

CHARACTERISTICS OF COFFEE PARCHMENT EXTRACT AS AN ANTIOXIDANT WITH VARIATION OF PARTICLE SIZE AND TIME OF EXTRACTION BY MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION METHOD

KARAKTERISTIK EKSTRAK KULIT TANDUK KOPI SEBAGAI SUMBER ANTIOKSIDAN PADA VARIASI UKURAN PARTIKEL DAN LAMA EKSTRAKSI DENGAN METODE *MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION*

Gusti Ayu Sri Sudiantari, Gusti Putu Ganda Putra^{*}, A A Made Dewi Anggreni
Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Indonesia.

Diterima 30 Juni 2025 / Disetujui 30 Juli 2025

ABSTRACT

Coffee parchment is a by-product of the hulling process of coffee beans, containing bioactive compounds such as phenols and flavonoids that have potential as natural antioxidant. This study aimed to determine the effect of particle size and extraction time using the Microwave Assisted Extraction (MAE) method on the characteristics of coffee parchment extract and to identify the best combination of treatments to produce coffee parchment extract as an antioxidant source. The research was conducted using a factorial Randomized Block Design (RBD) with two factors: particle size (40, 60, 80 mesh) and extraction time (6, 8, 10, 12, 14 minutes). The data obtained were analyzed using analysis of variance (ANOVA), followed by the Honest Significant Difference (HSD) test. The variables observed included extract yield, total phenol, total flavonoid, and antioxidants capacity. The results showed that particle size and extraction time significantly affected the yield, total phenols, total flavonoids, and antioxidant capacity of coffee parchment extract. The interaction between treatment significantly affected the yield, total phenols, and antioxidant capacity, and significantly affected the total flavonoids. The best treatment was found with a particle size of 80 mesh and an extraction time of 14 minutes, resulting in an extract yield of $6.56 \pm 0.44\%$, total phenol content of 4.64 ± 0.00 mg GAE/g, total flavonoid content of 9.58 ± 0.11 mg QE/g, and antioxidant capacity of 0.96 ± 0.01 mg GAEAC/g.

Keyword: *Antioxidant, coffee parchment, extraction, particle size, time extraction*

ABSTRAK

Kulit tanduk kopi merupakan limbah hasil proses pengelupasan (*hulling*) dari biji kopi yang mengandung senyawa bioaktif seperti fenol dan flavonoid yang berpotensi sebagai antioksidan alami. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel dan lama ekstraksi menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) terhadap karakteristik ekstrak kulit tanduk kopi serta menentukan kombinasi perlakuan terbaik yang dapat menghasilkan ekstrak kulit tanduk kopi sebagai sumber antioksidan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor yaitu ukuran partikel (40, 60, dan 80 *mesh*) dan lama ekstraksi (6, 8, 10, 12, dan 14 menit). Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis varian dan dilanjutkan dengan uji beda nyata jujur (BNJ). Variabel yang diamati meliputi rendemen ekstrak, total fenol, total flavonoid, dan kapasitas antioksidan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran partikel dan lama ekstraksi berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen, total fenol, total flavonoid, dan kapasitas antioksidan ekstrak kulit tanduk kopi. Interaksi antar perlakuan berpengaruh nyata terhadap rendemen, total fenol, dan kapasitas antioksidan,

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

serta berpengaruh sangat nyata terhadap total flavonoid. Perlakuan terbaik diperoleh pada ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 14 menit, dengan karakteristik rendemen sebesar $6,56 \pm 0,44\%$, total fenol $4,64 \pm 0,00$ mg GAE/g, total flavonoid $9,58 \pm 0,11$ mg QE/g, serta kapasitas antioksidan $0,96 \pm 0,01$ mg GAEAC/g. $\pm 0,00$ mg GAE/g, total flavonoid $9,58 \pm 0,11$ mg QE/g, serta kapasitas antioksidan $0,96 \pm 0,01$ mg GAEAC/g.

Kata kunci : Antioksidan, ekstraksi, kulit tanduk kopi, ukuran partikel, waktu ekstraksi

PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas unggulan subsektor perkebunan yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan telah lama dibudidayakan di Indonesia (Rohaya et al., 2023). Indonesia menempati posisi keempat sebagai negara penghasil kopi terbesar di dunia setelah Brazil, Vietnam, dan Kolombia, dengan total produksi mencapai 736.380 ton menurut data dari Organizacion Internacional de Cafe (2021). Sementara itu, Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat bahwa pada tahun 2023 produksi kopi di Indonesia meningkat menjadi 760,20 ribu ton (BPS, 2024a). Produksi kopi arabika di Provinsi Bali pada tahun 2023 mencapai 3.644 ton, dengan Kabupaten Bangli sebagai penyumbang terbesar sebesar 1.960 ton (BPS, 2024b).

Kopi arabika (*Coffea arabica* L.) merupakan spesies genus *Coffea* yang pertama kali dibudidayakan dan didokumentasikan pada abad ke-12 di Yaman (Frederick, 1965). Kopi arabika memiliki mutu yang paling baik dibandingkan dengan jenis kopi yang lain, memiliki rasa sedikit asam dan aroma yang lebih baik (Abdulmajid, 2014). Kopi arabika memiliki warna abu-abu, tipis, dan ketika tua menjadi pecah-pecah dan kasar. Biji kopi arabika mengandung kafein sebanyak 0,4% - 2,4% dari total berat kering (Puspitasari, 2020).

