

KONDISI DAYA, WAKTU DAN RASIO BAHAN-PELARUT TERBAIK PADA EKSTRAKSI SENYAWA FENOLIK DAUN ASAM JAWA MENGGUNAKAN METODE MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION (MAE)

The Best Condition of Power, Time and Material-Solvent Ratio in the Extraction of Tamarind Leaf Phenolic Compounds using Microwave Assisted Extraction (MAE) Method

Nur Agustin Hidayati, Luqman Agung Wicaksono*, Sri Winarti, Muhammad Alfid Kurnianto

Program Studi Teknologi Pangan, fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya

**)Penulis korespondensi: luqmanagungw@gmail.com*

Submisi: 25.07.2024; Penerimaan: 09.08.2024; Dipublikasikan: 01.12.2024

ABSTRAK

Daun asam Jawa merupakan bagian dari tanaman asam Jawa yang banyak mengandung metabolit sekunder salah satunya senyawa fenolik. Ekstraksi senyawa fenolik yang dilakukan dengan metode *microwave-assisted extraction* (MAE) dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti daya ekstraksi, waktu ekstraksi dan rasio pelarut. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kondisi terbaik (daya, waktu dan rasio bahan-pelarut) untuk ekstraksi fenol dari daun asam Jawa menggunakan metode MAE. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rancangan pendekatan *One Factor at The Time* (OFAT). Daya yang digunakan adalah 180-540 Watt, waktu ekstraksi yang dicobakan adalah 1-5 menit, dengan rasio bahan-pelarut adalah 1:10 sampai dengan 1:50. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya *microwave* 450 watt, dengan waktu empat menit, dan rasio bahan-pelarut sebesar 1:10 menghasilkan ekstrak daun asam Jawa dengan kadar fenol tertinggi, yaitu sebesar 3.370,69 mg GAE/L.

Kata kunci : Daun Asam Jawa; Ekstraksi; *Microwave*; Senyawa Fenolik

ABSTRACT

Tamarind leaves are part of the tamarind plant and contain a lot of secondary metabolites, one of which is phenolic compounds. The extraction of phenolic compounds carried out by the microwave-assisted extraction (MAE) method is influenced by several factors, such as extraction power, extraction time, and solvent ratio. This study uses the MAE method to determine the best conditions (power, time, and material-solvent ratio) for phenol extraction from tamarind leaves. This research was conducted using the design of the One Factor at The Time (OFAT) approach. The power used is 180-540 Watts, the trial extraction time is 1-5 minutes, and the material-solvent ratio is 1:10 to 1:50. The results showed that a microwave power of 450 watts, with a time of four minutes and an agent-solvent ratio of 1:10 produced tamarind leaf extract with the highest phenol content, which was 3,370.69 mg GAE/L.

Keywords: Tamarind Leaves; Extraction; Microwave; Phenolic compound

PENDAHULUAN

Tanaman asam Jawa (*Tamarindus indica*) merupakan salah satu jenis tanaman tropis yang banyak tumbuh di wilayah Indonesia. Daun asam Jawa merupakan salah satu bagian tanaman asam Jawa yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku dari

pembuatan minuman kesehatan. Daun asam Jawa banyak mengandung komponen bioaktif. Hasil pengujian secara fitokimia dari fraksi daun asam Jawa mengandung berbagai senyawa bioaktif diantaranya polifenol, flavonoid, saponin, tannin, dan alkaloid (Nurhayati et al., 2019). Fidrianny et al.

(2014) melaporkan bahwa ekstrak daun asam Jawa mengandung kadar fenol 6,17 g GAE/100 g, kadar flavonoid 3,22 g QE/100 g dan kadar karotenoid 0,35% g BE/100 g serta aktivitas antioksidan dengan perendaman DPPH tertinggi sebesar 66,74% dan pengukuran IC₅₀ sebesar 2,05 µg/mL.

