



PAPER – OPEN ACCESS

Proses Ekstraksi Minyak atsiri pada Kunyit (*Curcuma Domestica Val.*) subgrade Menggunakan Metode Distilasi Uap

Author : Agus Suyono, dkk.
DOI : 10.32734/ee.v7i1.2183
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 7 Issue 1 – 2024 TALENTA Conference Series: Energy and Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).

Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Proses Ekstraksi Minyak Atsiri pada Kunyit (*Curcuma Domestica Val.*) subgrade Menggunakan Metode Distilasi Uap

Agus Suyono*, Dodyk Pranowo, Suprayogi

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang

agussuyono@student.ub.ac.id, dodykpranowo@ub.ac.id, suprayogi22@ub.ac.id

Abstrak

Kunyit (*Curcuma longa L.*) merupakan tanaman yang banyak tumbuh di Indonesia. Produksi kunyit di Indonesia pada tahun 2022 sebanyak 196.499,57 ton (BPS, 2023). Kunyit subgrade segar yang tidak masuk pasar di ekstraksi untuk menghasilkan minyak atsiri. Proses ekstraksi minyak atsiri menggunakan metode distilasi uap. Pada umumnya metode destilasi uap digunakan untuk mengekstraksi minyak dari tanaman aromatik dan tanaman obat dengan uap yang dihasilkan dari boiler. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa efektif kunyit subgrade dilakukan proses ekstraksi dalam menghasilkan minyak atsiri. Alat destilasi uap yang digunakan dengan sistem pemanasan ketel menggunakan tekanan dan lama waktu ekstraksi sebagai faktor penghasil *yield* yang optimal. Analisis yang dilakukan terdiri dari hasil rendemen (*yield*), densitas, indeks bias, dan pengujian GC-MS (*Gass Chromatography – Mass Spectrometry*) berdasarkan tekanan dan waktu distilasi optimal. Diperoleh hasil yang disarankan oleh software Design Expert 13 merekomendasikan perlakuan yang optimal pada proses destilasi minyak kunyit yaitu perlakuan tekanan uap 1,262 atm dan waktu destilasi 8 jam, diprediksi menghasilkan rendemen 0,911%, densitas 0,973 dan indeks bias 1,510. Analisis GC-MS sampel perlakuan optimal dominan mengandung senyawa turmeron, Ar-turmeron, dan (E)-atlanton dengan jumlah masing-masing sebesar 18,70%, 11,67%, dan 7,25%.

Kata Kunci: Destilasi; Kunyit; Minyak Kunyit; RSM

Abstract

Turmeric (Curcuma longa L.) is a plant that grows widely in Indonesia. Curry production in Indonesia by 2022 will be 196,499,57 tons (BPS, 2023). Fresh subgrade turmeric that does not enter the market is extracted to produce essential oil. The essential oil extraction process uses the steam distillation method. In general, the steam distillation method is used to extract oil from aromatic plants and medicinal plants with steam produced from a boiler. The aim of this study is to find out how effective subgrade turmeric is in the extraction process for the production of essential oils. Steam distillation equipment used with a boiler heating system relies on pressure and long extraction times to produce optimal results. The analysis consists of yield results, density, bias index, and GC-MS (Gass Chromatography—Mass Spectrometry) testing based on optimum distillation pressure and time. The results were suggested by the Design Expert 13 software, which said that the best way to distill turmeric oil would be with a steam pressure of 1.262 atm and an 8-hour distillation time. This would produce yield 0,911%, density 0,973, and bias index 1,510. GC-MS analysis of the dominant optimal treatment sample contained compounds of turmeron, ar-turmeron, and (E)-atlanton in amounts of 18.70%, 11.67%, and 7.25%, respectively.

Kata Kunci: : Distillation; Turmeric; Turmeric Oil; RSM

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki sejumlah besar keanekaragaman hayati dan banyak potensi yang belum dimanfaatkan dalam industri pertanian. Posisi geografis Indonesia, menempatkan Indonesia dalam iklim tropis dengan curah hujan dan kelembaban tinggi.

Salah satu tanaman yang paling sering ditemukan di Indonesia adalah kunyit (*Curcuma longa L.*). Pada tahun 2022, Indonesia akan memproduksi 196.499,57 ton kunyit. Bagian kunyit yang paling banyak dimanfaatkan adalah rimpangnya yang digunakan dalam pengobatan tradisional, pewarna tekstil, bumbu kuliner, dan kosmetik [1].

Kunyit mengandung banyak senyawa kimia yang dapat membantu dalam pengobatan berbagai penyakit, mulai dari gangguan lambung hingga masalah pernapasan. Di antara senyawa-senyawa tersebut, kurkumin adalah yang paling penting dan merupakan salah satu jenis polifenol. Beberapa senyawa kimia yang terdapat dalam kunyit meliputi kurkumin, demetoksikurkumin, dan bisdemetoksikurkumin. Kunyit juga mengandung minyak atsiri seperti turmeron, ar-turmeron, dan zingiberen. Penggunaan kurkumin dari kunyit telah banyak diteliti, baik sebagai suplemen makanan, pewarna makanan, maupun bahan kosmetik [2]. Kunyit berfungsi untuk mengobati dan menyembuhkan berbagai masalah, mulai dari sindrom iritasi usus besar hingga nefropati diabetik [3].