Seiring meningkatnya produksi dan konsumsi kopi menyebabkan hasil samping dari proses pengolahan kopi, salah satunya adalah kulit tanduk kopi. Kulit tanduk kopi merupakan limbah dari proses pengelupasan (*hulling*) dari biji kopi. Proses produksi kopi menghasilkan hasil samping sebanyak 15% limbah kulit tanduk kopi dari seluruh buah kopi. Limbah kulit tanduk kopi ini belum dimanfaatkan secara optimal dan hanya digunakan pakan ternak oleh petani. Menurut Sholichah et al. (2017) kulit tanduk kopi memiliki kandungan polifenol sebanyak 2,381% yang berpotensi sebagai sumber antioksidan. Antioksidan merupakan senyawa penting yang berfungsi menetralkan radikal bebas serta melindungi jaringan, protein, dan sel tubuh dari kerusakan oksidatif (Nugroho et al., 2015). Salah satu cara untuk mendapatkan senyawa antioksidan adalah melalui proses ekstraksi. Ekstraksi merupakan metode pemisahan senyawa aktif dari suatu bahan padat atau cair menggunakan pelarut tertentu (Hidayat et al., 2022). Metode ekstraksi yang digunakan adalah *Microwave Assisted Extraction* (MAE).

Microwave Assisted Extraction (MAE) merupakan teknik ekstraksi yang memanfaatkan radikal gelombang mikro untuk memanaskan pelarut, sehingga mempercepat pelepasan senyawa aktif dari bahan (Rohmaha et al., 2022). Metode ini memiliki keunggulan yaitu waktu ekstraksi yang lebih singkat, efisiensi pelarut yang tinggi, serta hasil ekstrak yang lebih optimal (Syafutri et al., 2019). Beberapa faktor yang memengaruhi efisiensi ekstraksi MAE antara lain ukuran partikel, lama ekstraksi, jenis pelarut, volume pelarut, dan daya *microwave*. Di antara faktor-faktor tersebut, ukuran partikel memiliki pengaruh signifikan karena semakin kecil ukuran partikel, maka semakin besar luas permukaan yang memungkinkan senyawa aktif lebih mudah terekstraksi (Pratyaksa et al., 2020). Faktor lain yang mempengaruhi ekstraksi adalah lama ekstraksi. Proses ekstraksi yang berlangsung terlalu lama dapat menyebabkan terjadinya hidrolisis pada ekstrak yang akan menurunkan konsentrasi senyawa dalam bahan yang diekstrak. Sedangkan jika ekstraksi terlalu singkat akan

menyebabkan semua senyawa yang terlarut dalam pelarut tidak dapat diekstraksi secara optimal (Maharani et al., 2024).

Penelitian yang dilakukan oleh (De Garmo et al., 1984) pada ekstraksi kulit buah kakao sebagai pewarna alami menggunakan metode MAE pada variasi ukuran partikel 40, 60, 80 *mesh*, menghasilkan perlakuan terbaik pada ukuran partikel 80 *mesh*. Hasil penelitian Sukma et al. (2022) menggunakan metode MAE dengan variasi waktu ekstraksi 5, 10, dan 15 menit, menghasilkan perlakuan terbaik pada perlakuan waktu ekstraksi 10 menit.

Penelitian mengenai pengaruh ukuran partikel dan lama ekstraksi menggunakan metode MAE terhadap ekstrak kulit tanduk kopi sebagai sumber antioksidan belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian dengan tujuan mengetahui pengaruh ukuran partikel dan lama ekstraksi menggunakan metode MAE terhadap karakteristik ekstrak kulit tanduk kopi sebagai sumber antioksidan serta menentukan kombinasi perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi menggunakan metode MAE terbaik untuk menghasilkan ekstrak kulit tanduk kopi sebagai sumber antioksidan.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam melaksanakan penelitian ini kulit tanduk kopi arabika yang telah diproses secara basah (*full wash*) dan telah melalui proses *pulping*. Kulit tanduk kopi di peroleh dari Desa Belantih, Kecamatan Kintamani, Kabupaten Bangli. Bahan kimia yang digunakan antara lain pelarut etanol teknis 96% (Saba Kimia), NaOH 1% (Merck), NaNO₂ 5% (Merck), AlCl₃ 10% (Merck), metanol PA (Merck), kuersetin (Sigma Aldrich), akuades, kristal DPPH (Sigma Aldrich), folin-ciocalteu (Merck), Na₂CO₃ 5% (Merck), dan asam galat (Sigma Aldrich).

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain microwave (Samsung), oven dryer (ESCO Isotherm OFA-110-8), *rotary vacuum evaporator* (IKA RV 10 basic), Spektrofotometer UV-Vis (Geneves 10S UV-Vis), ayakan 40 *mesh*, 60 *mesh*, 80 *mesh* (Retsh), timbangan analitik (Ohaus), kertas saring whattman No.1, kertas saring biasa, vortex, tabung reaksi (Iwaki), rak tabung reaksi, erlenmeyer (Iwaki), pipet volume, pipet mikro (Socorex), gelas ukur (Iwaki), gelas beker (Iwaki), labu ukur (Iwaki), labu didih (Durhan), botol berwarna gelap, corong kaca, blender (Miyako).

