

OPTIMASI PROSES EKSTRAKSI ULTRASONIKASI DAUN BINAHONG MENGUNAKAN *CENTRAL COMPOSITE DESIGN*

**Dennis Farina Nurya^{a,*}, Muhammad Zulfikar Luthfi^a, Muhammad Erwin Cahyo Nugroho^a,
Yeni Variyana^b**

^aProgram Studi Teknologi Proses Industri Petrokimia, Politeknik Industri Petrokimia Banten
Jl. Raya Karang Bolong, Cikoneng, Kec. Anyar, Kabupaten Serang, Banten 42166

^bProgram Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Politeknik Negeri Lampung
Jl. Soekarno Hatta No.10, Rajabasa Raya, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung 35141

*E-mail: dennis.farina@poltek-petrokimia.ac.id

Masuk Tanggal : 12 November , revisi tanggal: 16 November, diterima untuk diterbitkan tanggal : 31 Desember
2024

Abstrak

Daun binahong (*Anredera cordifolia*) telah lama dikenal memiliki berbagai manfaat kesehatan, terutama dalam pengobatan tradisional. Daun ini mengandung senyawa bioaktif seperti flavonoid, saponin, dan polifenol yang berfungsi sebagai anti mikroba, antioksidan, dan antiinflamasi. Ekstraksi adalah langkah penting yang harus dilakukan untuk memaksimalkan manfaat senyawa bioaktif yang terkandung dalam daun binahong. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses ekstraksi ultrasonikasi daun binahong menggunakan metode central composite design (CCD) pada response surface methodology (RSM). Faktor yang diuji meliputi daya ultrasonikasi (350–832,84 W) dan waktu ekstraksi (5–35,17 menit). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi daya 750 W dan waktu ekstraksi 30 menit menghasilkan yield tertinggi sebesar 7,6%. Analisis varians (ANOVA) mengungkapkan bahwa daya dan waktu ekstraksi berpengaruh signifikan terhadap yield ekstrak dengan nilai $p < 0,05$, serta interaksi antara kedua faktor ini juga signifikan. Model regresi polinomial yang dihasilkan memiliki koefisien determinasi R^2 sebesar 0,97, menunjukkan kecocokan yang sangat baik antara prediksi dan data eksperimen. Meskipun hasil penelitian ini menjanjikan, aplikasi skala industri memerlukan penelitian lebih lanjut untuk mengatasi potensi degradasi bahan dan faktor teknis lainnya. Penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan proses ekstraksi ultrasonikasi yang efisien dalam meningkatkan yield bioaktif dari daun binahong.

Kata Kunci: Binahong, Central composite design, Ekstraksi, Ultrasonikasi, Yield

Abstract

Binahong (Anredera cordifolia) leaves have been known to have various health benefits, especially in traditional medicine. These leaves contain bioactive compounds such as flavonoids, saponins, and polyphenols that function as antimicrobials, antioxidants, and anti-inflammatories. Extraction is an important step that must be taken to maximise the benefits of bioactive compounds contained in binahong leaves. This study aims to optimise the ultrasonication extraction process of binahong leaves using the central composite design (CCD) method in response surface methodology (RSM). The tested factors include ultrasonication power (350-750 W) and extraction time (5-30 min). The results showed that the combination of 750 W power and 30 min extraction time resulted in the highest yield of 7.6%. Analysis of variance (ANOVA) revealed that power and extraction time had a significant effect on extract yield with a p value < 0.05 , and the interaction between these two factors was also significant. The resulting polynomial regression model had a coefficient of determination R^2 of 0.97, indicating an excellent fit between predictions and experimental data. Although the results of this study are promising, industrial-scale applications require further research to address potential material degradation and other technical factors. This study contributes to the development of an efficient ultrasonication extraction process in increasing the bioactive yield from binahong leaves.

