

Metode Maserasi Berbantu Gelombang Ultrasonik untuk Ekstraksi Pigmen Merah-Ungu dari Enam Varietas Bayam Merah

Layta Dinira^{1*)}, Novita Rosyida²⁾, Eka Ratri Noor Wulandari²⁾

¹⁾Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang, 65145, Telp: (0341) 575835, Fax: (0341)575839

²⁾Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang, 65145

^{*)}Penulis korespondensi : laytadinira@ub.ac.id

Abstract

Ultrasonic Wave Assisted Maceration Method for Extraction of Red-Purple Pigment from Six Varieties of Red Spinach. Natural dyes have been widely used for coloring food. Red spinach is an alternative resource of red violet color as it is abundant in nature. Despite its simplicity of extraction technique, the maceration method still needs enhancement because it is time-consuming. Ultrasound-assisted extraction (UAE) was used to shorten the extraction time. In this study, the red-violet pigment extraction has been carried out by the maceration method for six red spinach varieties. The spinach leaves' ratio to a mixture of ethanol 96% and citric acid 10% were 1:7, 1:9, 1:11, and 1:13. The highest absorbance for Delima, Abbang, Baret Merah, and Mira extracts were obtained from the ratio of 1:7, whereas Red and Clara extracts were 1:9. The optimum solvent/mass ratio for each variety was then used in the UAE. Extractions assisted by ultrasound in 5, 10, and 15 minutes have been conducted. UAE time yields the highest red-violet extract absorbance in 15 minutes for Red, Abbang, Baret Merah, Mira, and Clara while Delima was in 5 minutes. The results suggested that the UAE is more effective than 24-hours maceration for red-violet pigment extraction from red spinach.

Keywords: maceration; red spinach; ultrasound-assisted extraction

Abstrak

Pewarna alami banyak digunakan untuk memberikan warna pada makanan. Bayam merah merupakan tanaman yang cocok digunakan untuk memberikan warna merah karena keberadaannya melimpah di alam. Maserasi merupakan metode ekstraksi yang masih digunakan saat ini karena pengoperasiannya mudah. Namun demikian, metode maserasi membutuhkan optimalisasi karena penggunaannya membutuhkan waktu yang lama. Ekstraksi berbantu gelombang ultrasonik digunakan untuk memendekkan waktu ekstraksi. Pada penelitian ini, ekstraksi pigmen merah ungu menggunakan metode maserasi untuk enam varietas bayam merah telah dilakukan. Variasi perbandingan bayam merah dengan campuran larutan etanol 96% dan asam sitrat 10% adalah 1:7, 1:9, 1:11, dan 1:13. Absorbansi tertinggi untuk Delima, Abbang, Baret Merah, dan Mira diperoleh dari perbandingan massa/pelarut 1:7, sementara untuk Red dan Clara dari 1:9. Perbandingan massa/pelarut optimum untuk setiap varietas kemudian digunakan pada ekstraksi berbantu gelombang ultrasonik. Ekstraksi dilakukan pada 5, 10, dan 15 menit. Pada varietas Red, Abbang, Baret Merah, Mira dan Clara, absorbansi ekstrak pigmen merah-ungu tertinggi didapatkan pada waktu 15 menit sementara Delima pada 5 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstraksi berbantu gelombang ultrasonik pada pigmen merah-ungu dari bayam merah lebih efektif daripada maserasi 24 jam.

Kata kunci: bayam merah; gelombang ultrasonik; maserasi

PENDAHULUAN

Penyakit tidak menular seperti hipertensi, stroke, diabetes, kanker, dan serangan jantung membuat perilaku masyarakat Indonesia bergeser ke arah hidup yang lebih sehat. Masyarakat menginginkan mengonsumsi makanan sehat namun tetap enak dan menarik. Hal tersebut membuat produsen makanan lebih tertarik menggunakan pewarna alami daripada buatan (Feketea dan Tsabouri, 2017). Penggunaan pewarna alami saat ini penting karena masyarakat mulai resah mengonsumsi makanan yang mengandung pewarna buatan. Konsumsi pewarna buatan berpotensi mempengaruhi kesehatan (Voith, 2008; Amchova dkk., 2015).