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dua faktor. Faktor pertama yaitu ukuran partikel yang terdiri dari (40, 60, dan 80 *mesh*). Faktor kedua yaitu lama ekstraksi yang terdiri dari (6, 8, 10, 12, dan 14 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 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 tanduk kopi

Pelaksanaan penelitian meliputi persiapan bahan mulai dari pembuatan bubuk kulit tanduk kopi mengikuti prosedur yang dilakukan oleh Barus et al. (2023) dengan modifikasi. Proses pembuatan bubuk kulit tanduk kopi dimulai dengan membersihkan kulit tanduk kopi. Selanjutnya dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 50°C selama 24 jam sehingga kadar air dari kulit tanduk menjadi 7% yang ditandai dengan kulit tanduk kopi mudah dihancurkan. Kulit tanduk kopi kering digiling

menggunakan blender dan diayak sesuai dengan perlakuan ukuran yaitu 40 *mesh* 60 *mesh* 80 *mesh*. sehingga diperoleh bubuk kulit tanduk kopi dengan ukuran partikel yang sesuai dengan perlakuan.

Ekstraksi bubuk kulit tanduk kopi

Proses ekstraksi bubuk kulit tanduk kopi dalam penelitian ini mengikuti prosedur yang dilakukan oleh (Husna, 2020) dengan dimodifikasi. Bubuk kulit tanduk kopi dengan ukuran partikel sesuai perlakuan (40, 60, dan 80 *mesh*) ditimbang sebanyak 25 gram dan dilarutkan dengan pelarut etanol teknis 96% sebanyak 250 ml (1:10 g/ml) (Agustina et al., 2024). Kemudian dilanjutkan dengan proses ekstraksi menggunakan *microwave* dengan lama ekstraksi sesuai perlakuan (6, 8, 10, 12, dan 14 menit) pada daya 450 watt (Sukma et al., 2022). Hasil ekstraksi disaring dengan menggunakan kertas Whatman No.1 dan menghasilkan filtrat. Filtrat dipekatkan dengan menggunakan *rotary vacuum evaporator* dengan kecepatan 60 rpm, suhu 40°C, dan tekanan 100 mBar untuk menghasilkan ekstrak kental. Ekstrak kental yang dihasilkan kemudian ditimbang untuk mengetahui rendemen ekstra dan dilakukan analisis.

Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati pada penelitian ini terdiri dari rendemen ekstrak (Sudarmadji et al., 1989), total fenol (Sakanaka et al., 2005), total flavonoid (Chang et al., 2002), dan kapasitas antioksidan (Blois, 1958).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi menggunakan metode MAE berpengaruh sangat nyata ($p \leq 0,01$) sedangkan interaksinya berpengaruh nyata ($p \leq 0,05$) terhadap rendemen dari ekstrak kulit tanduk kopi. Nilai rata-rata rendemen (%) ekstrak kulit tanduk kopi dapat dilihat pada Tabel 1.

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

| Lama Ekstraksi (Menit) | Ukuran Partikel (<i>Mesh</i>) | | |
|------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | U1 (40) | U2 (60) | U3 (80) |
| W1 (6) | 3,06 ± 0,03 ^d | 3,33 ± 0,10 ^d | 4,56 ± 0,02 ^c |
| W2 (8) | 3,10 ± 0,07 ^d | 3,46 ± 0,05 ^d | 4,81 ± 0,11 ^{bc} |
| W3 (10) | 3,36 ± 0,03 ^d | 3,64 ± 0,05 ^d | 4,86 ± 0,12 ^{bc} |
| W4 (12) | 3,71 ± 0,07 ^d | 4,76 ± 0,10 ^{bc} | 5,29 ± 0,35 ^b |
| W5 (14) | 4,68 ± 0,24 ^{bc} | 4,87 ± 0,12 ^{bc} | 6,56 ± 0,44 ^a |

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

Tabel 1 menunjukkan hasil rata-rata rendemen ekstrak kulit tanduk kopi tertinggi diperoleh dari perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi selama 14 menit yaitu 6,56 ± 0,44%. Sedangkan, hasil rata-rata rendemen ekstrak kulit tanduk kopi terendah dari perlakuan ukuran partikel 40 *mesh* dan lama ekstraksi 6 menit yaitu 3,06 ± 0,03%, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan ukuran partikel 40 *mesh* dan lama ekstraksi 8, 10, dan 12 menit yaitu 3,10 ± 0,07%, 3,36 ± 0,03%, dan 3,71 ± 0,07%, perlakuan ukuran partikel 60 *mesh* dan lama ekstraksi 6, 8, dan 10 menit yaitu 3,33 ± 0,10%, 3,46 ± 0,05%, dan 3,64 ± 0,05%. Hasil analisis rendemen ekstrak kulit tanduk kopi

menunjukkan bahwa ukuran partikel yang semakin kecil dan ekstraksi yang semakin lama akan menghasilkan peningkatan nilai rendemen ekstrak.

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 (Maharani et al., 2024). Selain ukuran partikel, lama proses ekstraksi menggunakan metode MAE juga berpengaruh dalam menghasilkan rendemen ekstrak yang optimal. Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin lama ekstraksi yang digunakan pada proses ekstraksi maka semakin lama juga kontak antara bahan dengan pelarut, hal ini mengakibatkan senyawa yang terekstrak semakin banyak sehingga rendemen menjadi meningkat (Pratiwi et al., 2023).

