

CHARACTERISTICS OF COCOA POD HUSK EXTRACT AS A NATURAL COLORANT WITH VARIATION OF PARTICLE SIZE AND TIME OF EXTRACTION BY MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION METHOD

KARAKTERISTIK EKSTRAK KULIT BUAH KAKAO SEBAGAI PEWARNA ALAMI PADA VARIASI UKURAN PARTIKEL DAN LAMA EKSTRAKSI DENGAN METODE MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION

Dwi Nanda Arta Maharani, Gusti Putu Ganda Putra*, Nyoman Semadi Antara
Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Indonesia

Diterima 1 Agustus 2024 / Disetujui 10 September 2024

ABSTRACT

Cocoa pods husk contain natural dyes, namely flavonoids, tannins and saponins that can be used as natural dyes. To utilize these dyes, it is necessary to separate them by extraction. Microwave Assisted Extraction is one method to extract color compounds. This study aims to determine the effect of particle size and time of extraction using the Microwave Assisted Extraction method on the characteristics of cocoa pod husk extract and determine the best treatment combination that can produce cocoa pod husk extract as a source of natural color. This study used a Randomized Block Design (RBD) with a two-factor factorial experiment, namely particle size (40, 60 and 80 mesh) and time of extraction (2, 4, 6, 8 and 10 minutes). The data obtained were analyzed by analysis of variance and continued with Tukey test. The results showed that particle size and time of extraction influenced yield, total flavonoids, color intensity (L^ , a^* , b^*), color scoring and overall acceptance. The interaction between treatments significantly affected yield, total flavonoids, color intensity (L^* , a^* , b^*), but had no significant effect on color scoring and overall acceptance. Based on the effectiveness index test, 80 mesh particle size and time of extraction 10 minutes is the best treatment to produce extracts as colorants, with characteristics of yield $7.34 \pm 0.17\%$, total flavonoids 23.41 ± 0.05 mg QE/g, brightness level (L^*) 10.76 ± 0.31 , redness level (a^*) 18.20 ± 0.06 , yellowness level (b^*) 19.83 ± 0.16 , color scoring 4.55 (moderately bright brown - bright brown), and overall acceptance 4.70 (mildly like - like).*

Keywords : extraction, cocoa pod husk, natural colorant, particle size, time extraction

ABSTRAK

Kulit buah kakao mengandung zat warna alami yaitu flavonoid, tanin dan saponin yang dapat dimanfaatkan menjadi pewarna alami. Pemanfaatan warna tersebut perlu dilakukan pemisahan dengan cara ekstraksi. *Microwave Assisted Extraction* merupakan salah satu metode untuk mengekstrak senyawa warna. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel dan lama ekstraksi menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* terhadap karakteristik ekstrak kulit buah kakao serta menentukan kombinasi perlakuan terbaik yang dapat menghasilkan ekstrak kulit buah kakao sebagai sumber pewarna alami. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan percobaan faktorial dua faktor, yaitu ukuran partikel (40, 60 dan 80 *mesh*) dan lama ekstraksi (2, 4, 6, 8 dan 10 menit). Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis varian dan dilanjutkan dengan uji beda

* Korespondensi Penulis :
Email: gandaputra@unud.ac.id

nyata jujur (BNJ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran partikel dan lama ekstraksi berpengaruh terhadap rendemen, total flavonoid, intensitas warna (L^* , a^* , b^*), skoring warna dan penerimaan keseluruhan. Interaksi antar perlakuan berpengaruh nyata terhadap rendemen, total flavonoid, intensitas warna (L^* , a^* , b^*), namun berpengaruh tidak nyata terhadap skoring warna dan penerimaan keseluruhan. Berdasarkan uji indeks efektivitas, ukuran partikel 80 mesh dan lama ekstraksi selama 10 menit merupakan perlakuan terbaik untuk menghasilkan ekstrak sebagai pewarna, dengan karakteristik rendemen $7,34 \pm 0,17\%$, total flavonoid $23,41 \pm 0,05$ mg QE/g, tingkat kecerahan (L^*) $10,76 \pm 0,31$, tingkat kemerahan (a^*) $18,20 \pm 0,06$, tingkat kekuningan (b^*) $19,83 \pm 0,16$, skoring warna 4,55 (coklat cukup cerah – coklat cerah), serta penerimaan keseluruhan 4,70 (agak suka – suka).

Kata kunci : ekstraksi, kulit buah kakao, pewarna, ukuran partikel, lama ekstraksi

PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao* L.) adalah jenis komoditi hasil perkebunan di Indonesia yang mempunyai peran sangat penting di perekonomian Indonesia. Badan Pusat Statistik (BPS) menyebutkan produksi kakao di Indonesia pada tahun 2021 mencapai 688,21 ribu ton (BPS, 2023a). Produksi kakao di Bali pada tahun 2023 sebesar 4,897 ton, Kabupaten Jembrana merupakan penghasil kakao tertinggi yakni sebesar 2,943 ton (BPS, 2023b).

Biji kakao merupakan bagian yang paling umum dimanfaatkan menjadi produk makanan dan minuman, meningkatnya permintaan konsumen terhadap produk kakao akan menyebabkan peningkatan hasil samping produksi. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Cruz et al. (2012) pada proses pengolahan kakao menghasilkan 70-75% hasil samping kulit buah kakao. Sehingga diperlukan pengolahan terhadap hasil samping kulit kakao yang melimpah agar dapat meningkatkan nilai ekonomisnya, salah satunya dapat dimanfaatkan sebagai pewarna alami. Menurut penelitian Pappa et al. (2019) kulit buah kakao mengandung senyawa yang membawa zat pewarna alami yaitu flavonoid, tanin dan saponin. Hasil samping kulit buah kakao dapat diolah secara optimal dengan mengekstraksi zat pewarna dan digunakan sebagai pewarna alami. Salah satu metode ekstraksi yang dapat digunakan adalah *Microwave Assisted Extraction* (MAE).

