



**OPTIMASI EKSTRAKSI FLAVONOID DARI DAUN PISANG KEPOK
(*MUSA PARADISIACA* L) MENGGUNAKAN *MICROWAVE-ASSISTED
EXTRACTION* (MAE)**

Fazrina Zahara, Dewi Yuniharni*, Intan Arziqni

Prodi Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Sains Cut Nyak Dhien, Kota
Langsa-24375, Indonesia

Korespondensi: e-mail: dewiyuniharni827@gmail.com

Abstrak

*Ekstraksi flavonoid dari daun pisang kepok (*Musa paradisiaca* L) dilakukan dengan menggunakan teknologi microwave-assisted extraction (MAE). Ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro merupakan metode yang tepat untuk mengisolasi bahan kimia aktif. Proses ekstraksi flavonoid selanjutnya disempurnakan dengan menggunakan response surface methodology (RSM) berdasarkan hasil yang diperoleh dari percobaan faktorial tiga level dan desain Box-Behnken (BBD). BBD adalah bentuk spesifik dari desain eksperimental yang dikenal sebagai desain faktorial tiga tingkat, yang bertujuan untuk mencegah masuknya kombinasi faktor yang ekstrim. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan efisiensi teknik ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro dengan mengoptimalkan daya gelombang mikro, waktu ekstraksi, dan konsentrasi pelarut untuk ekstraksi flavonoid. Variabel yang diteliti dalam percobaan ini meliputi tingkat daya, konsentrasi pelarut etanol, dan waktu ekstraksi. Tingkat daya diukur dalam watt dan mencakup tiga tingkat: 150, 300, dan 4500 Watt. Konsentrasi pelarut etanol dinyatakan sebagai persentase dan terdiri dari tiga konsentrasi: 50%, 60%, dan 70%. Serta waktu ekstraksi diukur dalam menit dan mencakup tiga durasi: 10, 15, dan 20 menit. Kondisi optimal untuk ekstraksi flavonoid dengan menggunakan teknologi microwave-assisted extraction (MAE) meliputi tingkat daya 300 watt, waktu ekstraksi 15 menit, dan konsentrasi pelarut 60%. Yield ekstraksi flavonoid dari daun pisang kapok ditentukan sebesar 11,38% pada kondisi tersebut.*

Kata kunci: Flavonoid, ekstraksi, microwave, daun pisang kapok,

Doi: <https://doi.org/10.29103/jtku.v12i2.13010>

1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan gaya hidup *back to nature*, obat tradisional atau obat herbal banyak digunakan oleh masyarakat karena memiliki keuntungan dalam mengkonsumsinya. Tanaman pisang sering digunakan sebagai konstituen

dalam sediaan obat tradisional. Setiap komponen tanaman pisang dapat dimanfaatkan secara efektif, termasuk bonggol, batang, bunga, daun, dan buahnya. Menurut Routray dan Orsat (2012), bahwa daun pisang kepok (*Musa paradisiaca* L) mengandung banyak komponen aktif termasuk alkaloid, saponin, tanin, flavonoid, terpen, dan karbohidrat (Routray & Orsat, 2012). Metabolit sekunder biasanya memiliki aktivitas farmakologi yang biasanya dimanfaatkan dalam bidang kefarmasian.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk melakukan ekstraksi dan karakterisasi senyawa bioaktif yang terkandung dalam tanaman daun pisang kepok. Daun pisang kepok ini mengandung senyawa flavonoid, alkaloid, saponin, tanin, dan terpen (Asuquo & Udobi, 2016). Isolasi ekstrak daun pisang kepok umumnya menggunakan metode konvensional (meserasi). Dimana metode meserasi merupakan metode ekstraksi secara konvensional yang telah ada sejak zaman belanda dan membutuhkan waktu yang panjang untuk mendapatkan ekstrak dari daun pisang. Sehingga diperlukan salah satu terobosan terbaru untuk dapat mempercepat proses isolasi senyawa flavonoid dari daun pisang kepok. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mempercepat proses isolasi daun pisang kepok ini adalah menggunakan *microwave-assisted extraction* (MAE).

Ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro (MAE) adalah metode yang digunakan untuk mengekstraksi senyawa bioaktif dari beragam sumber tanaman. Teknik ini menggunakan energi gelombang mikro, menawarkan keuntungan penting seperti waktu ekstraksi yang cepat dan efisiensi energi yang ditingkatkan. Karena manfaat ini, MAE memiliki peran penting dalam isolasi senyawa metabolit sekunder, termasuk antosianin, polifenol, dan flavonoid (Routray dan Orsat, 2012; Tarun Belwal dkk., 2007). Kondisi ekstraksi untuk bahan alam dapat bervariasi tergantung pada berbagai aspek seperti pemilihan pelarut yang digunakan, metode ekstraksi, waktu ekstraksi, rasio zat terlarut terhadap pelarut, dan temperatur (Ahmed dkk., 2022). Berbeda dengan teknik ekstraksi fenolik pada umumnya seperti sokletasi dan maserasi, antara lain, penggunaan ekstraksi berbantuan gelombang mikro (MAE) dengan konsentrasi pelarut yang bervariasi telah terbukti menghasilkan senyawa fenolik dalam jumlah yang lebih besar

terutama flavonoid, sekaligus meningkatkan kualitasnya secara keseluruhan. (Putri dkk., 2012).

Optimasi ekstraksi komponen flavonoid pada daun pisang kepok dapat dilakukan dengan menggunakan RSM (*Response Surface Methodology*). Pendekatan analitik ini telah terbukti sangat efisien dalam optimasi berbagai proses, formulasi, atau kombinasi lainnya. Penggunaan pendekatan RSM memungkinkan optimasi proses ekstraksi dan penilaian dampak dari variabel interaksinya terhadap kondisi respon (Xiao et al., 2008). Desain eksperimental *Box-Behnken* (BBD) menawarkan beberapa keuntungan dibandingkan dengan *Central Composite Design* (CCD) ketika mempertimbangkan penerapan tiga faktor variabel. Desain BBD lebih efisien dalam hal jumlah eksperimen yang dilakukan, karena dapat mencapai hasil yang sebanding dengan eksperimen yang lebih sedikit. Selain itu, desain BBD memastikan bahwa titik uji ekstrem atau titik aksial yang tidak berada dalam kisaran faktor variabel tidak dimasukkan dalam desain (Kusuma et al., 2017). Oleh karena itu, tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk melakukan optimasi dari daya microwave, waktu ekstraksi dan konsentrasi pelarut yang digunakan untuk mengekstrak flavonoid menggunakan metode MAE.

2. Bahan dan Metode

2.1 Bahan

Sampel dalam penelitian ini adalah daun pisang kepok (*Musa paradisiaca* L) yang terdapat dari desa Alue Bugeng, Kecamatan Peureulak Timur, Kabupaten Aceh Timur. Bahan kimia yang di gunakan seperti aluminum chlorida, aquades, FeCl₃, Bouchardat LP, Dragendrof LP, etanol 50%, etanol 60%, etanol 70%, Mayer LP, Na-acetat, bubuk Zn, dan bubuk Mg.

2.2 Alat Yang digunakan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah beaker glass, erlenmeyer, gelas ukur, tabung reaksi, corong gelas, timbangan digital, masker, sarung tangan, spuit, alat sonde pencekok/oral 1 ml, termometer, stopwatch,

cawan porselin, kapas/tisu steril, pengayak mesh 40, oven, *microwave*, kertas saring dan penangas air.

2.3 Pembuatan dan Uji Kadar Air Serbuk Simplisia

Daun daun pisang kepok (*Musa paradisiaca* L) segar yang diperoleh dibersihkan dan dikeringkan dengan cara di anginkan, lalu dihaluskan dan diayak dengan pengayak mesh 40 untuk mencapai ukuran partikel yang konsisten dan seragam. Analisis karakteristik serbuk simplisia dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia dari daun pisang kepok kering. Penentuan kadar air dilakukan dengan metode gravimetri, di mana sampel seberat 2 g dimasukkan ke dalam cawan yang diketuk. Sampel dikeringkan pada temperatur 105°C selama 5 jam, kemudian diukur beratnya. Proses pengeringan harus dilanjutkan, dengan penimbangan dilakukan setiap jam, hingga perbedaan antara dua penimbangan berturut-turut tidak melebihi 0,25% (DepKes RI, 2015).