Hal ini didukung oleh penelitian Maharani et al. (2024) mengenai karakteristik ekstrak kulit buah kakao pada perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi menghasilkan nilai rendemen tertinggi pada ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 10 menit. Penelitian yang dilakukan oleh Sumantining et al. (2022) pada variasi ukuran partikel menggunakan metode MAE pada karakteristik ekstrak kulit buah kakao menghasilkan rendemen tertinggi pada perlakuan ukuran partikel 80 *mesh*. Selanjutnya berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Pratiwi et al. (2023) pada variasi waktu ekstraksi menggunakan metode MAE pada aktivitas antioksidan ekstrak kulit buah kakao menghasilkan rendemen tertinggi pada perlakuan waktu ekstraksi selama 6 menit.

Total Fenol

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi menggunakan metode MAE berpengaruh sangat nyata ($p \leq 0,01$), sedangkan interaksinya berpengaruh nyata ($p \leq 0,05$) terhadap total fenol ekstrak kulit tanduk kopi. Nilai rata-rata total fenol (mg GAE/g) ekstrak kulit tanduk kopi yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata total fenol (mg GAE/g) ekstrak kulit tanduk kopi pada perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi

| Lama Ekstraksi (Menit) | Ukuran Partikel (<i>Mesh</i>) | | |
|------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | U1 (40) | U2 (60) | U3 (80) |
| W1 (6) | 1,81 ± 0,18 ^d | 2,16 ± 0,01 ^{cd} | 2,21 ± 0,10 ^{cd} |
| W2 (8) | 1,88 ± 0,19 ^d | 2,30 ± 0,03 ^{cd} | 3,36 ± 0,39 ^{abc} |
| W3 (10) | 2,33 ± 0,16 ^{cd} | 2,48 ± 0,26 ^{cd} | 3,98 ± 0,89 ^{ab} |
| W4 (12) | 2,47 ± 0,28 ^{cd} | 2,84 ± 0,12 ^{bcd} | 4,13 ± 0,56 ^{ab} |
| W4 (14) | 2,48 ± 0,05 ^{cd} | 2,91 ± 0,12 ^{bcd} | 4,64 ± 0,00 ^a |

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

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil rata-rata total fenol ekstrak kulit tanduk kopi tertinggi diperoleh dari perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 14 menit yaitu sebesar 4,64 ± 0,00 mg GAE/g tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 8, 10, dan 12 menit yaitu 3,36 ± 0,39 mg GAE/g, 3,98 ± 0,89 mg GAE/g, dan 4,13 ± 0,56 mg GAE/g. Rata-rata total terendah diperoleh dari perlakuan ukuran partikel 40 *mesh* dan lama ekstraksi 6 menit yaitu sebesar 1,81 ± 0,18 mg GAE/g, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan ukuran partikel 40 *mesh* dan lama ekstraksi 8, 10, 12, dan 14 menit yaitu 1,88 ± 0,19 mg GAE/g, 2,33 ± 0,16 mg GAE/g, 2,47 ± 0,28 mg GAE/g, dan 2,48 ± 0,05 mg GAE/g, perlakuan ukuran partikel 60 *mesh* dan lama ekstraksi 6, 8, 10, 12, dan 14 menit yaitu 2,16 ± 0,01 mg GAE/g, 2,30 ± 0,03 mg GAE/g, 2,48 ± 0,26 mg GAE/g, 2,84 ± 0,12 mg GAE/g, dan 2,91 ± 0,12 mg GAE/g, serta perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 6 menit yaitu 2,21 ± 0,10 mg GAE/g.

Perlakuan ukuran partikel menunjukkan bahwa ukuran partikel 80 *mesh* menghasilkan nilai total fenol tertinggi dibandingkan dengan ukuran partikel 40 dan 60 *mesh*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel yang digunakan, maka semakin banyak fenol yang terekstrak karena lebih banyak membran sel yang pecah, sehingga pelarut lebih mudah menarik dan mendifusikan senyawa fenolik. Waktu ekstraksi juga berpengaruh terhadap total fenol, karena semakin lama waktu ekstraksi maka akan semakin lama bahan kontak dengan pelarut. Hal ini akan menyebabkan senyawa yang terekstrak akan semakin meningkat karena kesempatan untuk bersentuhan dengan pelarut semakin besar, sehingga total fenol akan terus bertambah sampai titik optimum (Winata, 2015). Total fenol tertinggi pada penelitian ini membutuhkan waktu ekstraksi lebih cepat daripada penelitian yang dilakukan oleh Kristanti et al. (2019) membutuhkan waktu selama 18 menit untuk ekstraksi menggunakan metode MAE pada ekstrak rambut jagung.

Hal ini didukung oleh penelitian Pratyaksa et al. (2020) hasil terbaik total fenol didapatkan pada perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* dibandingkan ukuran partikel 40 dan 60 *mesh*. Serta didukung oleh penelitian Sumantining et al. (2022) pada ekstraksi ekstrak kulit buah kakao dengan metode MAE dengan variasi ukuran partikel 40, 60, 80 *mesh* menghasilkan nilai total fenol tertinggi pada perlakuan ukuran partikel 80 *mesh*.