Proses ekstraksi dengan metode MAE memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode ekstraksi konvensional yaitu waktu ekstraksi yang singkat, menggunakan jumlah pelarut yang sedikit dan menghasilkan ekstrak yang besar (Mandal et al., 2007). Ekstraksi menggunakan metode MAE dipengaruhi oleh beberapa faktor, yakni ukuran partikel, lama ekstraksi, volume pelarut, jenis pelarut, dan daya *microwave*. Ukuran partikel mempengaruhi proses ekstraksi dikarenakan ukuran partikel yang semakin kecil akan memudahkan untuk memecah membran sel sehingga senyawa yang terkandung dalam sel dapat dengan mudah dilarutkan ke dalam pelarutnya. Faktor lain yang berpengaruh adalah lama ekstraksi. Ekstraksi yang terlalu lama akan menyebabkan ekstrak terhidrolisis dan menurunkan kadar senyawa terhadap bahan yang diekstrak. Sedangkan, waktu ekstraksi yang terlalu singkat akan menyebabkan tidak semua senyawa yang terlarut dalam pelarut dapat terekstraksi secara optimal. Ekstraksi yang terlalu singkat atau lama akan mempengaruhi sifat fisik dan sifat kimia dari bahan yang akan diekstraksi (Pratiwi et al., 2023). Perubahan sifat fisik yang terjadi seperti perbedaan jumlah ekstrak yang dihasilkan dan perbedaan tingkat warna ekstrak. Sedangkan perubahan sifat kimia contohnya dapat mempengaruhi kandungan senyawa aktif yang dihasilkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Sumantining et al. (2022) pada karakteristik ekstrak kulit buah kakao menggunakan metode MAE dengan variasi ukuran partikel 40, 60 dan 80 *mesh*, menghasilkan perlakuan terbaik pada perlakuan ukuran partikel 80 *mesh*.. Hasil penelitian Purnami et al. (2022)

yang menggunakan metode MAE pada pewarna kulit buah naga kuning yang menggunakan variasi waktu 6, 8 dan 10 menit, menghasilkan perlakuan terbaik pada perlakuan 10 menit.

Oleh karena itu, penelitian perlu dilakukan dengan tujuan mengetahui pengaruh ukuran partikel dan lama ekstraksi terhadap karakteristik ekstrak kulit buah kakao sebagai pewarna alami dan untuk menentukan kombinasi perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi terbaik untuk menghasilkan ekstrak kulit buah kakao sebagai pewarna alami.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit buah kakao jenis lindak yang telah matang dan memiliki warna kuning. Kulit buah kakao diperoleh dari Ekasari Cacao Plantation yang terletak di Jl. Ekasari, Kec. Melaya, Jembrana, Bali. Bahan kimia yang digunakan antara lain, pelarut etanol teknis 96% (Saba Kimia), NaOH 1% (Merck), NaNO_2 5% (Merck), AlCl_3 10% (Merck), kuersetin (Sigma Aldrich), etanol PA, dan aquades.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, pisau, oven dryer (ESCO Isotherm OFA-110-8), blender (Miyako), ayakan 40, 60 dan 80 mesh (Retsch), timbangan analitik (Ohaus), microwave (Samsung), labu didih (Durhan), kertas saring Whattman No. 1, corong kaca, botol gelap, rotary vacuum evaporator (IKA RV 10 basic), tabung reaksi (Iwaki), rak tabung reaksi, erlenmeyer (Iwaki), pipet volume, vortex mixer, pipet mikro (Socorex), labu ukur (Iwaki), gelas ukur (Iwaki), gelas beaker (Iwaki), spektrofotometer Uv-Vis (Geneves 10S UV-Vis), dan colorimeter app.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dua faktor. Faktor pertama adalah ukuran partikel yang terdiri dari (40, 60 dan 80 *mesh*). Faktor kedua adalah lama ekstraksi yang terdiri dari (2, 4, 6, 8, dan 10 menit). Masing-masing percobaan dikelompokkan menjadi 2 kelompok berdasarkan waktu pelaksanaannya, sehingga diperoleh 30 unit percobaan. Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis varian (ANOVA) dan jika perlakuan berpengaruh akan dilanjutkan dengan pengujian BNJ (Beda Nyata Jujur). Perlakuan terbaik ditentukan dengan uji indeks efektivitas (De Garmo et al., 1984).

Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan bubuk kulit buah kakao mengikuti prosedur yang dilakukan oleh Pratyaksa et al. (2020) dengan modifikasi. Kulit buah kakao dibersihkan terlebih dahulu, setelah itu dipotong dengan ukuran ± 1 cm dan dicuci hingga bersih lalu ditiriskan. Selanjutnya kulit buah kakao dioven dengan suhu 50°C selama 24 jam hingga kadar air menjadi ± 7 persen. Kulit buah kakao kering diblender dan diayak sesuai perlakuan (40, 60 dan 80 *mesh*) sehingga diperoleh bubuk kulit buah kakao dengan ukuran partikel sesuai dengan perlakuan.

Proses ekstraksi bubuk kulit buah kakao mengikuti prosedur yang dilakukan oleh Pratiwi et al. (2023). Bubuk kulit buah kakao ditimbang 10 gram dan dilarutkan dengan 200 ml pelarut etanol 96% (1:20 g/ml). Dilanjutkan, proses ekstraksi menggunakan *microwave* dengan lama ekstraksi sesuai perlakuan (2, 4, 6, 8 dan 10 menit) dan menggunakan daya 450 watt. Hasil ekstraksi disaring menggunakan kertas saring Whattman No. 1 dan menghasilkan filtrat. Filtrat dipekatkan menggunakan *rotary vacuum evaporator* dengan tekanan 100 mBar, suhu 40°C dan putaran 60 rpm untuk menghasilkan ekstrak pekat.

Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati pada penelitian ini terdiri dari rendemen ekstrak (Sudarmadji et al., 1989), total flavonoid (Chang et al., 2002), intensitas warna L*, a*, b* (Weaver, 1996), dan uji sensoris (Setyaningsih et al., 2010).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi menggunakan metode MAE serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ($p \leq 0,01$) terhadap rendemen ekstrak kulit buah kakao. Nilai rata-rata rendemen (%) ekstrak kulit buah kakao dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rata-rata rendemen (%) ekstrak kulit buah kakao pada perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi.

Lama Ekstraksi (Menit)	Ukuran Partikel (<i>Mesh</i>)		
	40	60	80
2	2,80 ± 0,09 ^k	3,16 ± 0,08 ^{jk}	4,53 ± 0,23 ^f
4	3,10 ± 0,02 ^{jk}	3,62 ± 0,03 ^{hi}	5,52 ± 0,04 ^d
6	3,46 ± 0,08 ^{ij}	4,00 ± 0,03 ^{gh}	6,20 ± 0,12 ^c
8	3,95 ± 0,06 ^h	4,40 ± 0,14 ^{fg}	6,72 ± 0,08 ^b
10	4,03 ± 0,02 ^{gh}	4,98 ± 0,02 ^e	7,34 ± 0,17 ^a

Keterangan: Huruf berbeda di belakang nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada Uji BNJ dengan taraf kesalahan 5% ($p \leq 0,05$)

Tabel 1 menunjukkan hasil rata-rata rendemen ekstrak kulit buah kakao tertinggi diperoleh dari perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 10 menit yaitu 7,34 ± 0,17%. Sedangkan, hasil rata-rata terendah dari perlakuan ukuran partikel 40 *mesh* dan lama ekstraksi 2 menit yaitu 2,80 ± 0,09%, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan ukuran partikel 40 *mesh* dan lama ekstraksi 4 menit yaitu 3,10 ± 0,02% dan perlakuan ukuran partikel 60 *mesh* serta lama ekstraksi 2 menit yaitu 3,16 ± 0,08%. Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel yang digunakan serta ekstraksi yang semakin lama akan menyebabkan peningkatan pada rendemen ekstrak yang dihasilkan.

Semakin kecil ukuran bahan yang digunakan akan menyebabkan terpecahnya membran sel sehingga senyawa dalam sel akan larut ke dalam pelarut sehingga rendemen yang dihasilkan menjadi meningkat. Selain ukuran partikel, lama ekstraksi menggunakan metode MAE juga berpengaruh dalam menghasilkan rendemen ekstrak yang optimal. Pada Tabel 1. menunjukkan bahwa semakin lama ekstraksi yang digunakan pada proses ekstraksi maka semakin lama juga kontak antara bahan dengan pelarut, hal ini mengakibatkan senyawa yang berhasil terekstrak semakin banyak sehingga jumlah rendemen menjadi meningkat.

Hal ini didukung oleh Sumantining et al. (2022) yang menggunakan variasi ukuran partikel 40, 60 dan 80 *mesh* menggunakan metode MAE menghasilkan rendemen tertinggi pada perlakuan ukuran partikel 80 *mesh*. Serta penelitian Hidayat et al. (2022) pada variasi lama ekstraksi 5, 9 dan 13 menit menggunakan metode MAE menghasilkan nilai rendemen tertinggi pada perlakuan ekstraksi selama 13 menit

Total Flavonoid

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi menggunakan metode MAE serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ($p \leq 0,01$) terhadap total flavonoid dari ekstrak kulit buah kakao. Nilai rata-rata total flavonoid (mg QE/g) ekstrak kulit buah kakao dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata total flavonoid (mg QE/g) ekstrak kulit buah kakao pada perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi

Lama Ekstraksi (Menit)	Ukuran Partikel (<i>Mesh</i>)		
	40	60	80
2	17,53 ± 0,01 ^g	18,36 ± 0,20 ^f	20,10 ± 0,03 ^{de}
4	17,58 ± 0,01 ^g	19,54 ± 0,06 ^e	21,33 ± 0,30 ^c
6	18,72 ± 0,11 ^f	20,12 ± 0,17 ^{de}	21,83 ± 0,15 ^c
8	19,73 ± 0,17 ^e	21,32 ± 0,05 ^c	22,46 ± 0,39 ^b
10	20,65 ± 0,06 ^d	22,55 ± 0,02 ^b	23,41 ± 0,05 ^a

Keterangan: Huruf berbeda di belakang nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada Uji BNT dengan taraf kesalahan 5% ($p \leq 0,05$)

Tabel 2 menunjukkan hasil rata-rata total flavonoid ekstrak kulit buah kakao tertinggi diperoleh dari perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 10 menit yaitu sebesar 23,41 ± 0,05 mg QE/g. Sedangkan hasil rata-rata terendah diperoleh dari perlakuan ukuran partikel 40 *mesh* dan lama ekstraksi 2 menit yaitu 17,53 ± 0,01 mg QE/g, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan ukuran partikel 40 *mesh* dan lama ekstraksi 4 menit yaitu 17,58 ± 0,01 mg QE/g. Hasil analisis menunjukkan bahwa ukuran partikel yang semakin kecil dan ekstraksi yang semakin lama akan menyebabkan total flavonoid yang dihasilkan menjadi semakin meningkat.