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{berat bahan setelah pemanasan}}{\text{berat bahan}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

2.4 Proses Ekstraksi

Sebanyak 10 gram bubuk simplisia, yang kemudian dimasukkan ke dalam labu kemudian ditambahkan 300 ml pelarut (dengan perbandingan 1:10) ditambahkan ke dalam labu tersebut. Variabel percobaan meliputi tingkat daya (150, 300, 4500 Watt), konsentrasi pelarut etanol (50%, 60%, 70%) dan waktu ekstraksi (10, 15, 20 menit). Selanjutnya, sampel diekstraksi sesuai dengan data parameter yang diperoleh. Setelah proses ekstraksi selesai, ekstrak didinginkan kemudian disaring menggunakan kertas saring dan diuapkan secara manual dengan penangas air yang bertujuan untuk menguapkan pelarutnya hingga diperoleh ekstrak kental flavonoid.

2.5 Perhitungan Yield Flavonoid

Penentuan *yield* flavonoid dari ekstrak daun pisang kapok dilakukan dengan menggunakan persamaan yang berasal dari penelitian yang dilakukan oleh Chen dkk. (2015). Dalam persamaan ini, variabel x mewakili proporsi kadar air

yang digunakan untuk menghitung rendemen. Oleh karena itu, proporsi bahan dapat dinyatakan sebagai (1-x). Perhitungan rendemen flavonoid, dengan mempertimbangkan kadar air sampel yang diekstraksi, dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2. Selanjutnya ekstrak kentan dihitung *yield* dan di analisis fitokimia (flavonoid).

$$Yield \% = \frac{Massa\ Ekstrak}{Massa\ bahan \cdot (1-x)} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

2.6 Desain Eksperimen

Penelitian ini menggunakan desain Box-Behnken (BBD) untuk menilai dan mengoptimalkan kondisi ekstraksi MAE. Persamaan 3 merupakan persamaan kuadrat yang memodelkan nilai proyeksi respon hasil atau *yield* (Y) dalam kaitannya dengan faktor daya *microwave* (A), waktu ekstraksi (B), dan konsentrasi pelarut (C). Data dari variabel yang dianalisis disesuaikan dengan menggunakan persamaan polinomial orde dua.

$$Y = 10.6445 + 0.031A + 0.847B - 0.33C - 0.0009AB - 0.00006AC - 0.0063BC - 0.00002A^2 - 0.00346B^2 + 0.00326C^2 \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- Y = *Yield* (%)
- A = Daya (mL)
- B = Waktu (menit)
- C = Konsentrasi pelarut(%)

2.7 Analisis Statistik

Signifikansi statistik atau kecocokan model dari data analisis kadar flavonoid total dinilai dengan menggunakan ANOVA. Model perlakuan dianggap memiliki kecocokan yang tepat ketika nilai probabilitas (p-value) lebih kecil atau sama dengan tingkat signifikansi yang telah ditentukan ($\leq 0,05$). Sebaliknya, jika nilai p-value lebih besar atau sama dengan ≥ 0.05 , hal ini menunjukkan adanya ketidakcocokan pada model. Evaluasi hubungan antara data eksperimen dan variabel respon dilakukan dengan menilai koefisien korelasi determinasi (R^2), serta ketepatan kecukupan dan koefisien determinasi yang disesuaikan (R^2 *adjusted*) (Kusuma dkk., 2017).

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Kadar Air Serbuk Simplisia

Penentuan kadar air dan abu merupakan langkah penting dalam proses standarisasi simplisia atau ekstrak, untuk memastikan produksi bahan berkualitas tinggi sebelum diproduksi dalam skala industri. Sesuai dengan temuan Kementerian Kesehatan Indonesia pada tahun 2012, kadar air yang diizinkan untuk simplisia adalah kurang dari 10% (Kesehatan, 2012). Kadar air simplisia daun pisang kepok tercatat sebesar 3,36%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa simplisia daun pisang kepok telah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan.