Gambar 1. Kunyit Subgrade

Kunyit biasa dijual berupa rimpang kunyit dalam bentuk segar atau basah yang memiliki grade baik. Kunyit subgrade memiliki nilai ekonomi yang rendah dan tidak laku di pasaran. Upaya meningkatkan nilai jual kunyit dengan grade rendah (Subgrade) perlu diversifikasi kunyit dalam bentuk lain tanpa mengurangi kandungan kimianya. Kunyit subgrade pada **Gambar 1** akan dilakukan proses ekstraksi untuk menghasilkan minyak kunyit. Proses pemisahan minyak kunyit dari rimpang kunyit dilakukan melalui proses destilasi atau penyulingan. Destilasi minyak kunyit (*turmeric oil*) merupakan suatu proses kompleks dengan berbagai faktor yang dapat mempengaruhi hasil dan komposisinya. Destilasi uap dengan sebagai sumber pemanasnya dari ketel seperti pada **Gambar 2** akan menghasilkan minyak kunyit. Penelitian telah menunjukkan bahwa metode penyulingan yang digunakan berpengaruh signifikan terhadap sifat kimia minyak atsiri kunyit [4].



Gambar 2. Alat Destilasi Uap

Minyak atsiri yaitu suatu metabolit sekunder yang dapat menguap melalui proses ekstraksi [5]. Minyak atsiri diperoleh dari tanaman melalui distilasi uap atau proses lainnya. Penggunaan metode destilasi uap dengan bahan baku segar dapat menghasilkan ekstraksi yang lebih tinggi dibandingkan menggunakan bahan baku kering [6]. Distilasi uap digunakan untuk mengekstraksi minyak atsiri dengan memanfaatkan tekanan uap yang dilanjutkan dengan kondensasi agar cairan yang ada tidak bercampur dengan minyak atsiri. Distilasi uap dilakukan dengan melewati uap kering melalui bahan dimana senyawa volatil uap diuapkan, dikondensasi dan dikumpulkan. Distilasi uap banyak diterapkan pada skala laboratorium karena biaya yang dikeluarkan relatif rendah dibandingkan metode ekstraksi lainnya [7].

Dalam penelitian ini, dilakukan optimasi proses ekstraksi minyak atsiri kunyit dengan menganalisis data menggunakan RSM (Response Surface Methodology) dengan metode CCD (Central Composite Design). Metode CCD membantu menentukan jumlah optimal variabel respon yang digunakan. [8]. Objektif dari penelitian ini adalah untuk mencapai kondisi optimal dalam ekstraksi minyak atsiri kunyit segar dengan variasi tekanan uap 1 atm, 1,5 atm, dan 2 atm, serta waktu ekstraksi selama 4 jam, 6 jam, dan 8

jam. Parameter-parameter yang diamati mencakup rendemen, densitas, indeks bias, dan analisis kromatografi gas-spektrometri massa (GC-MS). Dengan dasar tersebut, kajian mengenai tekanan dan waktu optimal dalam ekstraksi destilasi uap minyak kunyit menjadi perlu.

2. Metode Penelitian

Untuk memperoleh minyak atsiri dari kunyit subgrade, dilakukan proses ekstraksi menggunakan alat Destilasi Uap. Minyak atsiri yang dihasilkan harus mencapai tingkat optimal, sehingga akan dilakukan uji optimasi menggunakan RSM (Response Surface Methodology) dengan metode CCD (Central Composite Design). Faktor-faktor yang diteliti adalah tekanan dan waktu distilasi dengan tiga taraf perlakuan. Variasi tekanan yang digunakan adalah 1 atm, 1,5 atm, dan 2 atm dengan waktu distilasi 4 jam, 6 jam, dan 8 jam seperti yang tercantum dalam Tabel 1. Hasil ekstraksi selanjutnya dianalisis rendemen, kadar air, indeks bias, berat jenis, kepadatan, dan mikroba dalam minyak yang dihasilkan. Rancangan Percobaan CCD (*Central Composite Design*) dapat dilihat pada Tabel 2.

Table 1. Desain Eksperimen

Faktor	- α	-1	0	+1	+ α
Tekanan Uap (atm)	0,792893	1	1,5	2	2,20711
Waktu Penyulingan (hours)	3,17157	2	6	8	8,82843

Table 2. Rancangan Eksperimental CCD (*Central Composite Design*)

Exp	Variable Code		Actual Variable		Response		
	X ₁	X ₂	Tekanan Uap (atm)	Waktu Penyulingan (jam)	Rendemen (%)	Density (g/ml)	Indeks Bias
1	-1	-1	1	4	Y ₁₁	Y ₂₁	Y ₃₁
2	1	-1	2	4	Y ₁₂	Y ₂₂	Y ₃₂
3	-1	1	1	8	Y ₁₃	Y ₂₃	Y ₃₃
4	1	1	2	8	Y ₁₄	Y ₂₄	Y ₃₄
5	-	0	0.7929	6	Y ₁₅	Y ₂₅	Y ₃₅
6	1,414	0	2.2071	6	Y ₁₆	Y ₂₆	Y ₃₆
7	0	-	1.5	3.1716	Y ₁₇	Y ₂₇	Y ₃₇
8	0	1,414	1.5	8.8284	Y ₁₈	Y ₂₈	Y ₃₈
9	0	0	1.5	6	Y ₁₉	Y ₂₉	Y ₃₉
10	0	0	1.5	6	Y ₁₁₀	Y ₂₁₀	Y ₃₁₀
11	0	0	1.5	6	Y ₁₁₁	Y ₂₁₁	Y ₃₁₁
12	0	0	1.5	6	Y ₁₁₂	Y ₂₁₂	Y ₃₁₂
13	0	0	1.5	6	Y ₁₁₃	Y ₂₁₃	Y ₃₁₃