Semakin kecil perlakuan ukuran partikel maka semakin tinggi nilai total flavonoid yang terekstrak. Semakin kecil partikel bahan yang digunakan maka semakin mudah pelarut untuk menyebar ke dalam jaringan bahan dan proses penarikan senyawa aktif dalam bahan menjadi efektif. Peningkatan lama ekstraksi meningkatkan nilai total flavonoid yang diekstraksi, hal ini karena proses ekstraksi yang tersedia sudah cukup untuk membuat pelarut menarik senyawa flavonoid dari dalam sel sampai batas optimumnya. Waktu ekstraksi yang terlalu singkat dan cepat akan menyebabkan senyawa aktif tidak akan terekstrak dengan maksimal (Ibrahim dan El-Maksoud, 2015)

Hal ini didukung oleh Ardyanti et al. (2020) pada karakteristik ekstrak *virgin coconut oil* wortel menghasilkan total flavonoid tertinggi pada perlakuan ukuran partikel 80 *mesh*. Penelitian lain pada ekstrak daun buangit menggunakan metode MAE pada variasi waktu ekstraksi 3, 5 dan 7 menit menunjukkan bahwa nilai total flavonoid tertinggi dihasilkan pada lama ekstraksi 7 menit (Krisanta et al., 2021).

Intensitas Warna

Tingkat Kecerahan (L*)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi menggunakan metode MAE serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ($p \leq 0,01$) terhadap tingkat kecerahan ekstrak kulit buah kakao. Nilai rata-rata tingkat kecerahan (L*) ekstrak kulit buah kakao dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan hasil rata-rata tingkat kecerahan (L*) ekstrak kulit buah kakao tertinggi diperoleh dari perlakuan ukuran partikel 40 *mesh* dan lama ekstraksi 2 menit yaitu 25,51 ± 0,68 yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Sedangkan hasil rata-rata terendah diperoleh dari perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 10 menit yaitu 10,76 ± 0,31 yang berbeda nyata dengan

perlakuan lainnya. Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat kecerahan akan berbanding terbalik dengan rendemen ekstrak, dan seiring dengan peningkatan rendemen menyebabkan tingkat kecerahan yang dihasilkan menurun.

Tabel 3. Nilai rata-rata tingkat kecerahan ekstrak kulit buah kakao pada perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi

Lama Ekstraksi (Menit)	Ukuran Partikel (<i>Mesh</i>)		
	40	60	80
2	25,51 ± 0,68 ^a	20,32 ± 0,16 ^b	17,52 ± 0,06 ^d
4	21,03 ± 0,06 ^b	19,33 ± 0,13 ^c	16,58 ± 0,14 ^{ef}
6	17,78 ± 0,05 ^d	17,28 ± 0,07 ^{de}	14,18 ± 0,07 ^h
8	16,25 ± 0,33 ^{fg}	16,01 ± 0,06 ^{fg}	12,02 ± 0,10 ^j
10	15,65 ± 0,06 ^g	13,03 ± 0,07 ⁱ	10,76 ± 0,31 ^k

Keterangan: Huruf berbeda di belakang nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada Uji BNJ dengan taraf kesalahan 5% ($p \leq 0,05$)

Tingkat kecerahan (L^*) ekstrak kulit buah kakao bergantung pada jumlah total flavonoid yang dihasilkan. Ketika jumlah total flavonoid yang dihasilkan meningkat, maka tingkat kecerahan ekstrak akan menurun. Hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran partikel dan semakin lama waktu ekstraksi, maka semakin banyak senyawa yang terekstraksi selama proses ekstraksi dan tingkat kecerahan semakin menurun.

Hal ini didukung oleh Ginting et al. (2020) pada karakteristik ekstrak bunga kenop menghasilkan tingkat kecerahan terendah pada perlakuan ukuran partikel 80 *mesh*. Hasil penelitian Farida dan Nisa, (2015) menunjukkan bahwa ekstraksi selama 10 menit menurunkan tingkat kecerahan dari ekstrak kulit manggis. Penelitian Syafutri et al. (2019) menyatakan bahwa tingkat kecerahan semakin menurun seiring bertambahnya waktu ekstraksi bunga eceng gondok yang ditandai dengan semakin gelapnya warna yang dihasilkan.

Tingkat Kemerahan (a^*)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi menggunakan metode MAE serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ($p \leq 0,01$) terhadap tingkat kemerahan ekstrak kulit buah kakao. Nilai rata-rata tingkat kemerahan (a^*) ekstrak kulit buah kakao dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai rata-rata tingkat kemerahan ekstrak kulit buah kakao pada perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi

Lama Ekstraksi (Menit)	Ukuran Partikel (<i>Mesh</i>)		
	40	60	80
2	13,08 ± 0,06 ^j	13,49 ± 0,01 ⁱ	14,26 ± 0,10 ^h
4	14,61 ± 0,06 ^{gh}	14,93 ± 0,07 ^{fg}	15,20 ± 0,08 ^f
6	15,25 ± 0,16 ^f	15,77 ± 0,01 ^e	16,36 ± 0,03 ^d
8	15,02 ± 0,05 ^{de}	16,39 ± 0,05 ^d	17,73 ± 0,23 ^b
10	17,22 ± 0,08 ^c	17,69 ± 0,10 ^b	18,20 ± 0,06 ^a

Keterangan: Huruf berbeda di belakang nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada Uji BNJ dengan taraf kesalahan 5% ($p \leq 0,05$)

Tabel 4 menunjukkan hasil rata-rata tingkat kemerahan (a^*) ekstrak kulit buah kakao tertinggi diperoleh dari perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi selama 10 menit yaitu $18,20 \pm 0,06$ yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Sedangkan nilai rata-rata tingkat kemerahan terendah sebesar $13,08 \pm 0,06$ para perlakuan dengan ukuran partikel 40 *mesh* dan lama ekstraksi 2

menit yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kemerahan dari ekstrak cenderung meningkat seiring dengan semakin kecil ukuran partikel dan semakin lama waktu ekstraksi.

