakan. Faktor rasio ini terkait dengan seberapa padatnya (banyaknya) kondisi bahan baku yang dimasukkan dalam labu destilasi (*distiller*), sehingga proses ekstraksi dan penguapan minyak bisa berjalan secara sempurna. Tingkat kepadatan bahan berhubungan erat dengan besar ruangan antar bahan. Kepadatan bahan yang terlalu tinggi dan tidak merata dapat menyebabkan terbentuknya jalur “*rat holes*” yang dapat menurunkan *yield* dan mutu minyak (Guenther, 1987). Selain itu, semakin besar kepadatan bahan juga mengakibatkan laju penyulingan atau penguapan minyak akan semakin lambat, karena terhambatnya ruang gerak untuk bisa menguap menuju kondensor. Sehingga akhirnya menyebabkan rendemen dan efisiensi penyulingan menurun. Pembahasan mengenai rasio massa bahan dan kapasitas alat destilasi ini juga bermanfaat nantinya untuk proses *scale up* alat, yang aplikasinya untuk menentukan perbandingan massa bahan baku dan kapasitas volume alat destilasi (ketel

suling) yang dapat digunakan agar diperoleh rendemen yang maksimal.

Selain parameter rasio antara bahan baku yang diekstrak dengan pelarut yang berpengaruh terhadap *yield* minyak cendana, terdapat juga parameter lain yang berpengaruh yaitu daya *microwave* yang digunakan. Dalam ekstraksi minyak cendana, daya *microwave* berperan sebagai *driving force* untuk memecah struktur membran sel tanaman, sehingga minyak dapat terdifusi keluar dan larut dalam pelarut. Dengan adanya penambahan daya *microwave* yang digunakan secara umum akan meningkatkan *yield* dan mempercepat waktu ekstraksi (Liang *et.al.*, 2008). Hal ini disebabkan karena semakin besar daya *microwave* yang digunakan maka suhu operasi dapat naik di atas titik didih pelarut.

#### Permodelan empiris *yield* minyak cendana

Percobaan ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai optimum variabel rasio antara bahan baku yang diekstrak dengan pelarut dan daya *microwave* yang digunakan dalam ekstraksi minyak cendana. Proses optimasi variabel-variabel tersebut dilakukan berdasarkan matriks rancangan seperti ditunjukkan pada

Tabel 2. Sehingga dapat diperoleh model empiris untuk *yield* minyak cendana dengan menggunakan teknik analisa regresi multiarah seperti ditunjukkan persamaan berikut :

$$Y = 0,64734 + 0,000941999X_1 - 2,92453X_2 + 0,00068X_1X_2 - 0,00000839844X_1^2 + 2,49250X_2^2 \quad (2)$$

dimana Y adalah *yield* minyak cendana (g/100g), X<sub>1</sub> adalah daya *microwave* dan X<sub>2</sub> adalah rasio antara

bahan baku yang diekstrak dengan pelarut. Keakuratan model ini dapat diketahui dari harga koefisien determinasi, R<sup>2</sup>, yang mencapai 0,9752. Dari harga R<sup>2</sup> ini dapat disimpulkan bahwa nilai yang diperkirakan dengan model mendekati nilai yang diperoleh dari hasil percobaan. Ini menandakan bahwa 97,52% dari total variasi pada hasil yang diperoleh terwakili dalam model. Keakuratan model ini juga dapat diketahui dari hasil ANOVA seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel ANOVA untuk ekstraksi minyak cendana

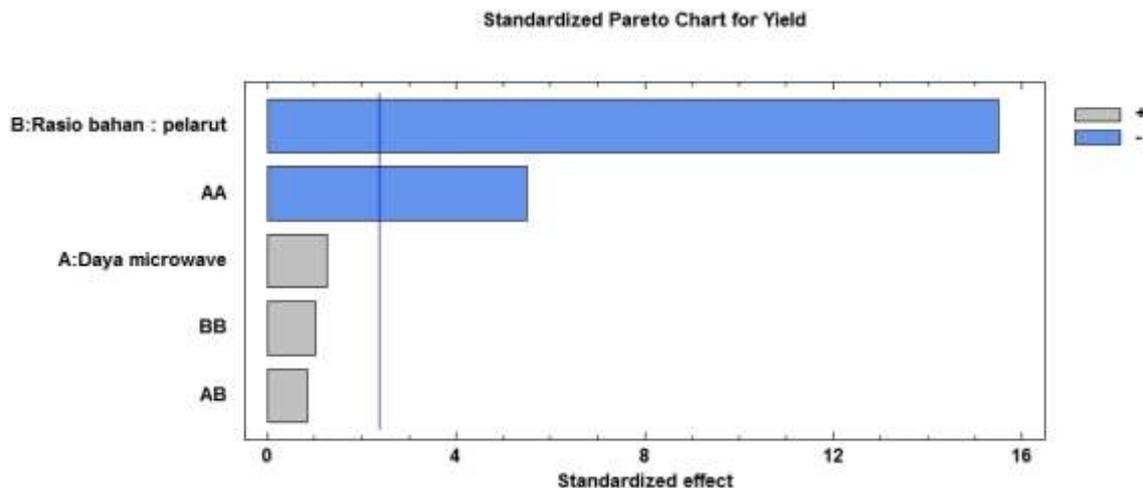
Sumber variasi	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value
SS regresi	0,072	5	0,014	55,13
SS error	0,001824	7	0,0002606	
SS total	0,074	12		
R <sup>2</sup>	0,9752			