Keywords: Binahong, Central composite design, Extraction, Ultrasonication, Yield

1. PENDAHULUAN

Daun binahong (*Anredera cordifolia*) dikenal luas dalam pengobatan tradisional karena manfaat kesehatannya yang beragam, didukung oleh senyawa bioaktif seperti flavonoid, saponin, dan polifenol yang berpotensi sebagai antioksidan, anti inflamasi, dan anti mikroba. Berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas farmakologisnya; Suharmiati et al. (2017) melaporkan bahwa ekstrak daun binahong memiliki aktivitas antioksidan tinggi berdasarkan uji DPPH yang dikaitkan dengan kandungan flavonoid dan saponin [1]. Studi yang dilakukan oleh Sari et al. (2018) menunjukkan kemampuan ekstrak etanol daun binahong untuk meredakan inflamasi pada model tikus yang diinduksi oleh karagenan [2]. Daun binahong efektif untuk mengobati luka, meningkatkan daya tahan tubuh, serta menangani infeksi dan gangguan pencernaan, berkat kandungan senyawa bioaktifnya, seperti flavonoid, saponin, dan polifenol yang berpotensi sebagai antioksidan, anti inflamasi, dan anti mikroba [3]. Senyawa-senyawa ini berperan penting dalam pencegahan dan pengobatan berbagai penyakit, seperti peradangan, infeksi bakteri, serta kerusakan akibat radikal bebas [4]. Oleh karena itu, daun binahong telah digunakan secara luas dalam bentuk ramuan herbal untuk menyembuhkan luka, meningkatkan daya tahan tubuh, dan mengatasi gangguan saluran pencernaan [5], [6].

Untuk memaksimalkan manfaat dari senyawa bioaktif yang terkandung dalam daun binahong, ekstraksi merupakan langkah penting yang harus dilakukan. Ekstraksi merupakan proses penting dalam pemisahan komponen bioaktif dari matriks tumbuhan, yang bertujuan untuk mengisolasi senyawa-senyawa tersebut agar dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi, terutama dalam bidang farmasi dan kosmetik [7]. Proses ini tidak hanya meningkatkan ketersediaan senyawa bioaktif, tetapi juga memungkinkan pengembangan produk yang lebih efektif dan aman bagi konsumen.

Metode ekstraksi yang umum digunakan meliputi maserasi [8], soxhlet [9], ekstraksi gelombang mikro [10], dan ultrasonikasi [11], [12] memiliki karakteristik yang berbeda. Maserasi banyak digunakan untuk mengekstraksi senyawa dari bahan tanaman dengan merendamnya dalam pelarut pada temperatur kamar namun membutuhkan waktu perendaman yang lama dan beberapa pelarut, yang bisa memakan banyak daya [13]. Soxhlet lebih efisien tetapi dapat menyebabkan degradasi senyawa sensitif panas [9]. Ekstraksi gelombang mikro mempercepat proses dengan panas yang merata

dan sedikit pelarut, meski dapat mempengaruhi stabilitas senyawa [12], [14]. Ultrasonikasi menjadi pilihan optimal untuk ekstraksi senyawa bioaktif dari daun binahong karena keunggulannya dalam meningkatkan yield dan efisiensi waktu [3], [7].

Metode ultrasonikasi dipilih karena memiliki keunggulan yang signifikan dibandingkan metode ekstraksi lainnya, dalam hal efisiensi waktu dan yield. Penelitian oleh Putra et al. (2018) menunjukkan bahwa ekstraksi dengan ultrasonikasi menghasilkan peningkatan yield hingga 40% lebih tinggi dibandingkan metode maserasi dengan waktu proses yang jauh lebih singkat. Selain itu, studi oleh Nuraini dan Hartono (2019) membandingkan efektivitas metode Soxhlet dan ultrasonikasi, di mana ultrasonikasi mampu mengekstraksi senyawa bioaktif dalam waktu 50% lebih cepat tanpa degradasi signifikan pada senyawa sensitif terhadap panas. Keunggulan ini dikarenakan gelombang ultrasonik yang menciptakan efek kavitasi, meningkatkan permeabilitas dinding sel dan memfasilitasi pelepasan senyawa secara efisien (Santoso et al., 2020). Dengan demikian, metode ultrasonikasi menjadi pilihan optimal dalam ekstraksi senyawa bioaktif dari daun binahong.

Dalam proses ekstraksi ultrasonikasi, berbagai parameter operasi seperti daya ultrasonik, waktu ekstraksi, temperatur, serta konsentrasi pelarut mempengaruhi yield atau hasil akhir [15]. Pengaturan parameter yang tepat diperlukan untuk memastikan bahwa proses berlangsung optimal dan menghasilkan yield senyawa bioaktif yang maksimal [11]. Dengan demikian, optimasi proses ekstraksi ultrasonikasi menjadi hal yang sangat penting dalam aplikasinya di berbagai bidang industri.

Agar proses ekstraksi ini berjalan optimal, beberapa parameter penting perlu dioptimasi. Dua parameter yang dipertimbangkan dalam penelitian ini adalah daya ultrasonikasi dan waktu ekstraksi. Daya ultrasonikasi menentukan intensitas gelombang ultrasonik yang digunakan [16]. Waktu ekstraksi berperan penting dalam menentukan durasi optimal paparan material terhadap gelombang ultrasonik, yang secara langsung mempengaruhi efisiensi proses ekstraksi dan kualitas hasil yang diperoleh [17]. Kedua faktor ini sangat berpengaruh terhadap efisiensi ekstraksi dan yield senyawa aktif.