Analisis Minyak Atsiri Kunyit

Minyak atsiri kunyit akan dilakukan proses perhitungan rendemen minyak hasil ekstraksi, uji masa jenis atau berat jenis, uji indeks bias dan verifikasi data hasil perlakuan optimasi. Analisis rendemen minyak kunyit yang diperoleh dilakukan perhitungan berat minyak yang diperoleh dibagi dengan berat kunyit setelah dicacah. Uji rendemen minyak atsiri kunyit bertujuan untuk mengetahui perbandingan jumlah minyak atsiri kunyit yang diperoleh dengan berat kunyit yang dicacah, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Rendemen (\%) = \frac{\text{Berat bersih ekstrak minyak atsiri kunyit (g)}}{\text{Berat bersih rajangan rimpang kunyit (g)}} \times 100\% \quad (1)$$

Analisis massa jenis atau berat jenis dilakukan dengan menggunakan piknometer sebagai alat bantu. Rumus yang digunakan untuk menentukan massa jenis adalah sebagai berikut:

$$\text{Density } (\rho) = \frac{W_2 - W_1}{\text{Volume piknometer}} \tag{2}$$

Keterangan:

W2 = Berat total bahan dan piknometer

W1 = Berat bahan

Pengukuran indeks bias minyak atsiri dilakukan pada kondisi stabil menggunakan refraktometer, dengan langkah sebagai berikut:

- a. Refraktometer disterilkan dengan menggunakan air suling (aquadest).
- b. Sampel minyak atsiri kunyit ditetaskan ke dalam lubang uji.
- c. Pembacaan dilakukan pada suhu konstan.
- d. Indeks bias minyak atsiri kunyit ditampilkan pada refraktometer.
- e.

Verifikasi Hasil Perlakuan Optimal

Verifikasi merupakan langkah perbandingan antara hasil prediksi yang dihasilkan oleh software Design Expert 13 dengan hasil analisis yang diperoleh dari titik optimal. Perangkat lunak ini menghasilkan prediksi setelah analisis, yang mengarah ke titik optimal yang direkomendasikan. Analisis respon dengan setting optimal dilakukan sebanyak tiga kali, dan data rata-rata diperoleh dari ketiga percobaan tersebut dengan menginputkannya pada software Design Expert 13. Data tersebut kemudian dibandingkan dengan rentang rata-rata prediksi terendah dan tertinggi, dengan tingkat kepercayaan 95%. Kesesuaian model RSM dikatakan baik jika nilai prediksi respons pada kondisi optimal mendekati nilai terverifikasi. Hasil dari langkah verifikasi ini mencerminkan kelayakan model.

3. Hasil dan Pembahasan

Optimasi faktor Tekanan Uap dan Waktu Distilasi dengan RSM model CCD

Optimasi proses ekstraksi kunyit segar, yang dilakukan dengan variasi tekanan pada tingkat 1 atm, 1,5 atm, dan 2 atm, serta waktu destilasi selama 4 jam, 6 jam, dan 8 jam menggunakan metode RSM dengan model CCD, bertujuan untuk mengevaluasi dampak tekanan dan waktu destilasi terhadap rendemen, densitas, dan indeks bias. Hasil analisis respons optimasi ekstraksi kunyit segar pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Pengujian Pengaruh Variabel terhadap Rendemen, Massa Jenis dan Indeks Bias

Exp	Variabel Code		Actual Variable		Response		
	X ₁	X ₂	Tekanan Uap (atm)	Waktu Destilasi (Jam)	Rendemen(%)	Density (g/ml)	Indeks Bias
1	-1	-1	1	4	0.375	0.9572	1.5039
2	1	-1	2	4	0.68	0.9704	1.5086
3	-1	1	1	8	0.882	0.9732	1.5102
4	1	1	2	8	0.7375	0.9756	1.5109
5	-1,414	0	0.793	6	0.5925	0.9667	1.5077
6	1,414	0	2.207	6	0.8	0.9697	1.5093
7	0	-1,414	1.5	3.172	0.4375	0.9690	1.5075
8	0	1,414	1.5	8.828	0.9375	0.9722	1.5099
9	0	0	1.5	6	0.8	0.9729	1.5103
10	0	0	1.5	6	0.8175	0.9697	1.5090
11	0	0	1.5	6	0.805	0.9698	1.5093
12	0	0	1.5	6	0.82	0.9695	1.5091

13	0	0	1.5	6	0.765	0.9714	1.5099
----	---	---	-----	---	-------	--------	--------

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai tertinggi pada setiap respon. Nilai rendemen tertinggi yang diperoleh sebesar 0,9375 pada perlakuan tekanan 1,5 atm dengan waktu 8,8 jam. Hasil nilai rendemen pada minyak atsiri kunyit menunjukkan bahwa semakin besar waktu destilasi dan tekanan yang digunakan maka akan semakin besar pula hasil rendemen yang diperoleh. Hasil analisa respon densitas tertinggi diperoleh 0,9756 dengan kombinasi faktor 2 atm dengan waktu 8 jam. Sedangkan nilai analisis respon terendah diperoleh sebesar 0,9572 pada kombinasi tekanan 1 atm dengan waktu 4 jam. Nilai respon indeks bias tertinggi diperoleh 1,5109 dengan kombinasi faktor 2 atm dengan waktu 8 jam.