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 ekstrak kulit tanduk kopi. Nilai rata-rata total flavonoid (mg QE/g) ekstrak kulit tanduk kopi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai rata-rata total flavonoid (mg QE/g) ekstrak kulit tanduk kopi pada perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi

| Lama Ekstraksi (Menit) | Ukuran Partikel (<i>Mesh</i>) | | |
|------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | U1 (40) | U2 (60) | U3 (80) |
| W1 (6) | 5,37 ± 0,39 ^c | 5,61 ± 0,03 ^c | 5,76 ± 0,45 ^c |
| W2 (8) | 5,54 ± 0,92 ^c | 5,64 ± 0,41 ^c | 6,36 ± 0,25 ^c |
| W3 (10) | 5,56 ± 0,69 ^c | 6,65 ± 0,27 ^c | 7,36 ± 0,20 ^{bc} |
| W4 (12) | 5,91 ± 0,20 ^c | 7,28 ± 0,18 ^{bc} | 9,02 ± 0,92 ^{ab} |
| W5 (14) | 5,94 ± 0,34 ^c | 7,36 ± 0,98 ^{bc} | 9,58 ± 0,11 ^a |

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

Tabel 3 menunjukkan hasil rata-rata total flavonoid ekstrak kulit tanduk kopi tertinggi diperoleh dari perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 14 menit yaitu sebesar 9,58 ± 0,11 mg QE/g tetapi tidak berbeda nyata dengan ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 12 menit yaitu 9,02 ± 0,92 mg QE/g. Hasil rata-rata total flavonoid terendah diperoleh dari perlakuan ukuran partikel 40 *mesh* dan lama ekstraksi 6 menit yaitu 5,37 ± 0,39 mg QE/g, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan ukuran partikel 40 *mesh* dan lama ekstraksi 8, 10, 12, dan 14 menit yaitu 5,54 ± 0,92 mg QE/g, 5,56 ± 0,69 mg QE/g, 5,91 ± 0,20 mg QE/g, dan 5,94 ± 0,34 mg QE/g, perlakuan ukuran partikel 60 *mesh* dan lama ekstraksi 6, 8, 10, 12, dan 14 menit yaitu 5,61 ± 0,03 mg QE/g, 5,64 ± 0,41 mg QE/g, 6,65 ± 0,27 mg QE/g, 7,28 ± 0,18 mg QE/g, dan 7,36 ± 0,98 mg QE/g, perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 6, 8, dan 10 menit yaitu 5,76 ± 0,45 mg QE/g, 6,36 ± 0,25 mg QE/g, dan 7,36 ± 0,20 mg QE/g. Hasil analisis total flavonoid ekstrak kulit tanduk kopi menunjukkan bahwa ukuran partikel yang semakin kecil dan ekstraksi yang semakin lama akan menyebabkan total

flavonoid semakin meningkat.

Perlakuan ukuran partikel yang semakin kecil meningkatkan jumlah nilai total flavonoid yang terekstrak. Semakin kecil ukuran partikel, maka pelarut akan lebih mudah larut ke dalam jaringan bahan (Sumantining et al., 2022) sehingga proses penarikan senyawa dari kulit tanduk kopi lebih efektif. Pada penelitian ini, total flavonoid tertinggi membutuhkan waktu ekstraksi lebih cepat daripada penelitian Kristanti et al. (2019) yang membutuhkan waktu 18 menit untuk ekstraksi menggunakan metode MAE pada ekstrak rambut jagung. Peningkatan waktu pada proses ekstraksi menaikkan nilai total flavonoid yang terekstrak karena waktu ekstraksi yang tersedia sudah cukup untuk membuat pelarut menarik senyawa flavonoid dari dalam sel hingga batas optimumnya. Selain itu, waktu ekstraksi yang terlalu cepat atau terlalu singkat menyebabkan tidak semua senyawa aktif terekstrak (Ibrahim et al., 2015).

Hal ini didukung oleh penelitian Maharani et al. (2024) hasil total flavonoid terbaik pada ekstrak kulit buah kakao didapatkan pada perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 10 menit. Penelitian yang dilakukan oleh Sumantining et al. (2022) mengenai ekstraksi menggunakan metode MAE pada ekstrak kulit buah kakao didapatkan hasil total flavonoid terbaik pada ukuran partikel yaitu 80 *mesh*.

Kapasitas Antioksidan

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi menggunakan metode MAE berpengaruh sangat nyata ($p \leq 0,01$), sedangkan interaksinya berpengaruh nyata ($p \leq 0,05$) terhadap kapasitas antioksidan ekstrak kulit tanduk kopi. Nilai rata-rata kapasitas antioksidan (mg GAEAC/g) ekstrak kulit tanduk kopi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai rata-rata kapasitas antioksidan (mg GAEAC) ekstrak kulit tanduk kopi pada perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi

| Lama Ekstraksi (Menit) | Ukuran Partikel (<i>Mesh</i>) | | |
|------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | U1 (40) | U2 (60) | U3 (80) |
| W1 (6) | 0,22 ± 0,04 ^d | 0,23 ± 0,07 ^d | 0,23 ± 0,12 ^d |
| W2 (8) | 0,24 ± 0,14 ^d | 0,30 ± 0,03 ^{cd} | 0,34 ± 0,04 ^{bcd} |
| W3 (10) | 0,33 ± 0,04 ^{bcd} | 0,34 ± 0,07 ^{bcd} | 0,35 ± 0,10 ^{bcd} |
| W4 (12) | 0,41 ± 0,04 ^{bcd} | 0,41 ± 0,08 ^{bcd} | 0,67 ± 0,12 ^{ab} |
| W5 (14) | 0,43 ± 0,03 ^{bcd} | 0,63 ± 0,14 ^{abc} | 0,96 ± 0,01 ^a |