Central composite design (CCD) dipilih sebagai metode optimasi karena dapat mengevaluasi dan memodelkan interaksi antara daya ultrasonikasi dan waktu ekstraksi, yang memiliki peran penting dalam proses ekstraksi ultrasonikasi. Daya ultrasonikasi mempengaruhi

intensitas gelombang ultrasonik yang mempercepat pelepasan senyawa bioaktif. Sementara itu, waktu ekstraksi menentukan durasi proses untuk mencapai pelepasan maksimum senyawa tanpa merusak strukturnya. Dengan demikian, CCD digunakan untuk menentukan kondisi optimal yang memaksimalkan yield senyawa bioaktif dari daun binahong.

2. PROSEDUR PERCOBAAN

Dalam penelitian ini, ekstraksi daun binahong dilakukan dengan metode ultrasonikasi untuk memaksimalkan perolehan senyawa bioaktif. Proses dimulai dengan mengeringkan daun binahong agar menjadi serbuk kemudian diekstraksi menggunakan pelarut etanol 70% (v/v) dengan bantuan ultrasonikasi, skema peralatan ultrasonikasi seperti yang telah dilakukan sebelumnya oleh Nury et.al [7]. Untuk mendapatkan hasil optimal, daya ultrasonikasi dan waktu ekstraksi diatur menggunakan desain percobaan *central composite design* (CCD). Parameter daya dan waktu ini disesuaikan untuk mempelajari pengaruhnya terhadap yield ekstrak daun binahong, yang diukur sebagai perbandingan antara berat ekstrak kering dengan berat bahan baku awal.

2.1. Bahan dan alat

Bahan:

Daun binahong kering 10 gram, etanol konsentrasi 70% (v/v) dengan volume 100 mL per 10 gram daun.

Alat: Sonikator, oven, *rotary evaporator*, *beaker glass*, pengaduk, neraca analitik, kertas saring.

2.2 Ekstraksi ultrasonikasi

Daun binahong kering yang telah dihancurkan menjadi serbuk halus ditimbang sebanyak 10gram kemudian dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang berisi larutan pelarut etanol 70% (v/v) dengan volume 100 mL. Ekstraksi dilakukan melalui proses ultrasonikasi dengan mengatur daya dan waktu ekstraksi sesuai dengan desain percobaan *Central Composite Design* (CCD).

Parameter daya ultrasonikasi yang digunakan terdiri dari tiga level, yaitu 350 W, 550 W, dan 750 W, sementara waktu ekstraksi yang divariasikan adalah 5 menit, 17,5 menit, dan 30 menit. Campuran serbuk daun dan pelarut disonikasi dalam sonikator dengan parameter yang telah ditentukan. Setelah proses ultrasonikasi selesai, larutan diekstraksi disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan ekstrak dari residunya.

Ekstrak cair yang diperoleh kemudian diproses lebih lanjut dengan *rotary evaporator* untuk

menguapkan pelarut sehingga diperoleh ekstrak kering. Berat ekstrak kering tersebut ditimbang untuk menghitung yield ekstraksi, yang dinyatakan sebagai perbandingan berat ekstrak kering dengan berat awal bahan daun binahong kering [8], [18].

$$Yield (\%) = \left(\frac{\text{Berat ekstrak kering}}{\text{Berat bahan awal}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

- Berat ekstrak kering: Berat dari hasil ekstraksi setelah pelarut dihilangkan (dalam gram).
- Berat bahan awal: Berat serbuk daun binahong kering yang digunakan dalam proses ekstraksi (dalam gram).

2.3 Desain eksperimen dan optimasi

Data hasil ekstraksi ini dianalisis menggunakan metode *Central Composite Design* (CCD) dari *software* Minitab 17 guna mengevaluasi pengaruh parameter daya dan waktu ultrasonikasi terhadap yield. Proses ini bertujuan untuk menentukan parameter optimal yang menghasilkan yield senyawa bioaktif maksimal dari daun binahong. Kode setiap faktor dalam CCD dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Independen dari Desain Eksperimental

Faktor	Satuan	-1	0	+1
X ₁ , Daya	Watt	350	550	750
X ₂ , Waktu	Menit	5	17,5	30

Dalam studi ini, daya ultrasonikasi (W) dan waktu ekstraksi (menit) dipilih sebagai variabel independen, sedangkan yield ekstrak daun binahong digunakan sebagai respons yang diamati dan diprediksi.