Analisis Surface Respon Rendemen

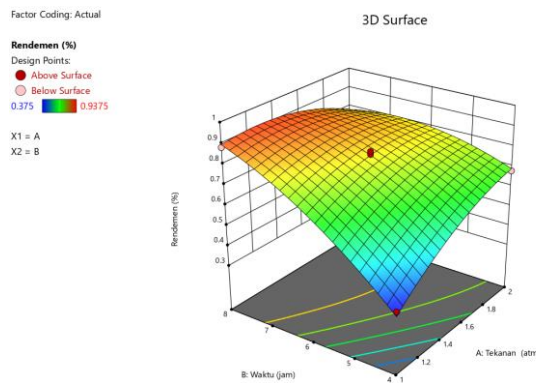
Hasil analisis data dari Design Expert 13 menggunakan model RSM CCD menghasilkan model kuadrat. Pemilihan model kuadrat didasarkan pada kemampuannya dalam menggambarkan hubungan antara faktor tekanan dan waktu distilasi terhadap respon hasil yang ditentukan melalui analisis varians (ANOVA). Secara signifikan, model kuadrat mempunyai kemampuan mempengaruhi respon hasil yang ditunjukkan dengan nilai $p < 0,05$ (signifikan). Selain itu juga selaras dengan data respon karena nilai fit yang kurang $> 0,05$ (tidak signifikan). Persamaan model respon rendemen minyak kunyit dari ANOVA:

$$Y_1 = 0,8015 + 0,0567X_1 + 0,1590X_2 - 0,1124X_1X_2 - 0,0584X_1^2 - 0,0628 X_2^2$$

Y_1 : Rendemen

X_1 : Tekanan

X_2 : Waktu



Gambar 3. Model 3D Hubungan interaksi Rendemen (%) dengan tekanan (A) dan waktu (B)

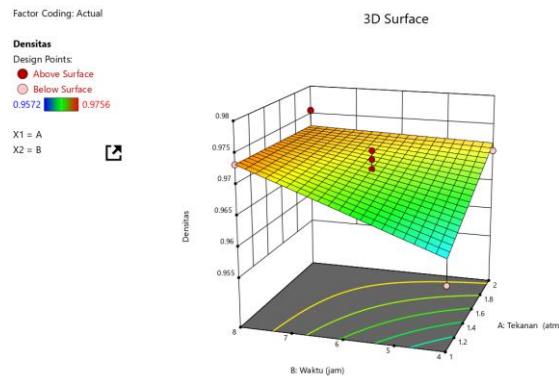
Analisis Response Surface Density

Hasil analisis nilai kepadatan berdasarkan Design Expert 13 dengan menggunakan RSM mode CCD. Pada respon kepadatan, respon optimum diperoleh dari pemilihan model dengan melakukan tiga pengujian yaitu uji penjumlahan kuadrat model sekuensial, uji kekurangan kecocokan, dan statistik ringkasan model. Berdasarkan uji kuadrat model sekuensial menunjukkan respon kepadatan yang disarankan yaitu model Linear dan 2FI dengan model yang disarankan. Model linier dengan nilai $p < 0,05$ yaitu 0,0152 dan model 2FI mempunyai nilai $p > 0,05$ yaitu 0,0877 (signifikan). Berdasarkan uji Lack of Fit menunjukkan model linier dengan p value $< 0,05$ yaitu 0,0387 dan 2FI dengan p value $> 0,05$ yaitu 0,0555. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa model 2FI lebih disukai karena ketidaksesuaian model tidak signifikan atau berbeda nyata pada taraf 5% terhadap respon kepadatan. Menurut Prabudi dkk, (2018) model dianggap benar dan dapat digunakan sebagai prediksi, jika uji kekurangan fit mempunyai nilai $p > 0,05$ atau tidak signifikan. Pada rangkuman hasil statistik yang diperoleh menyarankan penggunaan model linier dan 2FI. Pada model linier nilai standar deviasi sebesar 0.0032, nilai R-squared sebesar 0.5672, nilai Adjusted R-squared sebesar 0.4807, nilai Predicted R-squared sebesar 0.0995, dan nilai PRESS sebesar 0.0002, sedangkan pada model 2FI nilai standar deviasi sebesar 0.0028, nilai R-squared sebesar 0.6926, nilai Adjusted R-squared sebesar 0.5901, nilai Predicted R-squared sebesar -0.0212, dan nilai PRESS sebesar 0.0002. Model dinyatakan memberikan prediksi yang baik, jika nilai R-squared yang diperoleh mendekati nilai 1 maka dipilih model 2FI karena mempunyai nilai R-squared yang mendekati nilai tersebut dibandingkan model linier. Selanjutnya dilakukan analisis ANOVA yang menghasilkan model persamaan respon densitas sebagai berikut:

$$Y = 0,9698 + 0,0025X_1 + 0,0032X_2 - 0,0027X_1X_2$$

Y = Density (%)

- X_1 = Tekanan (atm)
- X_2 = Waktu (hour)
- X_1X_2 = Hubungan tekanan dan waktu destilasi



Gambar 4. Model 3D Models Hubungan interaksi antara Density (g/ml) dengan tekanan (A) dan waktu (B)

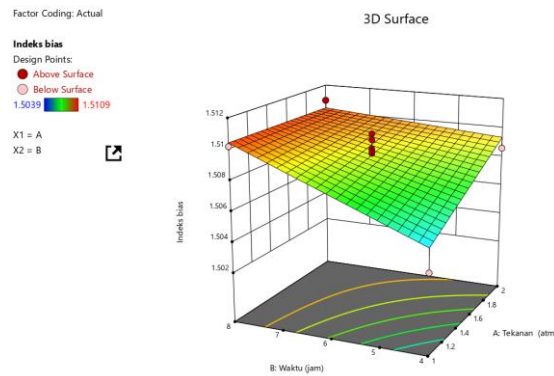
Gambar 4 diatas menunjukkan adanya hubungan antara faktor (tekanan dan waktu distilasi) dengan respon (densitas). Titik berwarna biru menunjukkan nilai kepadatan terendah sebesar 0,9572, sedangkan titik berwarna merah menunjukkan nilai kepadatan tertinggi sebesar 0,9756. Warna merah pada grafik menunjukkan titik puncak optimum, sedangkan warna biru merupakan respon terendah [9]. Jika terjadi perubahan warna pada grafik permukaan maka faktor atau variabel bebas dapat dikatakan berpengaruh signifikan terhadap respon [10]. Berdasarkan grafik diketahui bahwa kombinasi faktor tekanan dan waktu distilasi berpengaruh nyata terhadap respon densitas. Hal ini juga didukung dengan hasil analisa yang telah dilakukan sebelumnya bahwa faktor tekanan (A) dan waktu destilasi (B) mempunyai nilai $p < 0,05$ yaitu 0,0345 dan 0,0104, sehingga kedua faktor tersebut dinyatakan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap respon kepadatan.