Pewarna alami makanan merupakan pigmen yang diekstraksi dari batuan, hewan, atau tanaman (Sigurdson dkk., 2001). Pigmen merah-ungu biasanya diekstrak dari buah anggur karena keberadaannya melimpah. Namun demikian, buah anggur merupakan bahan utama industri minuman sehingga produsen mulai mencari tanaman lain. Salah satu tanaman yang juga mengandung pigmen merah-ungu adalah bayam merah (Hake dan Quinn, 2008). Bayam merah dapat digunakan sebagai alternatif karena tumbuh segar setiap tahun dan mudah disimpan. Indonesia memiliki enam varietas bayam merah, yaitu Clara, Delima, Abbang, Red Leaf, Baret Merah, dan Red (Pebrianti dkk, 2015).

Metode yang umum digunakan untuk mengekstraksi pigmen dari tanaman adalah ekstraksi Soxhlet. Namun demikian, metode tersebut kurang cocok digunakan untuk ekstraksi pigmen dari sayuran karena membutuhkan waktu lama dan menggunakan banyak pelarut. Selain itu, pemanasan pada ekstraksi Soxhlet membuat pigmen terdegradasi akibat temperatur yang tinggi. Pigmen merupakan senyawa yang sensitif terhadap panas. Oleh sebab itu, ekstraksi pigmen dari tanaman dilakukan metode lain, yaitu maserasi. Penggunaan metode maserasi tidak membuat pigmen terdegradasi karena ekstraksi padat-cair dilakukan pada temperatur ruang (Khanh, 2015; Saini dan Keum, 2018).

Beberapa parameter untuk mengoptimasi ekstraksi pigmen merah ungu telah diamati, seperti tipe pelarut, rasio massa/pelarut, dan waktu ekstraksi. Pelarut organik seperti etanol dan aseton meningkatkan hasil ekstraksi pigmen merah-ungu. Rasio massa/pelarut juga berpengaruh pada hasil ekstraksi pigmen. Semakin lama waktu ekstraksi akan meningkatkan waktu kontak antara pelarut dengan jaringan tanaman sehingga semakin banyak pigmen yang berdifusi ke pelarut hingga kesetimbangan tercapai (Silva dkk., 2017; Cacace dan Mazza, 2003; Dutta, 2007).

Maserasi pigmen merah-ungu dari tanaman berbantu gelombang ultrasonik dapat meningkatkan rendemen. Gelombang ultrasonik meningkatkan rendemen ekstraksi pigmen merah-ungu dari kol merah (*Brassica oleracea L. Var. Capitata f. Rubra*) sebesar 11,92% dibandingkan dengan metode

konvensional (Demirdöven dkk., 2015). Gelombang ultrasonik juga menunjukkan hasil yang lebih efisien pada ekstraksi pigmen merah-ungu dari *Hibiscus sabdariffa* (Pinela dkk., 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari hasil ekstraksi pigmen merah-ungu dari enam varietas bayam merah menggunakan metode maserasi dan maserasi berbantu gelombang ultrasonik. Pada metode maserasi dilakukan pengamatan terhadap variasi rasio massa tanaman/pelarut. Rasio massa/pelarut yang optimum kemudian digunakan pada maserasi berbantu gelombang ultrasonik. Penerapan gelombang ultrasonik diamati pada variasi waktu tertentu.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah peralatan gelas seperti gelas kimia 1 L, corong gelas, labu Erlenmeyer 1 L, dan pipet ukur 5 mL, kertas saring Whatman 42 (Sigma Aldrich, Singapore), alat ultrasonik (JP-020S, Skymen, frekuensi 40 kHz), dan spektrofotometer *UV-Visible* (UV-1280, Shimadzu).

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel berupa enam varietas bayam merah yang secara komersial tersedia di Indonesia, yaitu Red, Delima, Abbang, Baret Merah, Clara, dan Mira. Bibit bayam merah dibeli dari beberapa penjual kemudian ditanam. Daun bayam merah dari enam varietas dipetik dan dikumpulkan setelah masa satu bulan dari awal tanam.