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

Tabel 4 menunjukkan bahwa kapasitas antioksidan tertinggi diperoleh pada ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 14 menit yaitu 0,96 ± 0,01 mg GAEAC/g tetapi tidak berbeda nyata dengan ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 12 menit yaitu sebesar 0,67 ± 0,12 mg GAEAC/g dan yang terendah diperoleh pada ukuran partikel 40 *mesh* dan lama ekstraksi 6 menit yaitu 0,22 ± 0,04 mg GAEAC/g, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan ukuran partikel 40 *mesh* dan lama ekstraksi 8, 10, 12, dan 14 menit yaitu 0,24 ± 0,14 mg GAEAC/g, 0,33 ± 0,04 mg GAEAC/g, 0,41 ± 0,04 mg GAEAC/g, dan 0,43 ± 0,03 mg GAEAC/g, perlakuan ukuran partikel 60 *mesh* dan lama ekstraksi 6, 8, 10, 12 menit yaitu 0,23 ± 0,07 mg GAEAC/g, 0,30 ± 0,03 mg GAEAC/g, 0,34 ± 0,07 mg GAEAC/g, dan 0,41 ± 0,08 mg GAEAC/g, perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 6, 8, dan 10 menit yaitu 0,23 ± 0,12 mg GAEAC/g, 0,34 ± 0,04 mg GAEAC/g, dan 0,35 ± 0,10 mg GAEAC/g.

Hasil analisis kapasitas antioksidan ekstrak kulit tanduk kopi menunjukkan bahwa ukuran partikel

yang semakin kecil dan ekstraksi yang semakin lama akan menyebabkan kapasitas antioksidan meningkat. Hal ini terjadi dikarenakan kapasitas antioksidan yang dihasilkan dipengaruhi oleh senyawa polifenol yang ada pada ekstrak kulit tanduk kopi, sehingga semakin tinggi kandungan polifenol maka semakin tinggi juga nilai kapasitas antioksidannya. Pada penelitian ini hasil total fenol, total flavonoid, dan kapasitas antioksidan tertinggi sama-sama dihasilkan dari perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 14 menit dengan nilai total fenol yaitu $4,64 \pm 0,00$ mg GAE/g, total flavonoid yaitu $9,58 \pm 0,11$ mg QE/g, dan kapasitas antioksidan yaitu $0,96 \pm 0,01$ mg GAEAC/g dan nilai terendah sama-sama dihasilkan dari perlakuan ukuran partikel 40 *mesh* dan lama ekstraksi 6 menit dengan nilai total fenol yaitu $1,81 \pm 0,18$ mg GAE/g, total flavonoid yaitu $5,37 \pm 0,39$ mg QE/g, dan kapasitas antioksidan yaitu $0,04$ mg GAEAC/g.

Hal ini didukung oleh penelitian Pratiwi et al. (2023) pada ekstraksi kulit buah kakao menggunakan metode MAE menghasilkan nilai kapasitas antioksidan tertinggi pada perlakuan ukuran partikel 80 *mesh*.

Uji Indeks Efektivitas

Uji indeks efektivitas dilakukan untuk menentukan perlakuan terbaik dalam mengekstrak kulit tanduk kopi. Variabel yang diamati dalam pengujian ini adalah rendemen, total fenol, total flavonoid, dan kapasitas antioksidan. Hasil perhitungan dari uji indeks efektivitas dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji indeks efektivitas untuk menentukan perlakuan terbaik pada perlakuan ukuran partikel dan lama ekstraksi dari ekstrak kulit tanduk kopi

| Perlakuan | Variabel | | | | | Jumlah |
|-----------|----------|-------------|-----------------|-----------------------|------|--------|
| | Rendemen | Total Fenol | Total Flavonoid | Kapasitas Antioksidan | | |
| | BV | 0,48 | 0,61 | 0,57 | 1,00 | 2,65 |
| | BN | 0,18 | 0,23 | 0,21 | 0,38 | 1,00 |
| U1W1 | Ne | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| | Nh | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| U1W2 | Ne | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | |
| | Nh | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,03 |
| U1W3 | Ne | 0,09 | 0,18 | 0,04 | 0,14 | |
| | Nh | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 0,05 | 0,12 |
| U1W4 | Ne | 0,18 | 0,23 | 0,13 | 0,25 | |
| | Nh | 0,03 | 0,05 | 0,03 | 0,10 | 0,21 |
| U1W5 | Ne | 0,46 | 0,24 | 0,14 | 0,28 | |
| | Nh | 0,08 | 0,05 | 0,03 | 0,10 | 0,27 |
| U2W1 | Ne | 0,08 | 0,12 | 0,06 | 0,01 | |
| | Nh | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,06 |
| U2W2 | Ne | 0,11 | 0,17 | 0,06 | 0,10 | |
| | Nh | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 0,04 | 0,11 |
| U2W3 | Ne | 0,16 | 0,24 | 0,30 | 0,16 | |
| | Nh | 0,03 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,21 |
| U2W4 | Ne | 0,48 | 0,36 | 0,45 | 0,26 | |
| | Nh | 0,09 | 0,08 | 0,10 | 0,10 | 0,36 |
| U2W5 | Ne | 0,52 | 0,39 | 0,47 | 0,55 | |
| | Nh | 0,09 | 0,09 | 0,10 | 0,21 | 0,49 |