Analisis Respons Surface Indeks Bias

Pada respon indeks bias, respon optimum diperoleh dari pemilihan model dengan melakukan tiga pengujian yaitu uji sequence sum of square model, uji less of fit, dan statistik ringkasan model. Berdasarkan uji sekuensial model sum of square diketahui bahwa model yang direkomendasikan adalah linear dan 2FI. Model linier $p < 0,05$ yaitu 0,0047 dan model 2FI nilai $p > 0,05$ yaitu 0,0791. Hasil uji Lack of Fit linier nilai $p < 0,05$ yaitu 0,0472 dan model 2FI nilai $p > 0,05$ yaitu 0,0700. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa model 2FI dipilih karena memiliki ketidaksesuaian model yang tidak berbeda nyata pada taraf 5% atau tidak signifikan terhadap respon indeks bias. Berdasarkan hasil model ringkasan statistik, model linier menunjukkan nilai standar deviasi sebesar 0,0011, nilai R-Squared 0,6576, nilai Adjusted R-squared 0,5891, nilai Predicted R-Squared 0,3305, dan nilai PRESS 0,0000, sedangkan pada model 2FI nilai standar deviasi 0.0010, nilai R-squared 0.7614, nilai Adjusted R-squared 0.6819, nilai Predicted R-squared 0.2721, dan nilai PRESS 0.0000. Model dinyatakan memberikan prediksi yang baik, jika nilai R-squared yang diperoleh mendekati nilai 1 maka dipilih model 2FI karena mempunyai nilai R-squared yang mendekati nilai tersebut dibandingkan model linier. Selanjutnya dilakukan analisis ANOVA dengan menghasilkan persamaan respon indeks bias sebagai berikut:

$$Y = 1,51 + 0,0010X_1 + 0,0015X_2 - 0,0010X_1X_2$$

- Y = Density (%)
- X_1 = Tekanan (atm)
- X_2 = Waktu (jam)
- X_1X_2 = Hubungan tekanan dan waktu destilasi



Gambar 5. Model 3D Hubungan interaksi antara indeks bias dengan tekanan (A) dan waktu (B)

Berdasarkan Gambar 5 di atas menunjukkan hubungan antara faktor (tekanan uap dan waktu distilasi) dengan respon (indeks bias). Titik berwarna biru menunjukkan hasil nilai indeks bias terendah sebesar 1,5039, sedangkan titik berwarna merah menunjukkan nilai indeks bias tertinggi sebesar 1,5109. Warna merah pada grafik menunjukkan titik puncak optimum, sedangkan warna biru merupakan respon terendah. Berdasarkan grafik diketahui bahwa kombinasi faktor tekanan dan waktu destilasi berpengaruh nyata terhadap respon indeks bias. Hal ini juga didukung dengan hasil analisa yang telah dilakukan sebelumnya bahwa faktor tekanan (A) dan waktu destilasi (B) mempunyai nilai $p < 0,05$ yaitu 0,0251 dan 0,0023, sehingga kedua faktor tersebut dinyatakan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap respon indeks bias.

Penentuan Kondisi Optimal Ekstraksi Rimpang Kunyit Segar Terhadap Respon Hasil, Densitas, dan Indeks Bias

Solusi optimal ekstraksi rimpang kunyit segar menggunakan destilasi uap berdasarkan faktor tekanan dan waktu destilasi diperoleh dengan menentukan respon rendemen, densitas, dan indeks bias. Pengolahan solusi optimal dilakukan dengan menggunakan aplikasi Design Expert 13.

Tabel 4. Optimization Criteria

Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
A:Pressure	is in range	1	2	1	1	3
B:Time	is in range	4	8	1	1	3
Yield	maximize	0.375	0.9375	1	1	4
Density	none	0.9572	0.9756	1	1	2
Refractive Index	none	1.5039	1.5109	1	1	2

Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa faktor tekanan dan waktu destilasi yang diinginkan berada pada batas perlakuan yang ditentukan dengan taraf signifikansi masing-masing sebesar 3. Faktor tekanan yang diinginkan berada pada kisaran 1 – 2 atm, dan waktu destilasi berada pada rentang 1 – 2 atm. kisaran 4 – 8 jam. Untuk respon hasil, kriteria yang diinginkan adalah memaksimalkan dengan tingkat signifikansi 4 untuk memperoleh hasil yang tinggi. Untuk respon densitas, kriteria yang diinginkan adalah tidak ada dengan tingkat signifikansi 2. Begitu pula untuk respon indeks bias, kriteria yang diinginkan adalah tidak ada dengan tingkat signifikansi 2. Kendala optimasi pada faktor dan kriteria respon diterapkan untuk mencapai hasil optimum. poin pada software Design Expert 13, berdasarkan nilai desirability tertinggi. Hasil solusi titik optimal dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Optimal Solution of Optimization Results