Eksperimen dilakukan berdasarkan desain faktorial *Central Composite Design* dengan kombinasi 2², enam titik aksial ($\alpha=\sqrt{3}$), dan lima pengulangan pada titik pusat, menghasilkan total 13 percobaan. Setiap faktor diatur pada beberapa tingkat pengkodean untuk mengeksplorasi hubungan antara variabel-variabel tersebut dan untuk mendapatkan kondisi optimal yang menghasilkan yield maksimal.

Setelah percobaan dilakukan dan model yang sesuai dengan data pusat pada respon hasil etanol dinyatakan dalam fungsi polinomial orde dua seperti di bawah ini:

$$Y = B_0 + \sum_{i=1}^n B_i X_i + \sum_{j \leq i} B_{ij} X_i X_j \quad (2)$$

dimana, Y adalah yield ekstrak daun binahong yang diprediksi, subskrip i dan j mengambil nilai dari 1 hingga jumlah variabel (n), B₀ adalah

intersep regresi. Nilai B_i dan B_{ij} adalah koefisien linear dan koefisien kuadratik berturut-turut. X adalah tingkat variabel independen.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Response Surface Methodology telah banyak digunakan untuk optimasi dalam bidang ilmu dan teknologi pangan karena teorinya yang komprehensif, efektivitas yang tinggi, dan kesederhanaannya. Metode ini digunakan untuk menentukan kondisi operasi optimal dalam suatu sistem atau untuk menentukan daerah operasi yang diinginkan berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi respons.

Tabel 2. Desain hasil eksperimen dan prediksi *central composite design*

Percobaan	X ₁ Daya (W)	X ₂ Waktu (min)	Y _{eks} (%)	Y _{pred} (%)
1	832,84	17,5	7,5	7,55
2	550	35,17	6	5,85
3	350	5	3,9	3,50
4	550	17,5	5,8	5,72
5	550	17,5	5,6	5,72
6	350	30	4,7	4,70
7	550	17,5	5,7	5,72
8	550	-0,17	2,6	3,02
9	750	5	5,2	4,91
10	267,15	17,5	4,2	4,42
11	550	17,5	6	5,72
12	550	17,5	5,5	5,72
13	750	30	7,6	7,72

Nilai R^2 (koefisien determinasi) untuk model ini adalah 0,97. Nilai ini menunjukkan bahwa model regresi yang digunakan memiliki kecocokan yang sangat baik dengan data eksperimen. Dengan kata lain, sekitar 97% variasi pada hasil ekstraksi (Y_{eks}) dapat dijelaskan oleh model prediksi (Y_{pred}). Hal ini menunjukkan bahwa model yang dihasilkan memiliki kemampuan prediktif yang sangat tinggi dan dapat diandalkan untuk memprediksi hasil ekstraksi berdasarkan kombinasi daya dan waktu ekstraksi.

3.1. Optimasi proses ultrasonikasi ekstrak daun binahong

Berdasarkan hasil CCD dan eksperimen, RSM digunakan untuk mengoptimalkan faktor desain proses ekstraksi (variabel independen). Kombinasi statistik dari variabel-variabel dengan respons yang diprediksi dan diamati disajikan dalam Tabel 2. Persamaan regresi polinomial yang diperoleh dari hasil analisis menunjukkan bahwa yield (%) dipengaruhi secara signifikan oleh daya ultrasonikasi dan waktu ekstraksi dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Yield (\%)} = & 2,57 - 0,00094 \text{ Daya (W)} + \\ & 0,1357 \text{ Waktu (min)} + 0,000003 \text{ Daya (W)} * \\ & \text{Daya(W)} - 0,004104 \text{ Waktu(min)} * \\ & \text{Waktu(min)} + 0,000160 \text{ Daya (W)} * \\ & \text{Waktu(min)} \end{aligned} \quad (3)$$

Dari persamaan tersebut, pengaruh linier daya menunjukkan bahwa peningkatan daya berkontribusi positif terhadap yield hingga batas tertentu, di mana energi yang ditransmisikan ke larutan dapat meningkatkan pelepasan senyawa aktif dari matriks daun binahong. Demikian pula, waktu ekstraksi menunjukkan hubungan yang kompleks, di mana yield meningkat dengan bertambahnya waktu hingga titik optimum, namun dapat mengalami penurunan akibat degradasi senyawa bila waktu ekstraksi terlalu lama.

Hasil dari eksperimen yang disajikan dalam Tabel 2 menunjukkan variasi yield yang dihasilkan dari kombinasi parameter daya dan waktu ekstraksi. Percobaan dengan daya tertinggi (750 W) dan waktu ekstraksi 30 menit menghasilkan yield maksimum sebesar 7,6%, yang sedikit lebih rendah dari nilai prediktif model sebesar 7,72%. Sebaliknya, percobaan dengan daya rendah dan waktu ekstraksi singkat menghasilkan yield yang lebih kecil. Kesesuaian antara data eksperimen dan prediksi model menunjukkan bahwa persamaan polinomial dapat diandalkan untuk memprediksi yield dengan akurasi yang memadai [19].