3.2 Uji Fitokimia (Flavonoid)

Hasil positif diperoleh dari uji flavonoid yang dilakukan pada serbuk simplisia dan ekstrak daun pisang kepok, yang dibuktikan dengan dihasilkannya warna merah. Kompleks berwarna merah atau jingga terbentuk sebagai hasil reduksi flavonoid dengan menggunakan magnesium (Mg) dan seng (Zn). Molekul flavonoid sering dikenal karena sifatnya yang menguntungkan sebagai antioksidan. Kapasitas antioksidan yang ada pada flavonoid berada pada gugus hidroksil fenol, yang memungkinkannya untuk secara langsung menangkap radikal bebas dengan menyumbangkan atom hidrogen (Masruri dkk., 2014).

3.3 Analisis Respon *Yield* Ekstrak Daun Pisang Kepok

Total *yield* yang dihasilkan menunjukkan kisaran 9,18 – 12,82%, dan kisaran ini ditentukan oleh massa ekstrak yang dihasilkan dan kandungan pelarut yang tersisa. Tabel 2 menampilkan hasil yang diperoleh dengan menilai dampak kondisi proses ekstraksi terhadap nilai respon *yield* pada setiap perlakuan. *Yield* total terbesar yang dicapai pada run 13 adalah 12,82%. Hasil ini disebabkan oleh pengaruh beberapa faktor, seperti daya *microwave* 300 watt, waktu ekstraksi 20 menit, dan konsentrasi etanol 50%. Perlakuan dengan nilai *yield* terendah adalah run 17. Perlakuan ini menggunakan daya *microwave* 150 watt, waktu ekstraksi 10

menit, dan konsentrasi etanol 60%. Total *yield* yang diperoleh dari perlakuan ini adalah 38,67%.

Tabel 1. Data hasil eksperimen dan prediksi *yield* flavonoid dengan *Box-Behnken Design*

No	Daya <i>Microwave</i> (watt)	Waktu (menit)	Konsentrasi Etanol (%)	<i>Yield</i> (%)	
				Experimen	Prediksi
1	300	15	60	11.36	11.38
2	450	15	50	12.24	12.28
3	300	10	50	11.38	11.33
4	300	15	60	11.43	11.38
5	450	10	60	11.44	11.47
6	150	20	60	11.62	11.59
7	150	15	50	11.32	11.28
8	300	15	60	11.34	11.38
9	300	10	70	11.06	10.96
10	450	20	60	11.21	11.08
11	300	15	60	11.37	11.38
12	150	15	70	10.48	10.45
13	300	20	50	12.82	12.91
14	300	15	60	11.39	11.38
15	450	15	70	11.02	11.10
16	300	20	70	11.22	11.27
17	150	10	60	9.18	9.31

Lamanya proses ekstraksi merupakan variabel yang mempengaruhi kualitas ekstrak yang dihasilkan. Waktu ekstraksi yang lama menyebabkan kenaikan temperatur yang signifikan, sehingga mempercepat proses penguapan pelarut. *Yield* ekstrak dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah daya *microwave*. Kusuma dan Mahfud (2015) menyatakan bahwa daya *microwave* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai *yield*. Hal ini dikaitkan dengan hubungan antara temperatur dan daya operasi, dimana tingkat daya yang lebih tinggi menghasilkan peningkatan temperatur operasi dan laju penguapan yang lebih tinggi. Peningkatan temperatur operasi disebabkan oleh kemampuan bahan dan pelarut untuk menyerap energi dari radiasi gelombang mikro (Kusuma dan Mahfud, 2015).