Ekstraksi merupakan salah satu proses pengambilan atau pemisahan suatu komponen. Dari penelitian yang telah dilakukan, ekstraksi pada daun asam Jawa umumnya dilakukan dengan metode ekstraksi konvensional seperti ekstraksi daun asam Jawa metode Soxhlet (Fakhrurrazi et al., 2016), ekstraksi daun asam Jawa metode maserasi (Puspodewi et al., 2015), ekstraksi daun asam Jawa metode reflux (Fidrianny et al., 2014) dan ekstraksi daun asam Jawa metode infusa (Lahamado et al., 2017). Ekstraksi senyawa fenol metode konvensional masih memerlukan waktu yang cukup lama dan jumlah pelarut yang banyak (Putranto et al., 2021).

Metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) (menggunakan bantuan energi gelombang mikro) merupakan salah satu ekstraksi yang memiliki keunggulan karena proses ekstraksinya yang cepat dan efisien (Bintari et al., 2018). Energi gelombang mikro akan membantu memecah dinding sel dari bahan pada proses ekstraksi sehingga senyawa target yang diinginkan akan keluar berdifusi ke dalam pelarut (Aulia dan Widjanarko, 2018). Metode MAE sering digunakan untuk mengekstrak senyawa bioaktif berbagai tanaman karena lebih efisien dibandingkan dengan ekstraksi konvensional. Menurut penelitian Putranto et al. (2018) pada metode MAE daun kenikir dengan menggunakan waktu 3 menit dan rasio bahan terhadap pelarut 1:4 menghasilkan kadar fenol 2,978 mg GAE/g yang menunjukkan hasil lebih tinggi dibandingkan metode maserasi biasa maupun maserasi *waterbath*. Metode MAE membutuhkan waktu ekstraksi yang singkat, menghasilkan kadar fenol yang lebih tinggi, dan penggunaan pelarut yang lebih sedikit (Widyasanti et al., 2018). Metode MAE juga dapat diaplikasi untuk mengekstrak senyawa yang tidak tahan panas (senyawa *thermolabile*) (Zhang et al., 2018).

Ekstraksi dengan metode MAE perlu memperhatikan beberapa faktor yang

mempengaruhi proses ekstraksi berupa waktu ekstraksi, daya ekstraksi, rasio bahan terhadap pelarut, jenis pelarut dan suhu microwave (Wahyuni et al., 2021). Rusli et al. (2020) menyatakan bahwa peningkatan daya pada ekstraksi MAE dapat mempercepat perpindahan komponen bioaktif pada bahan ke pelarut tetapi penggunaan daya tinggi dapat menghasilkan panas yang menyebabkan senyawa tidak tahan panas akan rusak. Waktu ekstraksi MAE yang lama memberikan hasil senyawa ekstrak yang banyak tetapi waktu yang melebihi waktu optimal dapat menyebabkan komponen bioaktif menurun (Aulia dan Widjanarko, 2018). Rasio pelarut juga termasuk faktor kritis pada ekstraksi MAE. Volume dari pelarut harus merendam keseluruhan dari bahan yang diekstrak selama ekstraksi berlangsung (Putranto et al., 2021).

Daya, waktu dan rasio pelarut merupakan faktor yang cukup penting dalam ekstraksi MAE karena berkaitan dengan efisiensi ekstraksi dan hasil senyawa target yang diekstrak. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan kondisi metode MAE terbaik (daya, waktu dan rasio bahan-pelarut) untuk ekstraksi senyawa fenolik daun asam Jawa.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan baku pada penelitian ini berupa daun asam Jawa muda yang dikeringkan menjadi simplisia. Daun asam Jawa muda diperoleh dari Kabupaten Gresik. Bahan analisis yang digunakan meliputi natrium karbonat, larutan standar asam galat (Sigma), etanol (Merck), reagen folin (Merck).

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode pendekatan *One Factor at The Time* (OFAT) (Anwar et al., 2021). Dengan faktor yang dianalisis meliputi daya ekstraksi MAE, waktu ekstraksi MAE dan rasio bahan terhadap pelarut. Penelitian ekstraksi MAE pada daun asam Jawa tidak pernah dilakukan sebelumnya sehingga batas nilai daya ekstraksi, waktu ekstraksi dan rasio bahan terhadap pelarut yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada beberapa penelitian ekstraksi MAE terdahulu dengan sampel dedaunan yang meliputi ekstraksi MAE pada daun kenikir (Putranto et al.,

2021), ekstraksi MAE daun gambir (Magdalena dan Kusnadi, 2015), ekstraksi MAE daun zaitun (Hannachi et al., 2019) dan ekstraksi MAE daun afrika (Alara et al., 2018).