Plot respons permukaan menunjukkan bahwa kombinasi optimal untuk mendapatkan yield tertinggi dicapai pada daya tinggi dengan waktu ekstraksi menengah. Hal ini mengindikasikan bahwa energi yang cukup diperlukan untuk memecah dinding sel dan melepaskan senyawa bioaktif tanpa menyebabkan degradasi akibat paparan ultrasonik yang berlebihan [15].

3.2. Model statistika

Analisis varians (ANOVA) dan koefisien model regresi digunakan untuk mengevaluasi pengaruh berbagai faktor yang berhubungan dengan proses ekstraksi ultrasonikasi daun binahong, seperti daya (W), waktu (menit), serta interaksi antara keduanya.

Tabel 3 Hasil ANOVA menunjukkan bahwa model regresi yang digunakan untuk memprediksi hasil ekstraksi ultrasonikasi sangat signifikan, dengan nilai F sebesar 46,71 dan p -value sebesar 0, yang jauh lebih kecil dari tingkat signifikansi 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa model regresi yang digunakan berhasil menggambarkan hubungan antara variabel independen (daya dan waktu) dengan hasil ekstraksi secara keseluruhan,

sehingga dapat digunakan untuk memprediksi hasil dengan akurasi tinggi [18].

Tabel 3. ANOVA dan Koefisien model regresi

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	21,6794	4,33588	46,71	0
Linear	2	17,8444	8,92221	96,11	0
Daya (W)	1	9,8277	9,82775	105,86	0
Waktu (min)	1	8,0167	8,01666	86,35	0
Square	2	3,195	1,59749	17,21	0,002
Daya (W)*Daya (W)	1	0,1244	0,12445	1,34	0,285
Waktu (min)*Waktu (min)	1	2,8605	2,86053	30,81	0,001
2-Way Interaction	1	0,64	0,64	6,89	0,034
Daya (W)*Waktu (min)	1	0,64	0,64	6,89	0,034
Error	7	0,6498	0,09283		
Lack-of-Fit	3	0,5018	0,16728	4,52	0,09
Pure Error	4	0,148	0,037		
Total	12	22,3292			

Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel daya memiliki pengaruh yang signifikan secara linear terhadap yield, dengan p-value < 0,05 dan nilai F sebesar 105,86. Artinya, peningkatan daya dalam proses ekstraksi secara konsisten meningkatkan yield. Namun, signifikansi daya hanya terbatas pada hubungan linear, sementara pengaruh kuadrat daya tidak signifikan (p-value = 0,285). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan daya di luar ambang tertentu tidak memberikan efek non-linear yang berarti terhadap yield. Dengan kata lain, meskipun daya merupakan faktor penting, penggunaannya dapat disesuaikan dalam batas tertentu tanpa risiko kehilangan efisiensi yang signifikan, asalkan tetap berada pada level yang cukup tinggi untuk mendukung proses ekstraksi.

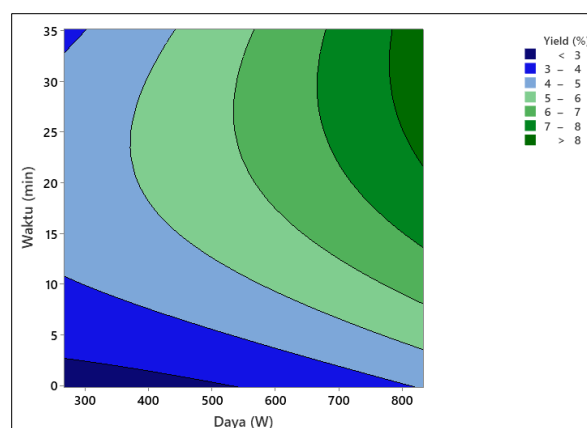
Berbeda dengan daya, variabel waktu menunjukkan signifikansi baik dalam pengaruh linear maupun kuadrat terhadap yield. Nilai F untuk efek linear adalah 86,35 dengan p-value < 0,05, sedangkan efek kuadrat memiliki nilai F sebesar 30,81 dan p-value = 0,001. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara waktu ekstraksi dan yield bersifat non-linear, yang berarti ada titik optimal waktu untuk mencapai hasil terbaik. Pengendalian waktu yang lebih presisi menjadi kunci untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam proses ekstraksi.