Bahan kimia yang digunakan pada penelitian ini adalah etanol 96% (Makmur Sejati, Indonesia), akuades (Hydrobat, Indonesia), HCl pekat (Smart Lab, Indonesia), asam sitrat (Merck, Germany), dan KCl (Merck, Germany).

Prosedur

Ekstraksi pigmen merah-ungu menggunakan metode maserasi

Daun bayam merah dicuci terlebih dahulu. Setelah dicuci daun bayam merah dikeringkan secara alami dengan cara diangin-anginkan selama 3 jam. Sebanyak 50 gram berat basah direndam dalam pelarut berupa campuran etanol 96% dan asam sitrat 10% (4:1) pada temperatur ruang (25 °C) selama 24 jam. Rasio massa tanaman dengan pelarut yang diamati pada variasi 1:7, 1:9, 1:11, dan 1:13 (w/v). Hasil ekstraksi dipisahkan dari daun bayam merah menggunakan kertas saring Whatman 42 kemudian disimpan di botol gelap pada 4 °C.

Ekstraksi pigmen merah-ungu menggunakan metode maserasi berbantu gelombang ultrasonik

Sebanyak 50 gram daun bayam merah berat basah dimasukkan ke dalam alat ultrasonik. Sejumlah pelarut sesuai rasio massa/pelarut optimum dari percobaan maserasi kemudian dimasukkan pula ke dalam alat. Alat dinyalakan dan dijalankan selama 5

menit. Hasil ekstraksi disaring menggunakan kertas saring Whatman 42 dan disimpan di botol kaca gelap pada 4 °C. Percobaan diulangi untuk variasi waktu 10 dan 15 menit.

Metode deteksi pigmen merah-ungu

Hasil ekstraksi sebanyak 1 mL dilarutkan dalam 10 mL larutan buffer KCl pH 1. Larutan tersebut diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer *UV-Visible* pada 400 – 800 nm untuk menentukan panjang gelombang maksimum. Hasil ekstraksi pigmen merah-ungu metode maserasi dan maserasi berbantu gelombang ultrasonic kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum yang telah ditemukan, yaitu 520 nm.

Analisis data

Data yang diperoleh kemudian diuji secara statistic menggunakan SPSS versi 23.0 (IBM Corporation, New York, USA). Metode *two-way* ANOVA digunakan untuk menentukan perbedaan signifikan absorbansi rata-rata antar varietas. Absorbansi dinyatakan berbeda secara signifikan apabila nilai sig. kurang dari alfa 5% (0,05). Uji Tukey digunakan untuk menentukan varietas bayam merah yang memiliki perbedaan signifikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi Pigmen Merah-Ungu Menggunakan Metode Maserasi

Warna merah-ungu pada tanaman berasal dari pigmen penyusun berupa senyawa antosianin atau betasianin (Fernández-López dkk., 2020). Antosianin dan betasianin merupakan senyawa polar. Oleh sebab itu, untuk mengekstrak pigmen merah-ungu dari bayam merah diperlukan pelarut polar seperti air, metanol, etanol, dan lain-lain. Etanol digunakan pada penelitian ini karena dapat memberikan warna violet lebih baik dibanding pelarut lain seperti heksana (Dhawan dan Gupta, 2016). Namun demikian, etanol memiliki sifat toksik yang tidak baik digunakan sebagai pelarut dalam jangka panjang. Oleh sebab itu, dilakukan penambahan asam sitrat yang memiliki sifat polar serta relatif aman digunakan (Joshi dan Preema Devi, 2014).

Hasil ekstraksi pigmen merah-ungu diwujudkan dalam absorbansi yang diperoleh dari spektrofotometri *UV-Visible*. Metode ini digunakan karena mudah dilakukan. Selain itu, metode spektrofotometri memberikan hasil kuantitatif tanpa perlu menggunakan pigmen merah-ungu murni seperti larutan standar antosianin dan betasianin karena larutan standar kedua senyawa tersebut sulit ditemukan (Giusti dan Wrolstad, 2001; García-Falcon dkk., 2007).