Pada analisis faktor daya, waktu ekstraksi dipilih tetap 2 menit dengan rasio bahan:pelarut sebesar 1:10 sedangkan daya divariasikan 180 watt, 270 watt, 360 watt, 450 watt, 540 watt. Setelah itu dilakukan analisis kadar fenol pada hasil ekstrak untuk menentukan daya terbaik. Pada analisis faktor waktu, daya ekstraksi dipilih tetap menggunakan daya terbaik dengan rasio

bahan:pelarut 1:10 sedangkan waktu ekstraksi divariasikan selama 1, 2, 3, 4 dan 5 menit. Hasil dari analisis dengan nilai kadar fenol tertinggi menunjukkan waktu ekstraksi terbaik. Untuk analisis faktor rasio pelarut, daya dan waktu ekstraksi MAE ditetapkan dari hasil ekstraksi terbaik dan untuk rasio bahan terhadap pelarut divariasikan dengan rasio 1:10, 1:20, 1:30, 1:40 dan 1:50. Hasil dari analisis dengan nilai kadar fenol tertinggi menunjukkan rasio bahan terhadap pelarut yang terbaik. Urutan langkah ekstraksi daun asam Jawa metode MAE melalui pendekatan OFAT dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Urutan langkah ekstraksi MAE daun asam Jawa metode OFAT

Tujuan	Daya Ekstraksi (Watt)	Waktu Ekstraksi (Menit)	Daun asam Jawa (g) :Pelarut (mL)
Menentukan daya terbaik	180, 270, 360, 450, 540	2	1:10
Menentukan waktu terbaik	Daya terbaik	1, 2, 3, 4, 5	1:10
Menentukan rasio bahan-pelarut terbaik	Daya terbaik	Waktu terbaik	1:10, 1:20, 1:30, 1:40, 1:50

Analisis data pada penelitian ini dilakukan (kadar fenol ekstrak) secara deskriptif menggunakan *software Microsoft Excel*.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terdiri dari pembuatan simplisia daun asam Jawa dan pembuatan ekstrak daun asam Jawa dengan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE).

Pembuatan Simplisia Daun Asam Jawa

Proses pembuatan simplisia daun asam Jawa mengacu pada penelitian Lahamado et al. (2017) yang dimodifikasi. Daun asam Jawa muda disortasi dan dilakukan pencucian untuk memisahkan bahan pengotor ataupun bahan asing yang tidak diperlukan. Daun asam Jawa yang telah bersih dikeringkan dengan *food dehydrator* (MKS-FDH 16, Indonesia) dengan suhu 40°C selama ± 7 jam. Daun asam Jawa yang kering dihaluskan dengan blender (Maspion Blender MT - 1273 GL, Indonesia) selama 5 menit dan diayak. Hasil simplisia daun asam Jawa disimpan dalam wadah tertutup yang dilengkapi dengan *silica gel* untuk mencegah kerusakan pada simplisia.

Pembuatan Ekstrak Daun Asam Jawa

Simplisia daun asam Jawa sebanyak 10 g dimasukkan pada erlenmeyer kemudian ditambahkan pelarut aquades sesuai dengan perlakuan. Setelah itu diaduk dan ditutup dengan *aluminium foil* kemudian diekstraksi menggunakan microwave (SHARP R-725DA-BK, Jepang) dengan diatur daya dan waktu ekstraksi sesuai dengan perlakuan. Setelah proses ekstraksi selesai, larutan disaring dengan kertas saring kemudian disentrifugasi (OREGON, *Centrifuge* LC 04-S) selama 15 menit dengan kecepatan 3.500 rpm (*Fixed angle Rotor*) untuk memisahkan larutan dari residu yang masih tersisa. Hasil ekstrak dianalisis kadar fenol.