Signifikansi interaksi dua-arah antara daya dan waktu, dengan p-value = 0,034 dan nilai F sebesar 6,89, menunjukkan bahwa kedua variabel saling memengaruhi secara sinergis dalam proses ekstraksi. Hal ini berarti bahwa daya dan waktu tidak dapat dioptimalkan secara terpisah, karena kombinasi tertentu dari kedua variabel ini dapat memberikan yield yang berbeda. Interaksi ini penting untuk diperhitungkan untuk

mengoptimalkan proses yang dapat meningkatkan hasil secara keseluruhan.

Analisis efek kuadrat menunjukkan bahwa waktu (min) memiliki pengaruh signifikan (p-value = 0,001), sementara daya (W) tidak menunjukkan pengaruh signifikan. Artinya, waktu ekstraksi memiliki efek tidak linier pada hasil, dengan waktu optimal untuk hasil terbaik. Interaksi antara daya (W) dan waktu (min) juga signifikan (p-value = 0,034), yang menunjukkan bahwa kombinasi keduanya memengaruhi hasil ekstraksi secara lebih kompleks. Komponen error dalam ANOVA, yaitu Lack-of-Fit dan Pure Error, menunjukkan adanya variasi yang tidak dapat dijelaskan sepenuhnya oleh model, namun tidak cukup signifikan untuk mengubah kesimpulan [19].

Model regresi polinomial orde kedua dapat digunakan untuk memprediksi hasil ekstraksi, dengan kombinasi daya dan waktu sebagai faktor utama yang mempengaruhi hasil.

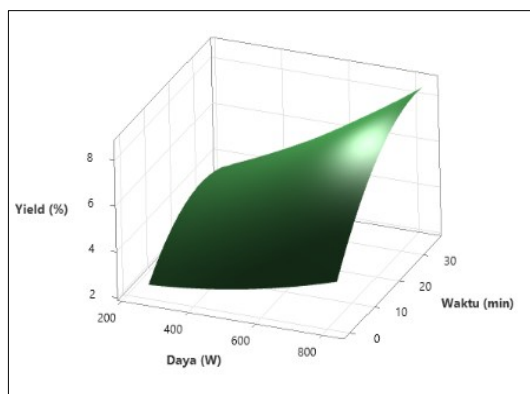


Gambar 1. Kontur plot daya dan waktu terhadap yield

Gambar 1 menunjukkan kontur plot hubungan antara daya ultrasonikasi (sumbu X) dan waktu ekstraksi (sumbu Y) terhadap yield ekstraksi (kandungan yang dihasilkan), dengan rentang variasi daya dan waktu yang telah dirancang menggunakan CCD. Dalam kontur ini, area yang lebih terang atau warna yang cenderung lebih tinggi menunjukkan nilai yield yang optimal, sementara area gelap menunjukkan yield yang lebih rendah.

Hasil menunjukkan bahwa peningkatan daya ultrasonikasi cenderung meningkatkan yield dengan rentang daya sedang hingga tinggi, karena energi yang lebih besar mempercepat pelepasan senyawa aktif. Variasi waktu ekstraksi menunjukkan hubungan kompleks; yield meningkat dengan durasi hingga titik optimum, tetapi bisa stagnan atau menurun jika terlalu lama karena degradasi senyawa [22]. Kombinasi optimal daya tinggi dan waktu ekstraksi menengah memberikan hasil terbaik, cukup untuk memecah

dinding sel tanpa menyebabkan degradasi, sesuai indikasi pada kontur plot [19].



Gambar 2. Response surface plot daya dan waktu terhadap yield

Gambar 2 menunjukkan *response surface plot* yang mengilustrasikan pengaruh daya ultrasonikasi dan waktu ekstraksi terhadap yield ekstraksi daun binahong. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa peningkatan daya ultrasonikasi secara signifikan meningkatkan yield, terutama dalam rentang daya sedang hingga tinggi. Fenomena ini dapat dijelaskan oleh peningkatan energi kavitasi yang dihasilkan, yang mampu mempercepat pelepasan senyawa bioaktif dari matriks seluler bahan [23]. Namun, waktu ekstraksi menunjukkan hubungan yang lebih kompleks. Pada durasi tertentu, yield meningkat seiring dengan bertambahnya waktu, tetapi setelah mencapai titik optimal, yield mulai stagnan atau bahkan menurun. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh terjadinya degradasi senyawa bioaktif akibat paparan energi ultrasonik yang berkepanjangan [24].