Tingkat kemerahan (a^*) ekstrak kulit buah kakao berhubungan dengan tingkat kecerahan yang dihasilkan. Semakin tinggi tingkat kecerahan pada ekstrak menunjukkan adanya kandungan senyawa tanin yang menghasilkan warna kecoklatan pada kulit buah kakao. Tingkat kecerahan ekstrak menurun seiring dengan semakin kecil ukuran partikel dan semakin lama ekstraksi. Semakin terang warna ekstrak yang dihasilkan, maka semakin tinggi kandungan senyawa tanin, hal ini mengakibatkan warna ekstrak kulit buah kakao menjadi kemerahan. Kasmudjiastuti (2014) menyatakan bahwa tanin flavonoid merupakan kelompok flavonol yang memberikan warna kuning kecoklatan dan merah kekuningan.

Hal ini di dukung oleh Utomo et al. (2024) pada ekstrak kulit biji kakao menghasilkan tingkat kemerahan tertinggi pada perlakuan ukuran partikel 80 mesh dan ekstraksi selama 48 jam. Penelitian lain oleh Purnami et al. (2022) menggunakan metode MAE menghasilkan tingkat kemerahan tertinggi pada perlakuan ekstraksi selama 10 menit.

Tingkat Kekuningan (b^*)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi menggunakan metode MAE serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ($p \leq 0,01$) terhadap tingkat kekuningan dari ekstrak kulit buah kakao. Nilai rata-rata tingkat kekuningan (b^*) ekstrak kulit buah kakao dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai rata-rata tingkat kekuningan ekstrak kulit buah kakao pada perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi

Lama Ekstraksi (Menit)	Ukuran Partikel (<i>Mesh</i>)		
	40	60	80
2	9,48 ± 0,06 ⁱ	11,47 ± 0,27 ^h	12,72 ± 0,45 ^g
4	10,69 ± 0,21 ^h	12,99 ± 0,03 ^g	14,88 ± 0,14 ^{ef}
6	11,17 ± 0,16 ^h	14,74 ± 0,08 ^f	17,66 ± 0,64 ^c
8	13,01 ± 0,04 ^g	15,72 ± 0,07 ^{de}	18,75 ± 0,30 ^b
10	14,78 ± 0,13 ^{ef}	16,65 ± 0,31 ^d	19,83 ± 0,16 ^a

Keterangan: Huruf berbeda di belakang nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada Uji BNJ dengan taraf kesalahan 5% ($p \leq 0,05$)

Tabel 5 menunjukkan hasil rata-rata tingkat kekuningan (b^*) ekstrak kulit buah kakao tertinggi diperoleh dari perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi selama 10 menit yaitu 19,83 ± 0,16 yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Sedangkan nilai rata-rata terendah diperoleh dari perlakuan ukuran partikel 40 *mesh* dan lama ekstraksi 2 menit yaitu 9,48 ± 0,06.

Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel dan semakin lama waktu ekstraksi akan menyebabkan peningkatan warna kekuningan pada ekstrak. Warna kekuningan disebabkan oleh kandungan karatenoid yang terdapat pada kulit buah kakao yang bertugas dalam memberikan pigmen warna kuning. Warna kuning kecoklatan yang dihasilkan pada ekstrak kulit buah kakao merupakan gabungan dari tiga warna primer yaitu merah, kuning dan biru sehingga ekstrak yang dihasilkan berwarna kemerahan atau kekuningan.

Hal ini didukung oleh Utomo et al. (2024) pada ekstrak kulit biji kakao menunjukkan tingkat kekuningan tertinggi pada perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* dan waktu ekstraksi 48 jam. Sedangkan, penelitian Sekali et al. (2020) menunjukkan bahwa ekstrak daun singkong yang menggunakan pelarut aseton 85% menunjukkan tingkat kekuningan tertinggi diperoleh dari perlakuan ukuran partikel 80

mesh dan waktu ekstraksi 36 jam.

Uji Sensoris Skoring Warna

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan ukuran partikel berpengaruh nyata ($p \leq 0,05$) dan lama ekstraksi menggunakan metode MAE berpengaruh sangat nyata ($p \leq 0,01$), sedangkan interaksi antar perlakuan berpengaruh tidak nyata ($p \geq 0,05$) terhadap warna ekstrak kulit buah kakao. Nilai rata-rata skoring warna dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai rata-rata skoring warna ekstrak kulit buah kakao pada perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi

Lama Ekstraksi (Menit)	Ukuran Partikel (<i>Mesh</i>)			Rata-rata
	40	60	80	
2	4,55	4,45	4,40	4,47 ± 0,08 ^a
4	4,55	4,35	4,25	4,38 ± 0,15 ^a
6	4,35	4,30	4,15	4,27 ± 0,10 ^{ab}
8	4,25	4,30	3,95	4,17 ± 0,19 ^{ab}
10	4,15	4,05	3,90	4,03 ± 0,13 ^b
Rata-rata	4,37 ± 0,18 ^a	4,29 ± 0,15 ^{ab}	4,13 ± 0,21 ^b	

Keterangan: Huruf berbeda di belakang nilai rata-rata pada baris dan kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada Uji BNJ dengan taraf kesalahan 5% ($p \leq 0,05$)

Tabel 6 menunjukkan hasil nilai rata-rata pada perlakuan ukuran partikel tertinggi skoring warna diperoleh dari perlakuan ukuran partikel 40 *mesh* yaitu 4,37 ± 0,18 (coklat cukup cerah–coklat cerah), namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan 60 *mesh* yaitu 4,29 ± 0,15. Sedangkan, nilai rata-rata terendah diperoleh dari perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* yaitu 4,13 ± 0,21 (coklat cukup cerah–coklat cerah), namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan 60 *mesh* yaitu 4,29 ± 0,15.