Prosedur Analisis

Kadar fenol diuji menggunakan metode folin-Ciocalteu (Routray dan Orsat, 2014) yang dimodifikasi. Sampel sebanyak 1 mL dicampur dengan 0,5 mL reagen folin. Larutan ditambahkan 1 mL larutan natrium karbonat 7,5% kemudian divortex dan diinkubasi selama 30 menit dalam ruangan gelap. Absorbansi larutan dibaca dengan spektrofotometri UV-Vis (Thermo Scientific GENESYS 10S Series UV-Visible

Spectrophotometers, Amerika Serikat) dengan panjang gelombang 725 nm. Untuk menghitung kadar fenol diperlukan kurva standar asam galat. Kurva standar asam galat dibuat dengan konsentrasi 0, 25, 50, 75, 100 dan 125 ppm dan diukur absorbasinya dengan cara yang sama seperti pada pengujian sampel. Kadar fenol dinyatakan sebagai mg ekuivalen asam galat/liter ekstrak (mg GAE/L). Pengujian dilakukan dengan duplo.

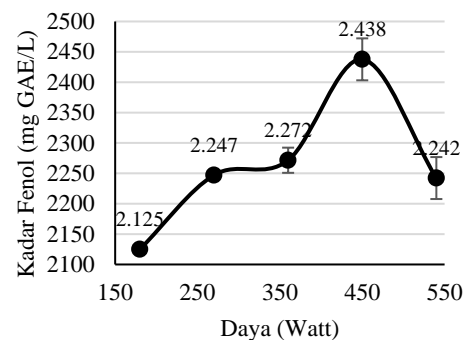
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar fenolik menjadi salah satu parameter fitokimia yang penting dari ekstrak daun asam Jawa. Senyawa fenolik merupakan metabolit sekunder yang terkandung dalam tumbuhan dan memiliki banyak manfaat bagi manusia diantaranya: antioksidan, antiinflamasi, antidiabetik, imunoregulasi, antikanker, antimikroba, pelindung dari penyakit jantung dan sebagainya (Mahardani dan Yuanita, 2021). Pengujian kadar fenol dilakukan dengan metode Folin-Ciocalteu. Asam galat digunakan sebagai pembanding pada pengujian kadar fenolik karena tergolong asam fenolik yang bersifat stabil, murni, mudah diperoleh dan memiliki harga yang relatif murah dibandingkan dengan standar yang lainnya (Lestari et al., 2015). Faktor ekstraksi MAE yang berupa daya, waktu dan rasio bahan terhadap pelarut dianalisis pengaruhnya terhadap kadar fenol dari ekstrak yang dihasilkan pada tiap perlakuan ekstraksi.

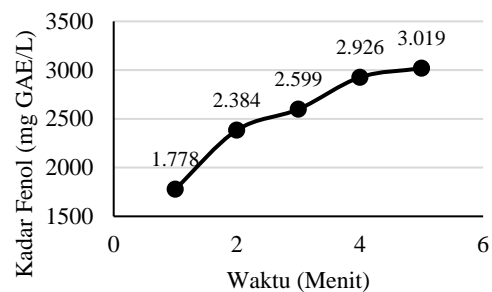
Pengaruh Daya Microwave terhadap Kadar Fenol

Daya merupakan jumlah suatu energi yang dihantarkan dalam tiap satuan waktu. Daya *microwave* memiliki keterkaitan dengan energi panas yang dihasilkan pada ekstraksi. Daya yang semakin tinggi dapat meningkatkan energi panas dan dapat menghasilkan hasil ekstrak yang banyak. Pada ekstraksi MAE, daya *microwave* berperan sebagai pendorong untuk membantu memecah struktur dari membran sel bahan yang diekstrak sehingga senyawa dapat berdifusi keluar dan larut ke dalam pelarut (Fitri dan Widyastuti, 2020). Daya ekstraksi pada ekstraksi menggunakan *microwave* berperan penting dalam mengontrol jumlah energi yang diterima oleh bahan agar dapat

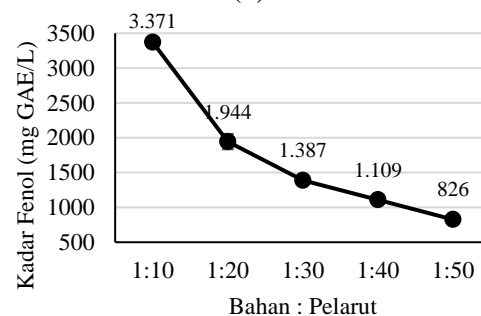
diubah menjadi energi panas yang membantu proses ekstraksi.