Penelitian ini menyajikan analisis varians (ANOVA) menggunakan model polinomial kuadratik untuk menilai *yield* flavonoid. Hasil analisis ini dirangkum dalam Tabel 2. Model polinomial kuadratik yang diperoleh memiliki koefisien determinasi (R) sebesar 0,8592, yang menunjukkan kecocokan sebesar 85,92% dengan data. Hal ini menunjukkan bahwa model tersebut sesuai dan dapat digunakan secara efektif untuk prediksi *yield* flavonoid dengan metode MAE. Koefisien determinasi yang disesuaikan, dilambangkan sebagai R^2 adj, dihitung sebesar 0,9789 atau 97,89%. Nilai R^2 lebih dari 70% menunjukkan bahwa nilai yang diamati dan yang diprediksi sangat akurat dan memberikan hasil yang serupa. Nilai $F = 83,32$ dan p -value 0,0001 ($p < 0,005$) menunjukkan bahwa model menunjukkan tingkat signifikansi yang lebih tinggi. Nilai *lack of fit* (F -Value = 23,57 dan p -value = 0,0053) keduanya menunjukkan tingkat signifikan yang tinggi dari tingkat signifikansi yang telah ditentukan, yaitu 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa *lack of fit* signifikan secara statistik, yang menunjukkan bahwa keakuratan model linier kuadratik (Kusuma dkk., 2017).

Tabel 2. Hasil analisis varians (ANOVA) menggunakan model polinomial kuadratik

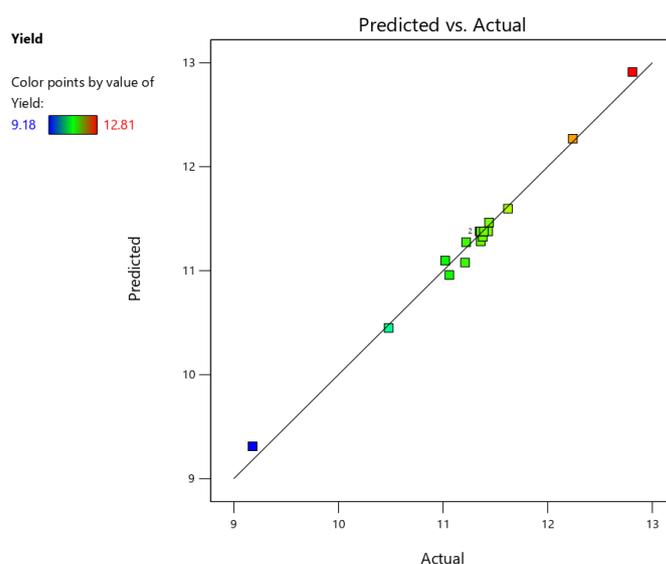
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	8.57	9	0.9517	83.32	< 0.0001	significant
Residual	0.08	7	0.0114			
Lack of Fit	0.0757	3	0.0252	23.57	0.0053	significant
Pure Error	0.0043	4	0.0011			
Cor Total	8.65	16				

Nilai koefisien determinasi (R^2) adalah 0,8592 atau 85,92% dan koefisien determinasi adjust R^2 adj = 0,9789

3.4. Analisis Model Kondisi Aktual dan Model Prediksi

Kurva pada gambar 1 mewakili nilai hasil aktual dan yang diharapkan. Pada gambar 1 menyajikan perbandingan antara model kondisi aktual dan model prediksi dari respon pada setiap titik perlakuan, sebagaimana ditentukan oleh model kuadratik yang disarankan dan data yang sesuai. Ada beberapa contoh ketika titik data meluas secara signifikan di luar garis regresi. Fenomena ini