Pada perlakuan lama ekstraksi, nilai rata-rata tertinggi diperoleh dari perlakuan selama 2 menit yaitu 4,47 ± 0,08 (coklat cukup cerah–coklat cerah), namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan 4, 6 dan 8 menit yaitu sebesar 4,38 ± 0,15; 4,27 ± 0,10 dan 4,17 ± 0,19. Sedangkan nilai rata-rata terendah dihasilkan oleh perlakuan 10 menit yaitu sebesar 4,03 ± 0,13 (coklat cukup cerah–coklat cerah), namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan 6 dan 8 menit yaitu 4,27 ± 0,10 dan 4,17 ± 0,19.

Semakin kecil ukuran partikel akan menyebabkan semakin gelap warna yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran partikel menyebabkan semakin mudah pelarut untuk menyebar ke dalam jaringan bahan, sehingga proses penarikan senyawa menjadi lebih efektif. Semakin banyak jumlah senyawa yang berhasil diekstraksi, menyebabkan semakin gelap warna ekstrak yang dihasilkan. Semakin lama waktu ekstraksi menyebabkan warna ekstrak menjadi semakin gelap. Hal ini berkaitan dengan pigmen antosianin dari senyawa flavonoid yang terdapat pada kulit buah kakao. Semakin banyak senyawa antosianin yang berhasil diekstrak akan mengakibatkan warna ekstrak kulit buah kakao cenderung lebih gelap.

Sejalan dengan Utomo et al. (2024) perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* menghasilkan warna ekstrak kulit biji kakao yang lebih gelap dibandingkan dengan 40 dan 60 *mesh*. Winata dan Yunianta, (2015) melaporkan bahwa semakin lama waktu ekstraksi dan semakin banyak antosianin yang berhasil terekstrak, akan menyebabkan warna ekstrak menjadi semakin gelap.

Penerimaan Keseluruhan

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan ukuran partikel berpengaruh sangat nyata ($p \leq 0,01$) dan lama ekstraksi menggunakan metode MAE berpengaruh nyata ($p \leq 0,05$), sedangkan

interaksi antar perlakuan berpengaruh tidak nyata ($p \geq 0,05$) terhadap penerimaan keseluruhan ekstrak kulit buah kakao. Nilai rata-rata penerimaan keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai rata-rata penerimaan keseluruhan ekstrak kulit buah kakao pada perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi

Lama Ekstraksi (Menit)	Ukuran Partikel (<i>Mesh</i>)			Rata-rata
	40	60	80	
2	3,70	4,05	4,35	$4,03 \pm 0,33^b$
4	4,00	4,25	4,45	$4,23 \pm 0,23^{ab}$
6	4,15	4,35	4,50	$4,33 \pm 0,18^{ab}$
8	4,20	4,40	4,55	$4,38 \pm 0,18^a$
10	4,25	4,45	4,70	$4,47 \pm 0,23^a$
Rata-rata	$4,06 \pm 0,22^b$	$4,30 \pm 0,16^a$	$4,51 \pm 0,13^a$	

Keterangan: Huruf berbeda di belakang nilai rata-rata pada baris dan kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada Uji BNT dengan taraf kesalahan 5% ($p \leq 0,05$)

Tabel 7 menunjukkan hasil nilai rata-rata pada perlakuan ukuran partikel tertinggi penerimaan keseluruhan diperoleh dari perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* yaitu sebesar $4,51 \pm 0,13$ (agak suka-suka), namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan ukuran partikel 60 *mesh* yaitu $4,30 \pm 0,16$ (agak suka-suka). Sedangkan, nilai rata-rata terendah dihasilkan oleh perlakuan 40 *mesh* sebesar $4,06 \pm 0,22$ (agak suka-suka). Perlakuan lama ekstraksi, nilai rata-rata tertinggi penerimaan keseluruhan dihasilkan pada ekstraksi 10 menit yaitu $4,47 \pm 0,23$ (agak suka-suka), namun tidak berbeda nyata dengan lama ekstraksi 8, 6 dan 4 menit yaitu $4,38 \pm 0,18$; $4,33 \pm 0,18$ dan $4,23 \pm 0,23$ (agak suka-suka). Sedangkan, nilai rata-rata terendah dihasilkan pada ekstraksi selama 2 menit yaitu $4,03 \pm 0,33$ (agak suka-suka), namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan lama ekstraksi 4 dan 6 yaitu $4,23 \pm 0,23$ dan $4,33 \pm 0,18$ (agak suka-suka).

Semakin kecil ukuran partikel yang digunakan akan menghasilkan warna coklat yang lebih disukai oleh panelis. Warna coklat yang dihasilkan dari ekstrak kulit buah kakao lebih disukai karena merupakan warna yang netral. Semakin lama ekstraksi yang digunakan maka tingkat kesukaan panelis terhadap keseluruhan dari pewarna ekstrak kulit buah kakao semakin meningkat, sehingga tingkat dari kesukaan responden semakin tinggi. Warna coklat yang dihasilkan dari ekstrak kulit buah kakao dapat dimanfaatkan sebagai pewarna alami.

Hal ini didukung oleh (Meilani, 2013) yang menyatakan warna coklat merupakan warna netral yang berdiri sendiri dengan menerapkan tema warna monokrom. Ayuningtyas et al. (2015) menyatakan bahwa kulit buah kakao dapat digunakan sebagai salah satu pewarna alami dalam menghasilkan batik ramah lingkungan. Warna yang timbul dari pencelupan kulit buah kakao adalah warna coklat.