(a)



(b)



(c)

Gambar 1. Pengaruh daya (a) dan waktu (b) ekstraksi, serta rasio pelarut (c) terhadap kadar fenol ekstrak daun asam Jawa

Daya *microwave* yang digunakan pada penelitian ini yaitu 180, 270, 360, 450, 540 watt dengan volume pelarut 100 mL yang diekstraksi selama 2 menit. Pada kondisi ini, senyawa fenol yang terekstrak dari daun asam Jawa dengan metode MAE berkisar antara 2.125-2.438 mg GAE/L (Gambar 1a).

Kadar fenol menunjukkan kenaikan ketika daya *microwave* yang digunakan semakin tinggi. Menurut Maksum dan Purbowati (2017) peningkatan daya

microwave dapat meningkatkan kadar fenol karena efek langsung dari energi gelombang mikro terhadap biomolekul oleh konduksi ionik dan rotasi dipol. Namun kadar fenol cenderung rendah pada ekstraksi dengan daya di atas 450 watt. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi daya yang digunakan pada ekstraksi MAE maka intensitas radiasi gelombang mikro semakin besar sehingga energi elektromagnetik yang diubah menjadi energi panas semakin banyak. Energi panas yang tinggi dapat menyebabkan penurunan kadar fenol pada bahan karena sifat senyawa fenol yang tidak tahan panas sehingga dapat mengalami degradasi termal dan polimerisasi (Mahardani dan Yuanita, 2021).

Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap Kadar Fenol

Faktor waktu ekstraksi juga menjadi faktor yang kritis pada ekstraksi MAE. Waktu ekstraksi yang semakin lama menyebabkan durasi kontak bahan dengan pelarut akan semakin lama sehingga pelarut dapat melarutkan senyawa yang terkandung dalam bahan semakin optimal (Yulianingtyas dan Kusmartono, 2016). Waktu ekstraksi pada ekstraksi MAE yang terlalu lama perlu dihindari karena berkaitan dengan kenaikan suhu dan menyebabkan kerusakan pada senyawa yang diekstrak. Umumnya waktu pada ekstraksi konvensional semakin lama akan menghasilkan rendemen yang semakin banyak. Namun pada ekstraksi MAE waktu yang dibutuhkan lebih singkat 5 sampai 30 menit jika dibandingkan dengan ekstraksi secara konvensional. Hal tersebut dilakukan untuk mencegah terjadinya degradasi termal dan oksidasi pada produk (Destandau et al., 2013).

Waktu ekstraksi yang digunakan pada penelitian ini yaitu 1, 2, 3, 4 dan 5 menit. Daya *microwave* dan pelarut dibuat variabel tetap yaitu daya 450 watt dan volume pelarut 100 mL. Pada kondisi ini, senyawa fenol yang terekstrak dari daun asam Jawa dengan metode MAE berkisar antara 1.778-3.019 mg GAE/L (Gambar 1b).

Kadar fenol semakin meningkat seiring dengan meningkatnya waktu ekstraksi. Waktu ekstraksi yang semakin lama dapat meningkatkan kemampuan penetrasi pelarut ke dalam suatu bahan sehingga pelarut

tersebut dapat dengan mudah menarik senyawa target yang akan diekstrak pada bahan tetapi waktu yang semakin singkat dapat menghambat pelarut dalam menembus dinding-dinding sel pada bahan (Tambun et al., 2016). Pada ekstraksi MAE antara waktu 4 menit dan 5 menit menunjukkan kenaikan yang mulai landai. Hal ini menunjukkan ekstraksi MAE pada daun asam Jawa optimal pada waktu ekstraksi empat menit. Menurut penelitian Aulia dan Widjanarko (2018) waktu ekstraksi yang lebih lama dari waktu optimal ekstraksi dapat menyebabkan senyawa fenol yang terekstrak dari proses ekstraksi lebih sedikit karena seiring dengan bertambahnya waktu ekstraksi MAE maka semakin banyak energi gelombang elektromagnetik yang diubah menjadi energi panas sehingga dapat menyebabkan terdegradasinya senyawa fenol pada bahan.