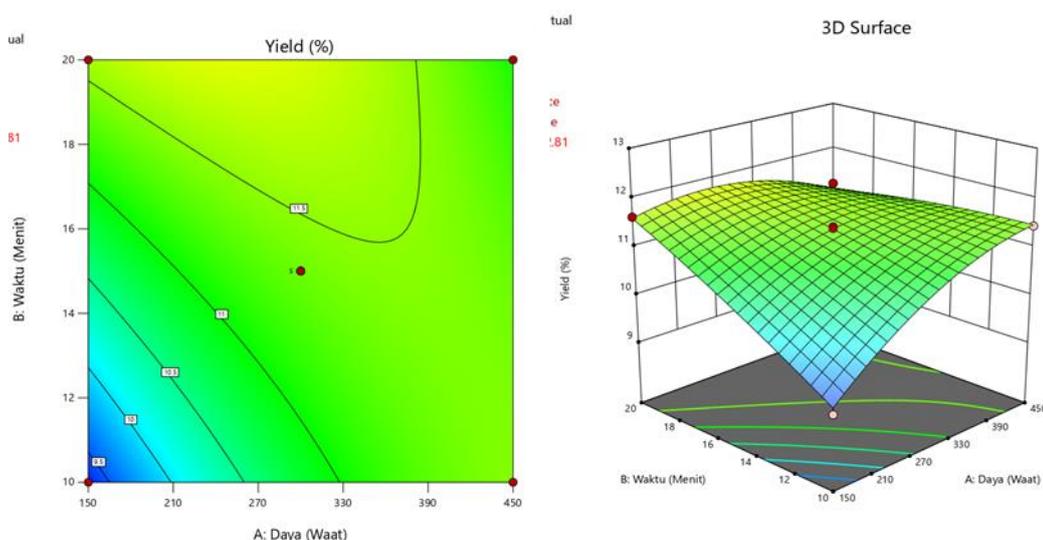
terjadi karena adanya perbedaan substansial antara nilai respon yang diamati dan yang diproyeksikan, yang mengakibatkan penyimpangan yang signifikan. Nilai hasil penelitian yang diamati dan diprediksi menunjukkan sedikit perbedaan di antara perlakuan; namun, model ini dapat menangkap fenomena yang mendasarinya dengan baik, yang dibuktikan dengan nilai R-kuadrat yang tinggi dan mendekati satu (Xiao dkk., 2008).



Gambar 1. Perbandingan antara model kondisi aktual dan model prediksi

3.4. Pengaruh Waktu dan Daya *Microwave*

Analisis respon hasil dilakukan dengan mempertimbangkan pengaruh waktu dan daya *microwave*. Studi ini menyajikan representasi visual dari kontur dan plot tiga dimensi yang menggambarkan pengaruh dari daya dan waktu ekstraksi pada *yield* yang diperoleh. Keadaan kontur memberikan kisaran nilai hasil, sering kali berada di antara 9,18% sampai dengan 12,91%, yang mengindikasikan variasi warna. Nilai hasil warna dari warna tertentu berbanding lurus dengan intensitas warna merah yang teramati di area yang sesuai.

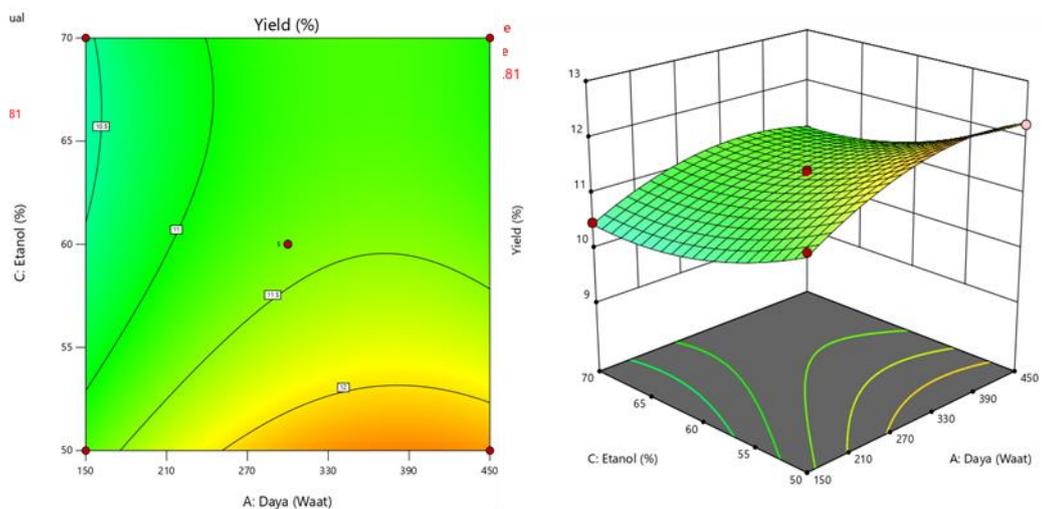


Gambar 2. *Contour plot* menunjukkan pengaruh dari waktu dan daya *microwave* terhadap *yield* flavonoid daun pisang kepok