Interaksi antara daya dan waktu juga memainkan peran penting dalam menentukan hasil ekstraksi. Plot menunjukkan bahwa kondisi optimal untuk menghasilkan yield tertinggi berada pada kombinasi daya ultrasonikasi tinggi dan waktu ekstraksi menengah. Kondisi ini memberikan energi yang cukup untuk memecah dinding sel tanpa menyebabkan kerusakan pada senyawa aktif yang diekstraksi.

Dari hasil eksperimen, ditemukan bahwa yield optimal yang dihasilkan adalah 7,6%, sedikit lebih kecil dibandingkan dengan nilai prediktif dari model sebesar 7,72%. Perbedaan ini menunjukkan persentase error yang kecil, yang mungkin disebabkan oleh variasi operasional dalam pelaksanaan eksperimen. Meski demikian, nilai yield yang diperoleh tetap lebih tinggi dibandingkan dengan hasil dari eksperimen sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa proses ekstraksi masih dapat dioptimalkan lebih lanjut untuk meningkatkan yield.

Selain itu, plot menunjukkan bahwa puncak respons untuk yield berada dalam rentang parameter daya dan waktu yang dipelajari, mengindikasikan potensi pengoptimalan lanjutan melalui penyesuaian parameter proses ekstraksi dalam rentang optimal yang sudah ditentukan. Kombinasi daya dan waktu yang optimal ini sangat berguna untuk skala laboratorium dan penerapannya dalam proses skala industri untuk meningkatkan yield ekstrak bioaktif dari daun binahong

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengoptimalkan proses ekstraksi ultrasonikasi daun binahong menggunakan metode *Central Composite Design* (CCD), dengan kondisi optimal pada daya 750 W dan waktu ekstraksi 30 menit, menghasilkan yield tertinggi sebesar 7,6%. Analisis varians (ANOVA) menunjukkan bahwa daya dan waktu ekstraksi berpengaruh signifikan terhadap yield ekstrak, dengan nilai $p < 0,05$ untuk kedua faktor tersebut. Interaksi antara keduanya juga signifikan. Model regresi polinomial yang dihasilkan memiliki nilai R^2 sebesar 0,97, yang menunjukkan bahwa model ini mampu menjelaskan 97% variasi pada data eksperimen, menandakan akurasi prediksi yang tinggi.

Meskipun hasil eksperimen ini menunjukkan potensi yang menjanjikan, penerapan kondisi optimal pada skala industri perlu dievaluasi lebih lanjut, mengingat potensi degradasi bahan pada skala besar. Penelitian lanjutan diperlukan untuk menilai kelayakan penerapan kondisi optimal ini pada skala industri, dengan memperhatikan faktor teknis dan ekonomi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Suharmiati, S., Anwar, E., & Wulandari, "Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Binahong (*Anredera cordifolia*) Menggunakan Metode DPPH".
- [2] J. Sari, R. P., Widjaja, I., & Prihatin, "Efek Antiinflamasi Ekstrak Etanol Daun Binahong pada Tikus dengan Induksi Karagenan."
- [3] D. F. Nury, T. Widjaja, and F. Kurniawan, "The Effect of Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) Medicinal Plant Extract Addition on Glucose Detection," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 8, no. 2, 2019, doi: 10.12962/j23373520.v8i2.49944.
- [4] M. S. Do Socorro Chagas, M. D. Behrens, C. J. Moragas-Tellis, G. X. M. Penedo, A. R. Silva, and C. F. Gonçalves-De-Albuquerque, "Flavonols and Flavones as