Pengaruh Rasio Bahan-Pelarut terhadap Kadar Fenol

Rasio antara bahan dengan pelarut dalam sebuah ekstraksi perlu diperhatikan karena ekstraksi padatan harus terendam keseluruhan oleh pelarut agar proses ekstraksi mendapatkan hasil yang maksimal. Rasio bahan terhadap pelarut menjadi faktor yang mempengaruhi pada ekstraksi MAE karena berkebalikan dengan ekstraksi secara konvensional.

Ekstraksi konvensional membutuhkan rasio bahan terhadap pelarut yang tinggi untuk mendapatkan rendemen yang tinggi. Namun, pada ekstraksi MAE rasio volume pelarut yang tinggi dapat memberikan rendemen yang rendah (Destandau et al., 2013). Perbedaan tersebut karena adanya perbedaan skema pemanasan yang terjadi pada proses ekstraksi pada ekstraksi konvensional dengan ekstraksi MAE.

Mekanisme pada ekstraksi secara konvensional, energi panas akan dipindahkan ke dalam bahan baku melalui kontak secara konduksi dan radiasi dari bagian permukaan bahan kemudian diteruskan ke alat pemanas yang digunakan untuk memanaskan bahan yang diekstrak. Pada ekstraksi metode MAE pemanasan secara *microwave* terjadi secara langsung antara material dengan gelombang mikro tanpa adanya perantara (Destandau et al., 2013).

Rasio bahan-pelarut pada penelitian ini yaitu 1:10, 1:20, 1:30, 1:40 dan 1:50 dengan daya dan waktu terbaik yang diperoleh dari proses ekstraksi sebelumnya. Pada kondisi ini, senyawa fenol yang terekstrak dari daun asam Jawa dengan metode MAE berkisar antara 825-3371 mg GAE/L (Gambar 1c).

Kadar fenol mengalami peningkatan seiring dengan rasio pelarut yang semakin kecil. Pada ekstraksi MAE volume pelarut yang digunakan harus cukup untuk merendam seluruh bahan selama ekstraksi dengan gelombang mikro berlangsung. Namun volume pelarut yang terlalu tinggi menyebabkan proses ekstraksi MAE kurang efisien.

Menurut Putranto et al. (2018) volume pelarut yang terlalu banyak pada ekstraksi MAE dapat menghambat proses ekstraksi dan menghasilkan senyawa fenol yang terekstrak rendah karena gelombang mikro cenderung menyerap pelarut dalam jumlah besar dibandingkan menghilangkan analit dari bahan. Volume pelarut yang terlalu banyak juga dapat menyebabkan *thermal stress* pada proses ekstraksi sehingga gelombang mikro yang dipaparkan untuk bahan akan terkonsentrasi pada pelarut sehingga tidak dapat menghasilkan senyawa ekstrak yang maksimal (Dewi et al., 2018). Rasio bahan terhadap pelarut 1:10 menunjukkan hasil terbaik pada ekstraksi MAE daun asam Jawa. Hasil ini sesuai dengan penelitian Isdiyanti et al., (2021) bahwa rasio pelarut maksimum ekstraksi MAE yaitu sebesar 1:10. Pelarut yang terlalu banyak dapat menghalangi gelombang mikro masuk ke dalam dinding sel tanaman sehingga senyawa fenol yang dihasilkan kurang maksimal. Ekstraksi MAE daun asam Jawa dengan rasio dibawah 1:10 (terlalu kecil) yang membuat bahan tidak terendam secara keseluruhan.

KESIMPULAN

Perlakuan daya ekstraksi, waktu ekstraksi dan rasio pelarut pada ekstraksi daun asam Jawa menggunakan metode MAE berpengaruh nyata terhadap kadar senyawa fenol yang terekstrak. Kondisi terbaik ekstraksi fenol dari daun asam Jawa menggunakan metode MAE adalah menggunakan 450 watt, waktu empat menit,

dan rasio bahan terhadap pelarut sebesar 1:10. Kadar ekstrak fenol yang diperoleh adalah 3.370,69 mg GAE/L.