Number	Pressure	Time	Yield	Density	Refractive Index	Desirability	
1	1.262	8.000	0.911	0.973	1.510	0.953	Selected
2	1.259	8.000	0.911	0.973	1.510	0.953	
3	1.270	8.000	0.911	0.973	1.510	0.953	
4	1.251	8.000	0.911	0.973	1.510	0.953	

5	1.246	8.000	0.911	0.973	1.510	0.953
6	1.281	8.000	0.911	0.973	1.510	0.953
7	1.284	8.000	0.911	0.973	1.510	0.952
8	1.227	8.000	0.911	0.973	1.510	0.952
9	1.325	8.000	0.910	0.973	1.510	0.951
10	1.471	8.000	0.901	0.973	1.510	0.934

Berdasarkan Tabel 5, titik optimal larutan berada pada tekanan 1,262 dan waktu destilasi 8 jam, diprediksi menghasilkan rendemen 0,911%, densitas 0,973, dan indeks bias 1,510. Hasil optimasi menghasilkan nilai desirability sebesar 0,953 yang menunjukkan kemampuan program dalam mencapai solusi optimal, mendekati nilai yang diharapkan. Menurut Vera dkk. (2014), nilai desirability selalu berkisar antara 0 sampai 1; nilai yang mendekati 0 cenderung tidak diinginkan, sedangkan nilai yang mendekati 1 dianggap sebagai respons ideal.

Verifikasi Solusi Optimal

Verifikasi digunakan untuk memastikan bahwa solusi optimasi yang diperoleh dari perangkat lunak Design Expert 13 dapat menghasilkan nilai respon yang sesuai dan membandingkan nilai prediksi dengan nilai eksperimen (verifikasi) yang telah dilakukan. Proses verifikasi dilakukan dengan percobaan menggunakan perlakuan optimal yang direkomendasikan yaitu menggunakan faktor tekanan 1,262 dan waktu destilasi 8 jam, dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Verifikasi dilakukan dengan memasukkan hasil verifikasi ke dalam software Design Expert 13. Perbandingan hasil prediksi dan verifikasi titik optimal dapat dilihat pada Tabel 6.

Table 6. Comparison of Prediction Results with Verification of Optimal Points

Parameters	Yield	Density	Refractive Index
Highest prediction	0,974798	0,978135	1,51221
Prediction of optimal solution	0,910878	0,973113	1,51041
Lowest prediction	0,846958	0,968091	1,50967
Verification Result	0,891667	0,972	1,50967
Difference	0,0270318	0,00221999	0,000795729
Accuracy	97,89%	99,88%	99,95%

Analisis nilai prediksi dibandingkan dengan nilai verifikasi pada Design Expert 13 menghasilkan tidak ada perbedaan yang signifikan diantara keduanya. Berdasarkan tabel diatas, nilai akurasi seluruh respon diatas 90%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa prediksi pada program Design Expert 13 sesuai dengan kondisi sebenarnya, dan nilainya tidak berbeda nyata sehingga prediksi dianggap akurat. Oleh karena itu, model yang diperoleh dari program ini akurat untuk ekstraksi rimpang kunyit segar dengan respon berupa rendemen, densitas, dan indeks bias. Kesesuaian antara data eksperimen dan data prediksi mampu memverifikasi atau memvalidasi model dan keberadaan titik optimal. Oleh karena itu, metode desain eksperimen menggunakan RSM merupakan teknik penting dalam mengoptimalkan variabel dan menentukan nilai optimal [11].

Analisis GC-MS

Minyak atsiri diperoleh dari destilasi kemudian dikarakterisasi menggunakan alat *Gas Kromatografi-Spektrometri Massa*. Analisis GC-MS dilakukan untuk mengidentifikasi senyawa yang terdapat pada minyak atsiri kunyit. Sampel yang diuji diperoleh perlakuan optimal yaitu pada tekanan 1,262 atm selama 8 jam. Hasil pengujian GC-MS minyak atsiri kunyit dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil analisa GC-MS

Peak#	Name	Area%	Height%	Similarity	Base m/z
1	2,3-Dimethylpentane	5.13	7.20	86	41.15
2	Toluene	0.11	0.32	98	91.05
3	.alpha.-Pinene	0.51	1.94	96	93.05
4	.beta.-Myrcene	0.44	0.73	96	93.05
5	.alpha.-Phellandrene	4.95	4.79	90	93.15
6	.alpha.-Terpinene	0.40	2.14	96	121.05
7	o-Cymene	1.30	2.40	93	119.05
8	1,8-Cineole	2.67	4.96	97	43.00
9	.gamma.-Terpinene	0.53	2.25	97	93.05
10	(+)-4-Carene	2.21	4.27	95	93.05
11	4-Isopropyl-1-methylcyclohex-2-enol	0.05	0.25	96	43.00
12	4-Acetyl-1-methylcyclohexene	0.03	0.14	96	43.00
13	2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylethyl)	0.06	0.20	93	43.00
14	(+)-2-Bornanone	0.06	0.19	96	95.05