| Perlakuan | Variabel | | | | | |
|-----------|----------|-------------|-----------------|-----------------------|--------|------|
| | Rendemen | Total Fenol | Total Flavonoid | Kapasitas Antioksidan | Jumlah | |
| | BV | 0,48 | 0,61 | 0,57 | 1,00 | 2,65 |
| | BN | 0,18 | 0,23 | 0,21 | 0,38 | 1,00 |
| U3W1 | Ne | 0,43 | 0,14 | 0,09 | 0,01 | |
| | Nh | 0,08 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,13 |
| U3W2 | Ne | 0,50 | 0,55 | 0,24 | 0,15 | |
| | Nh | 0,09 | 0,13 | 0,05 | 0,06 | 0,32 |
| U3W3 | Ne | 0,51 | 0,77 | 0,47 | 0,16 | |
| | Nh | 0,09 | 0,18 | 0,10 | 0,06 | 0,43 |
| U3W4 | Ne | 0,64 | 0,82 | 0,87 | 0,60 | |
| | Nh | 0,11 | 0,19 | 0,18 | 0,23 | 0,71 |
| U3W5 | Ne | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | |
| | Nh | 0,18 | 0,23 | 0,21 | 0,38 | 1,00 |

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

Hasil uji indeks efektivitas terhadap perlakuan menunjukkan bahwa jumlah nilai hasil (Nh) tertinggi yaitu sebesar 1,00 diperoleh dari perlakuan U3W5. Berdasarkan dari hasil tersebut, maka perlakuan terbaik dalam ekstraksi menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) untuk menghasilkan ekstrak kulit tanduk kopi sebagai sumber antioksidan adalah perlakuan ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 14 menit. Ukuran partikel yang lebih kecil dapat meningkatkan luas permukaan sehingga mempermudah penetrasi pelarut ke dalam sampel, sementara waktu ekstraksi selama 14 menit memungkinkan proses pemanasan gelombang mikro bekerja optimal tanpa merusak senyawa bioaktif (Chan et al., 2011). Kombinasi kedua faktor tersebut menghasilkan efisiensi ekstraksi yang lebih tinggi, ditunjukkan oleh nilai indeks efektivitas maksimum yang mencerminkan keseimbangan optimal antara rendemen, total fenol, total flavonoid, dan kapasitas antioksidan.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa ukuran partikel dan lama ekstraksi menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen, total fenol, total flavonoid, dan kapasitas antioksidan ekstrak kulit tanduk kopi. Interaksi antar perlakuan berpengaruh nyata terhadap rendemen, total fenol, dan kapasitas antioksidan, serta berpengaruh sangat nyata terhadap total flavonoid ekstrak kulit tanduk kopi. Kombinasi perlakuan terbaik untuk menghasilkan ekstrak kulit tanduk kopi sebagai antioksidan adalah ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi 14 menit, dengan karakteristik rendemen $6,56 \pm 0,44\%$, total fenol $4,64 \pm 0,00$ mg GAE/g, total flavonoid $9,58 \pm 0,11$ mg QE/g, serta kapasitas antioksidan $0,96 \pm 0,01$ mg GAEAC/g.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disarankan, bagi industri yang mengolah ekstrak kulit tanduk kopi menjadi sebuah produk, disarankan menggunakan ukuran partikel 80 *mesh* dan lama ekstraksi selama 14 menit serta mengeksplorasi variasi ukuran partikel yang lebih halus dan