DAFTAR PUSTAKA

- Alara, O.R., Abdurahman, N.H., Olalere, O.A., 2018. Optimization of microwave-assisted extraction of flavonoids and antioxidants from *Vernonia amygdalina* leaf using response surface methodology. Food and Bioproducts Processing, 107: 36-48. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2017.10.007>
- Anwar, K., Istiqamah, F., Hadi, S., 2021. Optimasi suhu dan waktu ekstraksi akar pasak bumi (*Eurycoma longifolia* Jack.) menggunakan metode RSM (response surface methodology) dengan Pelarut Etanol 70%. Jurnal Pharmascience, 8(1): 53-64. <https://doi.org/10.20527/jps.v8i1.9085>
- Aulia, L.P., Widjanarko, S.B., 2018. Optimasi proses ekstraksi daun sirsak (*Annona muricata* L) metode MAE (microwave assisted extraction) dengan respon aktivitas antioksidan dan total fenol. Jurnal Agroindustri Halal, 4(1): 79-87. <https://doi.org/10.30997/jah.v4i1.1142>
- Bintari, Y.R., Haryadi, W., Rahardjo, T.J., 2018. Ekstraksi lipida dengan metode *microwave assisted extraction* dari mikroalga yang potensial sebagai biodiesel. Jurnal Ketahanan Pangan, 2(2): 180-189.
- Destandau, E., Michel, T., Elfakir, C., 2013. *Microwave-assisted Extraction. Dalam: RSC Green Chemistry No.21 Natural Product Extraction: Principles and Applications.* Rostagno, M.A., Prado, J.M. (Eds). The Royal Society of Chemistry, London, UK.
- Dewi, S.R., Argo, B.D., Ulya, N., 2018. Kandungan flavonoid dan aktivitas antioksidan ekstrak *Pleurotus ostreatus*. Rona Teknik Pertanian, 11(1): 1-11. <https://doi.org/10.17969/rtp.v11i1.9571>