Maserasi selama 24 jam pada temperatur ruang dengan variasi rasio massa tanaman dengan pelarut telah dilakukan. Tabel 1 menunjukkan hasil absorbansi untuk setiap varietas bayam merah. Hasil

ekstraksi dua varietas yaitu Red dan Clara paling baik pada rasio massa/pelarut 1:9. Empat varietas lain yaitu Delima, Abbang, Baret Merah, dan Mira memberikan hasil ekstraksi paling baik pada rasio massa/pelarut 1:7. Varietas Mira memberikan hasil ekstraksi pigmen merah-ungu tertinggi dibandingkan tiga varietas lain walaupun sama-sama diekstraksi pada rasio 1:7.

Tabel 1. Hasil ekstraksi pigmen merah-ungu dari enam varietas bayam merah menggunakan metode maserasi

Varietas	Rasio massa/pelarut	Absorbansi*
Red	1:7	1,735
	1:9 ¹	1,905
	1:11	1,565
	1:13	0,838
Delima	1:7 ²	2,315
	1:9	2,085
	1:11	1,940
	1:13	1,800
Abbang	1:7 ³	2,205
	1:9	1,418
	1:11	1,123
	1:13	0,933
Baret Merah	1:7 ⁴	2,000
	1:9	1,550
	1:11	1,190
	1:13	0,963
Mira	1:7 ⁵	3,150
	1:9	1,630
	1:11	1,540
	1:13	1,698
Clara	1:7	1,685
	1:9 ⁶	1,708
	1:11	1,460
	1:13	0,748

*absorbansi rata-rata

Jumlah pelarut yang semakin banyak akan meningkatkan jumlah rendemen (Cacace dan Mazza, 2003). Namun demikian, hasil penelitian menunjukkan hasil ekstraksi pigmen merah-ungu empat dari enam varietas paling tinggi diberikan oleh rasio massa/pelarut 1:7, yaitu rasio dengan jumlah pelarut paling sedikit. Menurut Herodež dkk. (2003), pada saat proses ekstraksi berlangsung, persentase senyawa aktif dalam larutan akan naik hingga kesetimbangan tercapai. Hal ini menunjukkan bahwa pada proses ekstraksi menggunakan maserasi kesetimbangan telah tercapai pada saat rasio massa/pelarut 1:7.

Analisis perbedaan signifikan absorbansi rata-rata antar varietas dan rasio massa/pelarut pada metode maserasi dilakukan dengan metode *two-way*

ANOVA yang disajikan pada tabel 2. Nilai sig. pada variabel varietas (0,018) kurang dari alfa 5% (0,05). Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan signifikan antara absorbansi rata-rata tiap varietas. Pada variabel rasio massa/pelarut, nilai sig. adalah 0,000 yaitu kurang dari alfa 5% (0,05). Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan signifikan antara absorbansi rata-rata tiap rasio massa/pelarut.

Tabel 2. Analisis *two-way* ANOVA untuk variabel varietas dan rasio massa/pelarut terhadap absorbansi rata-rata

Variabel	Df	Mean Square	F	Sig.
Varietas	5	0,366	3,922	0,018
Rasio massa/pelarut	3	1,110	11,908	0,000

Tabel 3. Uji Tuckey setiap varietas yang digunakan pada metode maserasi

(I) Varietas	(J) Varietas	Perbedaan rata-rata (I-J)	Sig.	Kesimpulan
Abbang	Baret Merah Clara	-0,0060	1,000	Tidak berbeda
	Delima	0,0195	1,000	Tidak berbeda
	Mira	-0,6153	0,103	Berbeda
	Red	-0,5847	0,131	Berbeda
Baret Merah	Clara	-0,0910	0,998	Tidak berbeda
	Delima	0,0255	1,000	Tidak berbeda
	Mira	-0,6093	0,108	Berbeda
	Red	-0,5787	0,137	Berbeda
Clara	Delima	-0,0850	0,999	Tidak berbeda
	Mira	-0,6348	0,088	Berbeda
	Red	-0,6042	0,112	Berbeda
Delima	Mira	-0,1105	0,995	Tidak berbeda
	Red	0,0305	1,000	Tidak berbeda
Mira	Red	0,5243	0,208	Tidak berbeda
	Red	0,4937	0,258	Tidak berbeda