Dari Tabel 3. diketahui bahwa nilai F hasil perhitungan sebesar 10,62106 lebih dari nilai F dalam tabel distribusi. Nilai F ini secara statistik menunjukkan regresi yang signifikan pada level 5%. Signifikansi koefisien regresi terhadap model disajikan dalam Tabel 4. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa suku yang terdiri dari satu faktor menunjukkan efek linier, suku yang terdiri dari dua

faktor menunjukkan efek interaksi antara kedua faktor (variabel), dan suku yang berpangkat dua menunjukkan efek kuadratik terhadap hasil. Nilai F dan p digunakan untuk mengetahui signifikan atau tidaknya masing-masing suku. Semakin kecil nilai p, semakin signifikan harga koefisiennya, dan semakin berperan terhadap hasil yang diperoleh.

Tabel 4. Efek koefisien regresi terhadap model

Faktor	df	Sum of Squares	Mean Square	F Value	p-value
X <sub>1</sub>	1	0,0004190	0,0004190	1,61	0,2453
X <sub>2</sub>	1	0,063	0,063	240,15	<0,0001
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	1	0,0001850	0,0001850	0,71	0,4273
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	1	0,007851	0,007851	30,13	0,0009
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	1	0,0002701	0,0002701	1,04	0,3425



Gambar 2. Diagram Pareto untuk menentukan variabel yang paling berpengaruh dalam proses ekstraksi minyak cendana

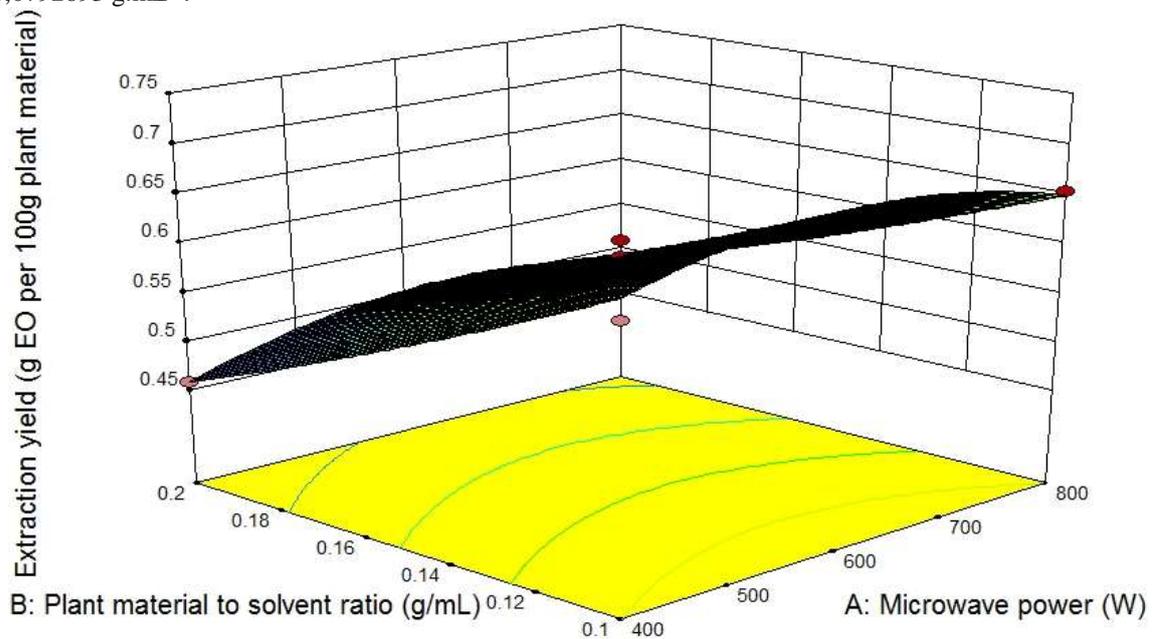
Dari Tabel 4 dan Gambar 2 di atas terlihat bahwa suku linier dari rasio antara bahan baku yang diekstrak dengan pelarut (X<sub>2</sub>) memberikan efek terbesar pada proses ekstraksi minyak cendana,