- Fakhrurrazi, F., Hakim, R.F., Keumala, C.N., 2016. Pengaruh daun asam Jawa (*Tamarindus indica* Linn) terhadap pertumbuhan *Candida albicans*. Journal of Syiah Kuala Dentistry Society, 1(1): 29-34.
- Fidrianny, I., Zahidah, E.S., Hartati, R., 2014. Senyawa antioksidan dari ekstrak n-heksana daun asam Jawa (*Tamarindus indica* L.) dari Banyuwangi, Garut–Indonesia. Acta Pharmaceutica Indonesia, 39(3&4): 45-50.
- Fitri, A.C.K., Widyastuti, F.K., 2020. Perbandingan metode *Microwave Hydrodiffusion and Gravity* (MHG) dan *Microwave Steam Diffusion* (MSDf) untuk mengekstrak minyak atsiri dari kulit jeruk (*Citrus aurantium* L.). Jurnal Teknik Kimia USU, 9(2): 41-50. <https://doi.org/10.32734/jtk.v9i2.4302>
- Hannachi, H., Benmoussa, H., Saadaoui, E., Saanoun, I., Negri, N., Elfalleh, W., 2019. Optimization of ultrasound and microwave assisted extraction of phenolic compounds from olive leaves by response surface methodology. Res. J. Biotech, 14(7): 28-37.
- Isdiyanti, S.I., Kurniasari, L., Maharani, F., 2021. Ekstraksi flavonoid dari daun kersen (*Muntinga calabura* L) menggunakan pelarut etanol dengan metode MAE (*Microwave Assisted Extraction*) dan UAE (*Ultrasonic Assisted Extraction*). Jurnal Inovasi Teknik Kimia, 6(2): 105-109. <https://doi.org/10.31942/inteka.v6i2.5513>
- Lahamado, O.T., Sabang, S.M., Mustapa, K., 2017. Ekstrak daun asam Jawa (*Tamarindus indica* L.) sebagai antidiabetes. Jurnal Akademika Kimia, 6(1): 1-6. <https://doi.org/10.22487/j24775185.2017.v6.i1.9221>
- Lestari, T., Nurmala, A., Nurmallasari, M., 2015. Penetapan kadar polifenol dan aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun sintrong (*Crassocephalum crepidioides* (Benth.) S. moore). Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada, 13(1): 107-112. <https://doi.org/10.36465/jkbth.v13i1.20>
- Magdalena, N.V., Kusnadi, J., 2015. Antibakteri dari ekstrak kasar daun gambir (*Uncaria gambir* Var Cubadak) metode *Microwave-Assisted Extraction* terhadap bakteri patogen. Jurnal Pangan dan Agroindustri, 3(1): 124-135.
- Mahardani, O.T., Yuanita, L., 2021. Efek metode pengolahan dan penyimpanan terhadap kadar senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan. Unesa Journal of Chemistry, 10(1): 64-78. <https://doi.org/10.26740/ujc.v10n1.p64-78>
- Maksum, A., Purbowati, I.S.M., 2017. Optimasi ekstraksi senyawa fenolik dari kelopak bunga rosella (*Hibiscus sabdariffa*) berbantu gelombang mikro. Agrin, 21(2): 91-104. <https://doi.org/10.20884/1.agrin.2017.21.2.368>
- Nurhayati, N., Mulyani, S., Efenedy, N.T., 2019. Uji aktivitas fraksi daun asam Jawa terhadap gambaran histopatologi pankreas tikus putih jantan. Farmakologi: Jurnal Farmasi, 16(1): 80-91.
- Puspodewi, D., Darmawati, S., Maharani, E.T., 2015. Daya hambat daun asam Jawa (*Tamarindus indica*) terhadap pertumbuhan *Salmonella typhi* penyebab demam tifoid. Prosiding. The 2nd University Research Colloquium (URECOL), Universitas Muhammadiyah Semarang. pp.45-50.
- Putranto, A.W., Dewi, S.R., Izza, N.M., Yuni, D.R., Dachi, M.Y.S., Sumarlan, S.H., 2018. Ekstraksi senyawa fenolik daun kenikir (*Cosmos caudatus*) menggunakan *Microwave Assisted Extraction* (MAE). Rona Teknik Pertanian, 11(1): 59-70. <https://doi.org/10.17969/rtp.v11i1.9580>
- Routray, W., Orsat, V., 2014. MAE of phenolic compounds from blueberry leaves and comparison with other extraction methods. Industrial Crops and Products, 58: 36-45. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.03.038>

- Rusli, Z., Sari, B.L., Utami, N.F., Sabila, S., 2020. Optimization of Microwave-Assisted Extraction of flavonoids from Binahong (*Anredera cordifolia*) leaves using Respon Surface Methodology. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 7(3): 10-19. <https://doi.org/10.33096/jffi.v7i3.596>
- Tambun, R., Limbong, H.P., Pinem, C., Manurung, E., 2016. Pengaruh ukuran partikel, waktu dan suhu pada ekstraksi fenol dari lengkuas merah. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5(4): 53-56. <https://doi.org/10.32734/jtk.v5i4.1555>
- Wahyuni, Y.A.T., Puspawati, G.A.K.D., Putra, I.N.K., 2021. Pengaruh jenis pelarut pada metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) terhadap karakteristik ekstrak daun singkong (*Manihot utilisima* Pohl.). *Itepa: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 10(4): 566-578. <https://doi.org/10.24843/itepa.2021.v10.i04.p03>
- Widyasanti, A., Aryadi, H., Rohdiana, D., 2018. Pengaruh perbedaan lama ekstraksi teh putih dengan menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE). *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 22(2): 165-174. <https://doi.org/10.25077/jtpa.22.2.165-174.2018>
- Yulianingtyas, A., Kusmartono, B., 2016. Optimasi volume pelarut dan waktu maserasi pengambilan flavonoid daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.). *Jurnal Teknik Kimia*, 10(2): 58-64. <https://doi.org/10.33005/tekkim.v10i2.539>
- Zhang, Q.W., Lin, L.G., Ye, W.C., 2018. Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review. *Chinese Medicine*, 13(20): p.26. <https://doi.org/10.1186/s13020-018-0177-x>