Uji Indeks Efektivitas

Uji indeks efektivitas dilakukan untuk menentukan perlakuan terbaik dalam mengekstrak kulit buah kakao. Variabel yang diamati dalam pengujian ini adalah rendemen, total flavonoid, intensitas warna (L^* , a^* , b^*), skoring warna, dan penerimaan keseluruhan. Hasil perhitungan dari uji indeks efektivitas disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8 menunjukkan bahwa perlakuan terbaik dihasilkan pada ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 10 menit dengan nilai sebesar 1,00 sehingga merupakan perlakuan terbaik dalam ekstraksi menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* untuk menghasilkan ekstrak kulit buah kakao sebagai pewarna alami.

Tabel 8. Hasil uji indeks efektivitas untuk menentukan perlakuan terbaik pada perlakuan ukuran partikel dan waktu ekstraksi dari ekstrak kulit buah kakao

Perlakuan	Variabel							Σ	
	Rendemen	Total Flavonoid	(L*)	(a*)	(b*)	Skoring warna	Penerimaan keseluruhan		
	BV	0,69	1,00	0,84	0,81	0,78	0,94	0,75	
	BN	0,12	0,17	0,15	0,14	0,13	0,16	0,13	
U1W1	Ne	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Nh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
U1W2	Ne	0,07	0,01	0,30	0,30	0,12	0,71	0,30	0,26
	Nh	0,01	0,00	0,04	0,04	0,02	0,11	0,04	
U1W3	Ne	0,14	0,20	0,52	0,42	0,16	0,06	0,50	0,28
	Nh	0,02	0,03	0,08	0,06	0,02	0,01	0,06	
U1W4	Ne	0,25	0,37	0,63	0,57	0,34	0,47	0,45	0,45
	Nh	0,03	0,06	0,09	0,08	0,05	0,08	0,06	
U1W5	Ne	0,27	0,53	0,67	0,81	0,51	0,59	0,50	0,56
	Nh	0,03	0,09	0,10	0,11	0,07	0,09	0,06	
U2W1	Ne	0,08	0,14	0,35	0,08	0,19	0,18	0,55	0,22
	Nh	0,01	0,02	0,05	0,01	0,03	0,03	0,07	
U2W2	Ne	0,18	0,34	0,42	0,36	0,34	0,24	0,35	0,32
	Nh	0,02	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05	
U2W3	Ne	0,26	0,44	0,56	0,53	0,51	0,71	0,70	0,53
	Nh	0,03	0,08	0,08	0,07	0,07	0,11	0,09	
U2W4	Ne	0,35	0,65	0,64	0,65	0,60	0,59	0,70	0,60
	Nh	0,04	0,11	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	
U2W5	Ne	0,48	0,85	0,85	0,90	0,69	0,59	0,70	0,73
	Nh	0,06	0,15	0,12	0,13	0,09	0,09	0,09	
U3W1	Ne	0,38	0,44	0,54	0,23	0,31	0,53	0,65	0,44
	Nh	0,05	0,08	0,08	0,03	0,04	0,09	0,08	
U3W2	Ne	0,60	0,65	0,61	0,41	0,52	0,41	0,80	0,57
	Nh	0,07	0,11	0,09	0,06	0,07	0,07	0,10	
U3W3	Ne	0,75	0,73	0,77	0,64	0,79	0,53	0,75	0,70
	Nh	0,09	0,13	0,11	0,09	0,11	0,09	0,10	
U3W4	Ne	0,86	0,84	0,91	0,91	0,90	0,76	0,85	0,86
	Nh	0,10	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	
U3W5	Ne	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Nh	0,12	0,17	0,15	0,14	0,13	0,16	0,13	

Keterangan: BV = Bobot Variabel; BN = Bobot Normal; Ne = Nilai efektivitas; Nh = Nilai hasil (Ne x BN)

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ukuran partikel dan lama ekstraksi menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* berpengaruh terhadap rendemen, total flavonoid, intensitas warna (L*, a*, b*), skoring warna dan penerimaan keseluruhan ekstrak

kulit buah kakao. Interaksi antar perlakuan berpengaruh nyata terhadap rendemen, total flavonoid dan intensitas warna (L^* , a^* , b^*), namun berpengaruh tidak nyata terhadap skoring warna dan penerimaan keseluruhan. Perlakuan terbaik untuk menghasilkan ekstrak kulit buah kakao sebagai pewarna alami adalah ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 10 menit, dengan karakteristik rendemen $7,34 \pm 0,17\%$, total flavonoid $23,41 \pm 0,05$ mg QE/g, tingkat kecerahan (L^*) $10,76 \pm 0,31$, tingkat kemerahan (a^*) $18,20 \pm 0,06$, tingkat kekuningan (b^*) $19,83 \pm 0,16$, skoring warna 4,55 (coklat cukup cerah – coklat cerah) serta penerimaan keseluruhan 4,70 (agak suka – suka).