- Potential anti-Inflammatory, Antioxidant, and Antibacterial Compounds,” *Oxid. Med. Cell. Longev.*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/9966750.
- [5] Dwitiyanti, Y. Harahap, B. Elya, and A. Bahtiar, “Impact of solvent on the characteristics of standardized binahong leaf (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis),” *Pharmacogn. J.*, vol. 11, no. 6, pp. 1463–1470, 2019, doi: 10.5530/PJ.2019.11.226.
- [6] F. Tedjakusuma and D. Lo, “Functional properties of *Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis: A review,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 998, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/998/1/012051.
- [7] “Utilization Of Binahong (*Anredera Cordifolia* (Ten.) Steenis) Leaves Extract As Herbal Medicine Via Ultrasonication”, [Online]. Available: <http://jurnal.untagsmg.ac.id/index.php/chemtag/article/view/4764>
- [8] M. Z. Luthfi and J. Jerry, “Ekstraksi Minyak Gaharu dengan Pelarut Etanol secara Maserasi,” *React. J. Res. Chem. Eng.*, vol. 2, no. 2, p. 36, 2021, doi: 10.52759/reactor.v2i2.39.
- [9] B. Tesfaye and T. Tefera, “Extraction of Essential Oil from Neem Seed by Using Soxhlet Extraction Methods,” *Int. J. Adv. Eng. Manag. Sci.*, vol. 3, no. 6, pp. 646–650, 2017, doi: 10.24001/ijaems.3.6.5.
- [10] S. B. Bagade and M. Patil, “Recent Advances in Microwave Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Complex Herbal Samples: A Review,” *Crit. Rev. Anal. Chem.*, vol. 51, no. 2, pp. 138–149, 2021, doi: 10.1080/10408347.2019.1686966.
- [11] M. V. Rao, A. S. Sengar, S. C K, and A. Rawson, “Ultrasonication - A green technology extraction technique for spices: A review,” *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 116, pp. 975–991, 2021, doi: 10.1016/j.tifs.2021.09.006.
- [12] C. H. Geow, M. C. Tan, S. P. Yeap, and N. L. Chin, “A Review on Extraction Techniques and Its Future Applications in Industry,” *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, vol. 123, no. 4, 2021, doi: 10.1002/ejlt.202000302.
- [13] D. R. Badaring, S. P. M. Sari, S. Nurhabiba, W. Wulan, and S. A. R. Lembang, “Uji Ekstrak Daun Maja (*Aegle marmelos* L.) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*,” *Indones. J. Fundam. Sci.*, vol. 6, no. 1, p. 16, 2020, doi: 10.26858/ijfs.v6i1.13941.
- [14] H. El Knidri, R. Belaabed, A. Addaou, A. Laajeb, and A. Lahsini, “Extraction, chemical modification and characterization of chitin and chitosan,” *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 120, pp. 1181–1189, 2018, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.08.139.
- [15] C. O. Perera and M. A. J. Alzahrani, “Ultrasound as a pre-treatment for extraction of bioactive compounds and food safety: A review,” *Lwt*, vol. 142, 2021, doi: 10.1016/j.lwt.2021.111114.
- [16] L. Ye, S. Chuai, X. Zhu, and D. Wang, “Experimental Study on Ultrasonic Cavitation Intensity Based on Fluorescence Analysis,” *Chinese J. Mech. Eng. (English Ed.)*, vol. 36, no. 1, 2023, doi: 10.1186/s10033-023-00933-2.
- [17] A. Y. Aydar, N. Bagdatlioglu, and O. Köseoglu, “Effect of ultrasound on olive oil extraction and optimization of ultrasound-assisted extraction of extra virgin olive oil by response surface methodology (RSM),” *Grasas y Aceites*, vol. 68, no. 2, 2017, doi: 10.3989/gya.1057162.
- [18] S. Zullaikah, A. S. Lenggono, D. F. Nury, and M. Rachimoellah, “Effect of blending ratio to the liquid product on co-pyrolysis of low rank coal and oil palm empty fruit bunch,” *MATEC Web Conf.*, vol. 156, pp. 0–4, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201815603023.
- [19] F. Z. Lini, T. Widjaja, N. Hendrianie, A. Altway, S. Nurkhamidah, and Y. Tansil, “The effect of organosolv pretreatment on optimization of hydrolysis process to produce the reducing sugar,” *MATEC Web Conf.*, vol. 154, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201815401022.
- [20] D. F. Nury, M. Z. Luthfi, and M. P. Ramadhan, “Optimization of the drying process of edible film-based cassava starch using response surface methodology,” *BIO Web Conf.*, vol. 77, 2023, doi: 10.1051/bioconf/20237701005.
- [21] T. Widjaja *Et Al.*, “Optimization Of Palmyra Palmsap Fermentation Using Co-Culture Of *Saccharomyces cerevisiae* and *Pichia stipitis*,” vol. 12, no. 23, pp. 6817–6824, 2017.
- [22] J. Plotka-Wasyłka, M. Rutkowska, K. Owczarek, M. Tobiszewski, and J. Namieśnik, “Extraction with environmentally friendly solvents,” *TrAC - Trends Anal. Chem.*, vol. 91, pp. 12–25, 2017, doi: 10.1016/j.trac.2017.03.006.
- [23] V. V. Milevskaya, T. S. Butylskaya, Z. A. Temerdashev, M. A. Statkus, and N. V.

Kiseleva, “Kinetics of Extraction of Biologically Active Substances from Medicinal Plant Raw Materials using Different Techniques,” *Moscow Univ. Chem. Bull.*, vol. 72, no. 6, pp. 260–266, 2017, doi: 10.3103/S0027131417060062.

[24] M. M. Rahman and B. P. Lamsal,

“Ultrasound-assisted extraction and modification of plant-based proteins: Impact on physicochemical, functional, and nutritional properties,” *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, vol. 20, no. 2, pp. 1457–1480, 2021, doi: 10.1111/1541-4337.12709.