Peak#	Name	Area%	Height%	Similarity	Base m/z
15	.delta.-Terpineol	0.09	0.15	90	59.05
16	Terpinen-4-ol	0.12	0.60	97	71.05
17	p-Cymene-8-ol	0.07	0.21	89	43.00
18	.alpha.-Terpineol	0.16	0.76	96	59.05
19	cis-Sabinol	0.11	0.37	96	92.05
20	trans-Piperitol	0.04	0.13	87	84.05
21	4-Vinylphenol	0.19	0.55	98	120.00
22	cis-Ocimenone	0.02	0.12	93	135.05
23	cis-Sabinol	0.04	0.14	93	92.05
24	2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-methyleth	0.05	0.15	96	82.00
25	Thymol	0.14	0.32	94	135.05
26	Santene	0.08	0.28	80	79.05
27	2-Methoxy-4-vinylphenol	0.63	1.65	95	150.05
28	Spiro[4.4]nona-1,6-diene, (S)-	0.23	0.35	76	105.05
29	2-Pentanone, 4-methyl-4-phenyl-	0.43	0.43	81	119.05
30	(Z)-.beta.-Curcumen-12-ol	0.44	0.49	82	120.05
31	Caryophyllene	1.26	1.31	96	93.05
32	m-Camphorene	2.26	1.93	73	69.05
33	(1R,4R,4aS,8aR)-4,7-Dimethyl-1-(prop-1-en-2	0.30	0.63	84	93.05
34	(1R,4S,5S)-1,8-Dimethyl-4-(prop-1-en-2-yl)sp	0.38	0.59	78	109.10
35	.alpha.-Curcumene	2.00	1.64	85	119.05
36	Zingiberene	4.47	3.09	92	93.05
37	Dihydrocurcumene	1.55	1.57	89	119.05
38	.beta.-Sesquiphellandrene	4.06	2.96	93	69.05
39	6-Methyl-2-(4-methylcyclohex-3-en-1-yl)hepta	0.77	0.51	83	93.05
40	.beta.-Curcumene	2.16	1.76	80	119.05
41	3,5,5,9-Tetramethyl-4a,5,6,7,8,9-hexahydro-2	3.44	2.01	75	119.05
42	Curlone	1.48	1.31	73	120.05
43	Tumerone	18.70	5.43	88	83.05
44	aR-Turmerone	11.67	6.03	82	119.05
45	Naphthalene, 1,2,3,4,4a,7-hexahydro-1,6-dime	9.10	4.62	73	119.10
46	Bicyclo[4.4.0]dec-5-ene, 1,5-dimethyl-3-hydro	0.07	1.06	76	93.05
47	2H-Pyran, 2-[2-(1,3-cyclohexadien-1-yl)-1-me	0.26	0.94	76	85.05
48	1-Bisabolone	1.34	3.08	93	137.10
49	(E)-Atlantone	7.25	4.65	92	83.05
50	Bornyl angelate	1.51	3.44	77	83.05
51	(Z)-.gamma.-Atlantone	1.62	3.48	71	83.05
52	trans-.beta.-Ocimene	0.10	0.27	72	93.05
53	Uvidin C	0.25	0.54	82	41.05
54	Bornyl angelate	0.12	0.33	79	83.00
55	Turmeronol B	0.50	1.41	81	83.00
56	2-Heptadecanone	0.15	0.51	93	58.05
57	(S)-3-Methyl-6-((S)-6-methyl-4-oxohept-5-en-	0.30	1.08	95	83.00
58	3-Methyl-2-butenic acid, 2,7-dimethyloct-7-e	0.08	0.29	83	83.00
59	3-Methyl-but-2-enoic acid, 1,7,7-trimethyl-bic	0.16	0.45	84	83.00
60	Turmeronol A	0.08	0.31	78	83.00
61	6-Hydroxy-10a-methyl-4,7-dimethylidene-2,8-	0.05	0.23	86	83.05
62	Octacosan-14-ol	0.10	0.36	86	83.05
63	n-Hexadecanoic acid	0.24	0.68	95	73.00
64	6-Hydroxy-10a-methyl-4,7-dimethylidene-3,8-	0.16	0.57	78	83.00
65	Hexadecane-1,2-diol	0.13	0.53	96	83.05
66	2-Nonadecanone	0.23	1.04	95	58.05
67	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-	0.32	0.46	95	67.05
68	Behenic alcohol	0.06	0.27	98	83.05
69	9-Octadecenoic acid, 12-hydroxy-	0.04	0.14	93	55.05
Total		100	100		

Hasil analisis GC-MS pada Tabel 8 menunjukkan adanya 69 senyawa yang terdeteksi antara lain turmerone, ar-turmerone, zingiberene, (E)-Atlantone, dan lain-lain. Senyawa yang paling melimpah dalam minyak atsiri kunyit adalah turmeron sebesar 18,70%, diikuti oleh ar-turmeron sebesar 11,67%. Turmeron termasuk dalam golongan senyawa seskuiterpen yang banyak

ditemukan pada kunyit [12]. Aktivitas biologis turmeron meliputi sifat antiinflamasi, antikanker, antijamur, dan imunomodulator [13].

Tabel 8. Hasil komponen utama minyak kunyit dari berbagai negara

Kunyit	Asal	Analisis	Yield	Kandungan	Ref
Rimpang Segar	Ecuador	GC-MS	0,8%	<i>ar-turmerone</i> (45,5%) dan <i>α-turmerone</i> (13,4%)	[14]
Rimpang Segar	Perancis	GC-MS	1,1%	<i>α-turmerone</i> (21,4%), <i>zingiberene</i> (11,8%), <i>terpinolene</i> (15,8%), <i>β-sesquiphellandrene</i> (8,8%), <i>ar-turmerone</i> (7,7%) dan <i>β-turmerone</i> (7,1%)	[15]
Rimpang Segar Subgrade	Indonesia	GC-MS	0,911%	<i>Tumeron</i> (18,7%) <i>ar-turmerone</i> (11,67%) <i>zingiberene</i> (4,47%)	Hasil penelitian