3.6 Pengaruh Konsentrasi Pelarut terhadap Daya

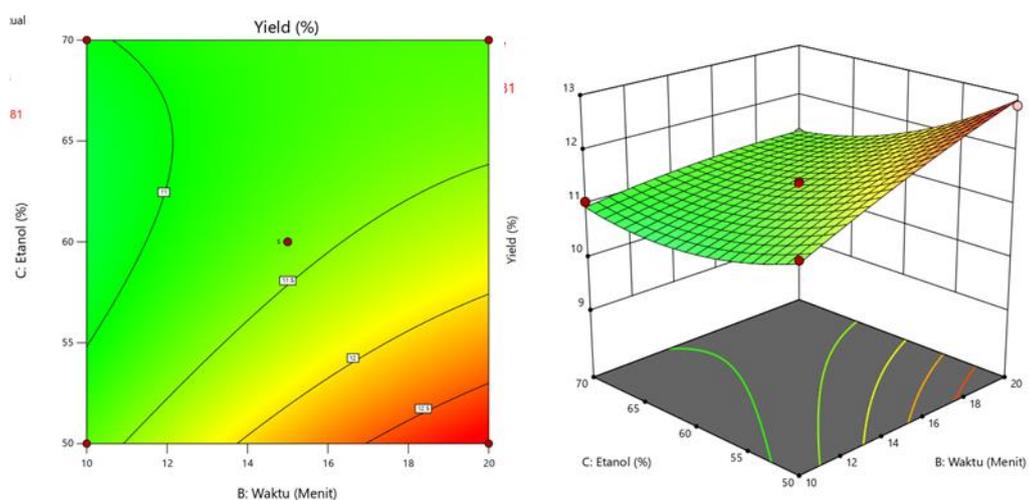
Plot kontur yang menggambarkan hasil respons hasil, yang dipengaruhi oleh konsentrasi etanol dan daya *microwave*, menunjukkan bahwa garis kontur menjangkau kisaran nilai 9.18-12.82%. Area oranye pada Gambar 3 menunjukkan *yield* tertinggi, yang dipengaruhi oleh elemen-elemen seperti konsentrasi pelarut dan daya *microwave* yang digunakan. Sebaliknya, area biru mewakili daerah dengan hasil *yield* yang lebih rendah. Nilai respon dari proses ekstraksi dapat dipengaruhi oleh kondisi konsentrasi pelarut dan daya (Kusuma dan Mahfud, 2015). Telah diamati bahwa peningkatan konsentrasi pelarut dan daya *microwave* dapat menyebabkan penurunan nilai *yield* hasil ekstraksi flavonoid dari daun pisang kepok.

Kurva yang diamati menunjukkan kemiringan yang relatif rendah, yang mengindikasikan adanya perbedaan minimal dalam *yield* yang dihasilkan dari kedua faktor tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi memberikan dampak yang signifikan pada *yield* yang dihasilkan. Gambar 3 mengilustrasikan kondisi warna yang digambarkan, yang secara eksklusif terdiri dari gradasi biru, hijau, kuning dan *orange*. Wilayah biru sesuai dengan area yang ditandai dengan hasil yang rendah, sementara wilayah *orange* mewakili area dengan hasil yang tinggi.



Gambar 3. *Contour plot* menunjukkan pengaruh dari konsentrasi etanol dan daya terhadap *yield* flavonoid daun pisang kepok

3.6 Pengaruh Waktu dan Konsentrasi Pelarut



Gambar 4. *Contour plot* menunjukkan pengaruh dari konsentrasi etanol dan waktu ekstraksi terhadap *yield* flavonoid daun pisang kepok

Plot kontur yang menggambarkan hasil respons hasil, yang dipengaruhi oleh elemen waktu dan konsentrasi pelarut yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4. Pada gambar 4 plot kontur menunjukkan semakin lama waktu ekstraksi maka akan menghasilkan *yield* flavonoid yang lebih tinggi, hal ini dapat dilihat dari warna merah yang dihasilkan pada plot kontur. Area merah pada gambar 4 menunjukkan hasil ekstraksi dengan *yield* tertinggi, yang dipengaruhi oleh waktu ekstraksi dan konsentrasi pelarut yang digunakan. Sebaliknya, area biru mewakili

daerah dengan hasil *yield* yang lebih rendah. Nilai respon dari proses ekstraksi dapat dipengaruhi oleh kondisi waktu dan konsentrasi pelarut (Márquez-Villacorta dkk., 2022).