dengan tingkat kepercayaan 95% yang ditandai dengan nilai p yang terkecil (<0,0001) < 0,01 dan nilai absolute F terbesar (240,15). Sedangkan suku kuadratik dari rasio antara bahan baku yang

diekstrak dengan pelarut ( $X_2$ ) menunjukkan efek yang lebih kecil, yang diketahui dari nilai p yang lebih besar dan nilai absolut F yang lebih kecil dari suku rasio antara bahan baku yang diekstrak dengan pelarut operasi linier, dengan tingkat kepercayaan 95%. Dari perhitungan berdasarkan model pada Persamaan (2), diperoleh hasil *yield* minyak cendana sebesar 0,6835 g per 100 g serbuk kayu cendana, yang merupakan persentase maksimum yang dapat dicapai dengan variabel proses yang optimum yaitu nilai daya *microwave* ( $X_1$ ) 600 W dan rasio antara bahan baku yang diekstrak dengan pelarut ( $X_2$ ) 0,0792893 g.mL<sup>-1</sup>.

### Optimasi ekstraksi minyak cendana

Untuk dapat memperoleh minyak cendana yang optimum, maka pada ekstraksi minyak cendana dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* ini dilakukan optimasi. Kondisi operasi optimal diperoleh pada daya *microwave* 601,355 W. Semakin besar daya *microwave* yang digunakan akan memberikan *yield* minyak cendana yang semakin besar, tetapi apabila daya *microwave* yang digunakan lebih dari 601,355 W maka *yield* minyak cendana akan menjadi lebih sedikit.



**Gambar 3.** Pengaruh daya *microwave* yang digunakan dan rasio antara bahan baku yang diekstrak dengan pelarut terhadap *yield* minyak cendana

Hal ini disebabkan karena dengan suhu operasi yang semakin tinggi seiring dengan semakin besarnya daya *microwave* yang digunakan dapat menyebabkan terjadinya degradasi thermal terhadap minyak cendana yang dihasilkan. Berkurangnya *yield* minyak cendana yang dihasilkan selain disebabkan oleh terjadinya degradasi thermal juga dapat disebabkan oleh adanya ketidakstabilan dari flavonoid yang terdapat pada minyak cendana akibat suhu operasi yang lebih tinggi dari 110 °C (Chemat and Cravotto, 2013).

### SIMPULAN

Pada ekstraksi minyak cendana dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* ini dapat dilihat adanya pengaruh dari beberapa parameter, antara lain rasio antara bahan baku yang diekstrak dengan pelarut dan daya *microwave* yang digunakan. Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa variabel operasi yang paling

berpengaruh dalam proses ekstraksi minyak cendana adalah rasio antara bahan baku yang diekstrak dengan pelarut. Kondisi operasi yang optimal untuk ekstraksi minyak cendana dengan metode *microwave hydrodistillation* adalah pada daya *microwave* 601,355 W dan rasio antara bahan baku yang diekstrak dengan pelarut 0,10 g.mL<sup>-1</sup>. Dimana berdasarkan model yang diperoleh dari metode RSM, hasil persentase *yield* minyak cendana maksimum sebesar 0,6835 g per 100 g serbuk kayu cendana. Dengan mengetahui kondisi untuk memperoleh *yield* minyak cendana yang optimum, maka ekstraksi minyak cendana dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* bisa lebih ditingkatkan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Chemat F. and Cravotto G. 2013. *Microwave-assisted Extraction for Bioactive Compounds : Theory and Practice*. Springer. New York. Hal 1-52.

- George Box, William Hunter & J. Stuart Hunter, 1990, *Statistics for experimenters : An Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building*. John Wiley & Sons. New York.
- Guenther, Ernest. 1987. *Minyak Atsiri Jilid 1*. Penerjemah Ketaren S. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Liang H, Hu Z, Cai M. 2008. Desirability Function Approach for the Optimization of Microwave-Assisted Extraction of Saikosaponins from Radix Bupleuri. *Separation and Purification Technology*. Vol 61(3) : 266-275.
- Maryadi, Adhi. 2007. *Pembutatan Bahan Acuan Minyak Nilam*. Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian-LIPI. Serpong.
- Suhirman, Shinta. 2009. *Aplikasi Teknologi Pemurnian Untuk Meningkatkan Mutu Minyak Nilam*. Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik. Bogor.
- Veronique C, Max F, Constantin C, and Christian D. 1982. Application of Response Surface Methodology to Evaluation of Bioconversion Experimental Conditions. *Applied and Environmental Microbiology* Vol.45(2) : 634-639.