Tabel 8 menunjukkan hasil komponen utama dari beberapa penelitian kunyit segar dengan sistem destilasi uap. Dari hasil ini rimpang kunyit segar subgrade dari hasil rendemen yang didapatkan masih mendapatkan 0,91% bahwa kunyit subgrade ini meskipun tidak laku di pasaran masih bisa diproduksi menjadi minyak yang layak. Hasil GC-MS yang di ujikan bahwa kandungan minyak dari kunyit subgrade ini masih sama dengan kandungan kunyit yang segar kualitas bagus. Hasil ini bahwa kunyit segar subgrade masih memiliki nilai dari rendemen yang dihasilkan dan kandungan kimia yang ada.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa tekanan uap dan waktu distilasi berpengaruh nyata terhadap respon rendemen, densitas, dan indeks bias. Solusi optimal yang disarankan oleh software Design Expert 13 merekomendasikan perlakuan tekanan uap 1,262 atm dan waktu destilasi 8 jam, diprediksi menghasilkan rendemen 0,911%, densitas 0,973 dan indeks bias 1,510. Proses verifikasi respons secara keseluruhan menggambarkan prediksi model yang valid untuk memperkirakan hasil, density, dan indeks bias, karena semuanya berada dalam nilai interval kepercayaan (CI) dan interval prediksi (PI). Analisis GC-MS sampel perlakuan optimal dominan mengandung senyawa turmeron, Ar-turmeron, dan (E)-atlanton dengan jumlah masing-masing sebesar 18,70%, 11,67%, dan 7,25%. Untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai analisis finansial ekstraksi minyak kunyit menggunakan destilasi uap. Selain itu, analisis lebih lanjut dapat dilakukan terhadap faktor-faktor lain yang mempengaruhi.

Referensi

- [1] Mardiah, Nurhayati S, dan Amalia L. 2018. Upaya mengurangi bau khas pada kunyit (*curcuma domestica val.*) sebagai pewarna alami makanan. *Jurnal Pertanian* 9 (1): 17-22.
- [2] Shan CY, dan Yoppi I. 2018. Studi kandungan kimia dan aktivitas farmakologi tanaman kunyit (*Curcuma longa L.*). *Jurnal Farmaka* 16 (2): 547-555.
- [3] Simon, S. 2016. *Turmeric for health*. New York, Adams Media.
- [4] Tiwari, R. K., Mittal, T. C., Sharma, S. R., dan Rani, S. (2022). *Effect of the distillation methods on the chemical properties of the Turmeric essential oil*. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(12). <https://doi.org/10.1111/jfpp.17247>
- [5] Sofiani V dan Rimadani P. 2019. Pemanfaatan minyak atsiri pada tanaman sebagai aromaterapi dalam sediaan-sediaan farmasi. *Jurnal Farmaka* 16 (2): 119-131.
- [6] Fatimura M, dan Fitriyanti R. 2021. Variasi Laju Alir Kondensat Terhadap Rendemen Minyak Atsiri Daun Kemangi Menggunakan Metode Distilasi Steam. *Chemical Engineering Research Articles* 4 (1): 65 DOI:10.25273/cheesa.v4i1.8274.65-74
- [7] Machado CA, Oliveira FO, de Andrade MA, Hodel KVS, Lepikson H, dan Machado BAS. 2022. *Steam Distillation for Essential Oil Extraction: An Evaluation of Technological Advances Based on an Analysis of Patent Documents*. *Sustainability (Switzerland)*, 14 (12). <https://doi.org/10.3390/su14127119>
- [8] Dwiastuti R, dan Dewi N. K. D. P. K. 2022. Aplikasi metode optimasi central composite design dalam formulasi sediaan gel nanopartikel lipid dengan bahan aktif 4-n-butylresorcinol. *Jurnal Ilmiah Manuntung* 8(1): 7-81.
- [9] Indriani D.W, dan Wardhani T. R. 2022. *Modeling of extraction of silica rendemen husk rice (Oryza sativa l.) by microwave extraction assisted (MAE) using response surface methodology (RSM)*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 963 (1). DOI:10.1088/1755-1315/963/1/012048
- [10] Mariana W, Widjanarko SB, dan Widyastuti E. 2017. Optimasi formulasi dan karakterisasi fisikokimia dalam pembuatan daging restrukturisasi menggunakan *Response Surface Methodolgy* (Konsentrasi Jamur Tiram serta Gel Porang dan Karagenan). *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 5 (4): 1-8.

- [11] Singh A. K, dan Singh K. P. 2018. *Optimization of phosphate removal from aqueous solution using activated carbon supported zero-valent iron nanoparticles: application of RSM approach*. Applied Water Science 8 (8): 1–9. DOI: 10.1007/s13201-018-0875-7
- [12] Xiang H, Zhang L, Xi L, Yang Y, Wang X, Lei D, Zheng X, dan Liu X. 2018. *Phytochemical profiles and bioactivities of essential oils extracted from seven Curcuma herbs*. Industrial Crops and Products 111 (August 2017): 298–305 DOI: 10.1016/j.indcrop.2017.10.035
- [13] Obulesu, M. 2021. *Health benefits of turmeric: Emphasis on anticancer activity in Turmeric and Curcumin for Neurodegenerative Diseases*. Elsevier; 3–18. DOI: 10.1016/B978-0-12-822448-9.00006-6.
- [14] Pino, J.A.; Fon-fay, F.M.; Falco, A.S.; Rodeiro, I. 2018. *Chemical composition and biological activities of essential oil from turmeric (Curcuma longa L.) rhizomes grown in Amazonian Ecuador*. Rev. CENIC, 49, 1–8.
- [15] Chane-Ming, J.; Vera, R.; Chalchat, J.C.; Cabassu, P. 2002. *Chemical composition of essential oils from rhizomes, leaves and flowers of Curcuma longa L. from Reunion Island*. J. Essent. Oil Res (14): 249–251.