memperpanjang waktu ekstraksi untuk mengetahui pengaruhnya terhadap peningkatan kualitas dan efisiensi ekstrak yang dihasilkan. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaplikasian hasil ekstrak kulit tanduk kopi sebagai sumber antioksidan pada produk kosmetik, makanan maupun farmasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulmajid, A. M. 2014. Sensory evaluation of beverage characteristics and biochemical components of coffee genotypes. *Advances in Food Science and Technology*, 2(12): 281–288. www.internationalscholarsjournals.org
- Agustina, D. R. S., Putra, G. P. G., dan Hartiati, A. 2024. Karakteristik ekstrak kulit buah kakao sebagai pewarna alami pada variasi jenis pelarut dan daya ekstraksi dengan metode microwave assisted extraction. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 12(4): 466–477.
- Barus, R. S. B., Putra, G. P. G., dan Anggreni, A. A. M. D. 2023. Karakteristik bubuk kulit buah kopi arabika (*Coffea arabica* L.) Sebagai sumber antioksidan pada variasi suhu dan lama pengeringan menggunakan oven. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 11(4): 516. <https://doi.org/10.24843/jrma.2023.v11.i04.p04>
- Blois, M. 1958. Antioxidant terminations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181: 1199–1200. <https://doi.org/10.1038/1811199a0>
- BPS. 2024a. *Produksi Tanaman Perkebunan (Ribuan Ton), 2023*. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTMyIzI=/produksi-tanaman-perkebunan.html>
- BPS. 2024b. *Produksi Kopi Arabika Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Bali (Ton), 2021-2023*. Badan Pusat Statistik Provinsi Bali. <https://bali.bps.go.id/id/statistics-table/2/MzQ5IzI=/produksi-kopi-arabika-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-bali.html>
- Chan, C. H., Yusoff, R., Ngoh, G. C., dan Kung, F. L. 2011. Microwave-assisted extractions of active ingredients from plants. *Journal of Chromatography A*, 1218(37): 6213–6225. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2011.07.040>
- Chang, C., Yang, M., Wen, H., dan Chen, J. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food Drug Analysis*, 10: 178–182.
- De Garmo, E. P., Sullivan, W. G., dan Canada, J. R. 1984. *Engineering Economy*. New York: Macmillan Company.
- Frederick, M. G. 1965. Notes on wild coffee arabica from Southwestern Ethiopia, with some historical considerations. *Economic Botany*, 19: 136–151.
- Hidayat, P. A. N. P., Puspawati, G. A. K. D., dan Yusarini, 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. <https://doi.org/10.24843/itepa.2022.v11.i01.p14>
- Husna, R. A. 2020. *Pengaruh perbedaan rasio bahan: pelarut dan lama ekstraksi daun kelor (Moringa oleifera Lam.) Terhadap aktivitas antioksidan dengan metode microwave assisted extraction (mae)*. Skripsi. Tidak dipublikasi. Universitas Brawijaya.
- Ibrahim, D. S., dan 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. <https://doi.org/10.1111/iep.12116>
- Kristanti, Y., Widarta, I. W. R., dan Permana, I. D. G. M. 2019. Pengaruh waktu ekstraksi dan konsentrasi etanol menggunakan metode microwave assisted extraction (mae) terhadap aktivitas antioksidan ekstrak rambut jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 8(1): 94. <https://doi.org/10.24843/itepa.2019.v08.i01.p11>
- Maharani, D. N. A., Putra, G. P. G., dan Antara, N. S. 2024. Characteristics of cocoa pod husk extract as a natural colorant with variation of particle size and time of extraction by microwave assisted extraction method alami pada variasi ukuran partikel dan lama ekstraksi dengan kakao (*Theobroma cacao* L.).

- Journal of Agroindustry Engineering and Management*, 12(3): 368–379.
- Nugroho, Y. A., dan Kusnadi, J. 2015. Aplikasi kulit manggis (*Garcinia mangostana* L.) Sebagai sumber antioksidan pada es krim. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(4): 1263–1271.
- Organizacion Internacional de Cafe. 2021. *Coffee prices rallied in April 2021 amid an anticipated decline in production and signs of economic recovery from covid-19 pandemic*. April, 1–9. https://www.ico.org/show_news.asp?id=756
- Pratiwi, L., Ganda Putra, G. P., dan Lani Triani, I. G. A. 2023. Aktivitas antioksidan ekstrak menggunakan metode microwave assisted extraction pada variasi waktu dan daya. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 11(4): 486. <https://doi.org/10.24843/jrma.2023.v11.i04.p01>
- 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 ukuran partikel dan waktu maserasi. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 8(1): 139. <https://doi.org/10.24843/jrma.2020.v08.i01.p14>
- Puspitasari, R. 2020. *Pengaruh komposisi jenis kopi dan lama penyangraian terhadap karakteristik kopi bubuk berdasarkan standarisasi nasional*. Skripsi. Tidak Dipublikasi. Universitas Sriwijaya.
- Rohaya, S., Anwar, S. H., Amhar, B., Sutriana, S., dan Muzaifa, M. 2023. *Aktivitas antioksidan dan komposisi fisikokimia ampas kopi yang diperoleh dari tiga varietas kopi di Aceh , Indonesia*. 1182(Iesab 2022): 1–7.
- Rohmaha, F. U., Safitri, R. A., Rahmawati, A. U. R., dan Atiqa. 2022. Effect of ethanol solution concentration in the extraction process of centella asiatica l. Bioactive components using microwave-assisted extraction (MAE) method. *Journal of Biobased Chemicals*, 2(2): 113–125. <https://doi.org/10.19184/jobc.v2i2.274>
- Sakanaka, S., Tachibana, Y., dan Okada, Y. 2005. Preparation and antioxidant properties of extracts of Japanese persimmon leaf tea (*kakinoha-cha*). *Food Chemistry*, 89(4): 569–575. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.013>
- Sholichah, E., Apriani, R., Desnilasari, D., dan Karim, M. A. 2017. Polifenol untuk antioksidan dan antibakteri by-product of arabica and robusta coffee husk as polyphenol source for antioxidant and antibacterial. *Balai Besar Industri Hasil Perkebunan*, 57–66.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi. 1989. *Prosedur analisa untuk bahan makanan dan pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Sukma, G. U., Putra, G. P. G., dan Wrasati, L. P. 2022. Pengaruh rasio bahan:pelarut dan waktu ekstraksi dengan gelombang mikro terhadap ekstrak etanol kulit buah kopi robusta sebagai sumber antioksidan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 10(4): 388. <https://doi.org/10.24843/jrma.2022.v10.i04.p01>
- 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. <https://doi.org/10.24843/jrma.2022.v10.i01.p12>
- 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 asissted extraction (MAE). *Jurnal Lahan Suboptimal : Journal of Suboptimal Lands*, 8(1): 94–106. <https://doi.org/10.33230/jlso.8.1.2019.417>
- Winata, E. W. 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.