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan bagi industri yang mengolah ekstrak kulit buah kakao menjadi produk, disarankan menggunakan ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 10 menit. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan ekstrak kulit buah kakao sebagai pewarna alami pada produk pakaian, kosmetik maupun obat-obatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardyanti, N. K. N. T., Suhendra, L., dan Putra, G. P. G. 2020. pengaruh ukuran partikel dan lama maserasi terhadap karakteristik ekstrak virgin coconut oil wortel (*Daucus carota* L.) sebagai pewarna alami. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 8(3), 423–434.
- Ayuningtyas, I. P., Affanti, T. B., dan Widhyastuti, T. 2015. Pemanfaatan kulit buah kakao sebagai pewarna alami pada proses batik. *Jurnal Ilmiah Tekstil*, 2(1), 49–60.
- Badan Pusat Statistik. 2023a. Statistik Kakao Indonesia 2022. Badan Pusat Statistik Indonesia, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2023b. Produksi Kakao Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Bali (Ton), 2021-2023. <https://bali.bps.go.id/indicator/54/352/1/produksi-kakao-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-bali.html>. Diakses pada 02 Juli 2024.
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., and Chern, J. C. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178–182.
- Cruz, G., Huuhtanen, M., Pirilä, M., and Alvarenga, E. 2012. Production of activated carbon from cocoa (*Theobroma cacao*) pod husk. *Journal of Civil & Environmental Engineering*, 02(02).
- De Garmo, E. P., Sullivan, W. G., and Canada, J. R. 1984. Engineering Economy. Macmillan Publishing Company, New York.
- Farida, N., dan Nisa, C. F. 2015. Ekstraksi antosianin limbah kulit manggis metode microwave assisted extraction (lama ekstraksi dan rasio bahan : pelarut). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri, FTP Universitas Brawijaya Malang, Malang*, 3(2), 362–373.
- Ginting, R. B., Wartini, N. M., dan Wrsiati, L. P. 2020. Karakteristik ekstrak pewarna alami bunga kenop (*Gomphrena globosa* L.) pada perlakuan ukuran partikel dan lama maserasi serta korelasi antar variabel. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 8(3), 448–459.
- Hidayat, P. A. N. P., Puspawati, G. A. K. D., dan Yusasrini, N. L. A. 2022. Pengaruh waktu dan daya microwave pada metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) terhadap aktivitas antioksidan dan pigmen ekstrak daun ubi kayu (*Manihot Utilissima* Pohl.). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 11(1), 134–146.
- Ibrahim, D. S., and El-Maksoud, M. A. E. A. 2015. Effect of strawberry (*Fragaria × ananassa*) leaf extract on diabetic nephropathy in rats. *International Journal of Experimental Pathology*, 96(2), 87–93.

- Kasmudjiastuti, E. 2014. Karakterisasi kulit kayu tinggi (*Ceriops tagal*) sebagai bahan penyamak nabati. *Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik*, 30(2), 71–78.
- Krisanta, C. S., Yusasrini, N. L. A., dan Kencana Putra, I. N. 2021. Pengaruh konsentrasi etanol dan waktu ekstraksi terhadap aktivitas antioksidan ekstrak daun buangit (*Cleome gynandra*) dengan metode microwave assisted extraction. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 10(4), 690. <https://doi.org/10.24843/itepa.2021.v10.i04.p14>
- Mandal, V., Mohan, Y., and Hemalatha, S. 2007. Microwave assisted extraction – an innovative and promising extraction tool for medicinal plant research. *Pharmacognosy Rev*, 1(1), 7–18.
- Meilani, M. 2013. Teori warna: Penerapan lingkaran warna dalam berbusana. *Humaniora*, 4(1), 326–338.
- Pappa, S., Jamaluddin, A. W., dan Ris, A. 2019. Kadar tanin pada kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) Kabupaten Poliwalimandar dan Toraja Utara. *Jurnal Cakra Kimia*, 7(2), 92–101.
- Pratiwi, L., Putra, G. P. G., dan Triani, I. G. A. L. 2023. Aktivitas antioksidan ekstrak kulit buah kakao hasil ekstraksi menggunakan metode microwave assisted extraction pada variasi waktu dan daya. *Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 11(4), 486–496.
- Pratyaksa, I. P. L., Putra, G. P. G., dan Suhendra, L. 2020. Karakteristik ekstrak kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) sebagai sumber antioksidan pada perlakuan suhu dan waktu maserasi. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 9(1), 139–149.
- Purnami, G. A. I., Puspawati, G. A. K. D., dan Pratiwi, I. D. P. K. 2022. Pengaruh jenis pelarut dan waktu ekstraksi pada metode microwave assisted extraction terhadap karakteristik pewarna ekstrak kulit buah naga kuning (*Selenicereus megalanthus*). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 11(2), 309–321.
- Sekali, E. E. K., Wartini, N. M., dan Suhendra, L. 2020. Karakteristik ekstrak aseton pewarna alami daun singkong (*Manihot Esculenta* C.) pada perlakuan ukuran partikel bahan dan lama maserasi. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno*, 5(2), 49–58.
- Setyaningsih, D., Apriyantono, A., dan Sari, M. P. 2010. Analisis Sensori untuk Industri Pangan dan Agro. IPB Press, Bandung.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi. 1989. Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian. Liberty, Yogyakarta.
- Sumantining, L. P. A., Putra, G. P. G., dan Suhendra, L. 2022. Pengaruh jenis pelarut dan ukuran partikel pada ekstraksi kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) menggunakan metode Microwave Assisted Extraction (MAE) terhadap Karakteristik Ekstrak. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 10(1), 124.
- Syafutri, M. I., Pratama, F., dan Yanda, G. P. 2019. Sifat fisikokimia zat pewarna dari bunga eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang diekstrak dengan metode Microwave Assisted Extraction (MAE). *Jurnal Lahan Suboptimal*, 8(1), 94–106.
- Utomo, F. S., Putra, G. P. G., dan Wrasati, L. P. 2024. Karakteristik ekstrak theobromin dari kulit biji kakao (*Theobroma cacao* L.) dengan variasi ukuran partikel dan waktu ekstraksi. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 12(1), 55–65.
- Weaver, C. 1996. The Food Chemistry Laboratory. CRC Press, New York.
- Winata, E. W., dan Yunianta. 2015. Ekstraksi antosianin buah murbei (*Morus alba* l.) metode ultrasonic bath (kajian waktu dan rasio bahan : pelarut). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(2), 773–783.