4. Simpulan dan Saran

Kondisi optimal untuk ekstraksi flavonoid dari daun pisang kapok menggunakan bantuan pemanasan *microwave* adalah dengan daya 300 watt, waktu ekstraksi 15 menit dan konsentrasi pelarut yang digunakan 60%. Hasil maksimum dicapai pada nilai 11.38%.

5. Daftar Pustaka

1. Ahmed, M., Khan, K. ur R., Ahmad, S., Aati, H. Y., Sherif, A. E., Ashkan, M. F., Alrahimi, J., Abdullah Motwali, E., Imran Tousif, M., Abbas Khan, M., Hussain, M., Umair, M., Ghalloo, B. A., & Korma, S. A. (2022). Phytochemical, antioxidant, enzyme inhibitory, thrombolytic, antibacterial, antiviral and in silico studies of *Acacia jacquemontii* leaves. *Arabian Journal of Chemistry*, 15(12)
2. Asuquo, E. G., & Udobi, C. E. (2016). Antibacterial and toxicity studies of the ethanol extract of *Musa paradisiaca* leaf . *Cogent Biology*, 2(1), 1219248.
3. Kesehatan, K. (2012). *Technical guidelines for Culture, identification and sensitivity test of mycobacterium tuberculosis on solid media*. Kementerian Kesehatan RI.
4. Kusuma, H. S., & Mahfud, M. (2015). Pengaruh daya dan rasio bahan pada ekstraksi kayu cendana (*santalum album*) dengan metode *microwave hydrodistillation* : optimasi menggunakan *response surface methodology*. *Jurnal Teknik Kimia*, 10(1), 19–25.
5. Kusuma, H. S., Syahputra, M. E., Parasandi, D., Altway, A., & Mahfud, M. (2017). Optimization of *microwave hydrodistillation* of dried patchouli leaves by *response surface methodology*. *Rasayan Journal of Chemistry*, 10(3), 861–865.
6. Márquez-Villacorta, L., Pretell-Vásquez, C., & Hayayumi-Valdivia, M. (2022). Optimization of edible coating with essential oils in blueberries. *Ciencia e Agrotecnologia*, 46(6), 1–13.
7. Masruri, Qodri, U. L., & Utomo, P. (2014). *Skrining fitokimia metabolit sekunder ekstrak metanol dari kulit batang mahoni* (. 2(2), 480–484.
8. Putri, S. K., Supranto, & Sudiyo, R. (2012). Studi Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa (Coconut Oil) dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik. *Jurnal Rekayasa Proses*, 6(1), 20–25.
9. Routray, W., & Orsat, V. (2012a). Microwave-assisted extraction of flavonoids: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 5(2), 409–424.

10. Routray, W., & Orsat, V. (2012b). Microwave-Assisted Extraction of Flavonoids: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 5(2), 409–424. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0573-z>
11. Tarun Belwal, Ezzat, S. M., Rastrelli, L., Bhatta, I. D., Dagliae, M., Baldi, A., Devkota, H. P., Orhan, I. E., Patrai, J. K., DaS, G., Anandharamakrishnan, Lourdes Gomez-Gomez, S. F. N., Nabavil, S. M., & Atanasov, A. G. (2007). A critical analysis of extraction techniques used for botanicals: Trends, priorities, industrial uses and optimization strategies. *Europe, september*, 2–5.
12. Xiao, W., Han, L., & Shi, B. (2008). Optimization of microwave-assisted extraction of flavonoid from Radix Astragali using response surface methodology. *Separation Science and Technology*, 43(3), 671–681.