*) alfa 15%

Untuk mengetahui varietas yang memberikan perbedaan paling signifikan pada rasio massa/pelarut dilakukan uji *two-way* ANOVA. Hasil analisis memberikan nilai sig. 0,028 untuk varietas Delima. Varietas Mira memiliki nilai sig. sebesar 0,037. Nilai sig. kedua varietas tersebut kurang dari alfa 5% yang artinya varietas Delima dan Mira memberikan perbedaan absorbansi paling signifikan dibanding varietas lain. Hasil analisis ini diperkuat dengan uji Tuckey seperti terlihat pada tabel 3. Merujuk pada data absorbansi Delima dan Mira pada tabel 1, kedua varietas ini memberikan warna yang lebih pekat artinya pigmen merah-ungu diekstraksi lebih banyak.

Ekstraksi Pigmen Merah-Ungu Menggunakan Metode Maserasi Berbantu Gelombang Ultrasonik

Ekstraksi pigmen merah-ungu untuk enam varietas bayam merah menggunakan rasio massa/pelarut optimum per varietas telah dilakukan. Gelombang ultrasonik digunakan untuk merusak dinding sel sehingga pigmen merah-ungu dapat dengan mudah keluar. Proses ini dapat meningkatkan transfer masa sehingga hasil ekstraksi juga akan meningkat. Frekuensi 40 kHz digunakan karena dapat menggetarkan fluida sel dan menghancurkan dinding sel (Golmohamadi dkk., 2013).

Tabel 4. Hasil ekstraksi pigmen merah-ungu dari enam varietas bayam merah menggunakan metode maserasi berbantu gelombang ultrasonik

Varietas	Rasio massa/pelarut	Waktu radiasi (menit)	Absorbansi*
Red	1:9	5	0,464
		10	0,584
		15 ¹	0,8525
Delima	1:7	5 ²	1,3375
		10	0,7975
		15	1,1725
Abbang	1:7	5	0,8575
		10	0,925
		15 ³	1,3725
Baret Merah	1:7	5	0,30625
		10	0,58125
		15 ⁴	1,106
Mira	1:7	5	0,1575
		10	0,42
		15 ⁵	0,496
Clara	1:9	5	0,354
		10	0,502
		15 ⁶	0,664

^{1,2,3,4,5,6} Waktu radiasi yang memberikan nilai absorbansi pigmen merah-ungu tertinggi

*absorbansi rata-rata

Tabel 4 menunjukkan pengaruh waktu terhadap ekstraksi pigmen merah-ungu menggunakan metode maserasi berbantu gelombang ultrasonik. Absorbansi pigmen merah-ungu paling tinggi dihasilkan selama 15 menit waktu radiasi untuk varietas Red, Abbang, Baret Merah, Mira, dan Clara dan 5 menit untuk varietas Delima. Hal ini mengindikasikan selama 15 menit waktu radiasi kesetimbangan untuk lima varietas bayam merah belum tercapai. Sementara pada varietas Delima kesetimbangan telah tercapai hanya dengan 5 menit waktu radiasi.

Analisis perbedaan signifikan absorbansi rata-rata antar varietas dan waktu radiasi pada metode maserasi berbantu gelombang ultrasonik dilakukan

dengan metode *two-way* ANOVA seperti terlihat pada tabel 5. Nilai sig. untuk parameter varietas kurang dari 0,004. Nilai ini kurang dari alfa 5% (0,05) sehingga dapat disimpulkan ada perbedaan signifikan antar absorbansi dari setiap varietas. Nilai sig. untuk parameter waktu juga kurang dari alfa 5% (0,05) yaitu 0,017. Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan signifikan pada absorbansi yang diamati dari setiap waktu radiasi.

Tabel 5. Analisis *two-way* ANOVA untuk variabel varietas dan waktu radiasi terhadap absorbansi rata-rata

Variabel	Df	Mean Square	F	Sig.
Varietas	5	0,266	7,239	0,004
Waktu (menit)	2	0,231	6,294	0,017

Tabel 6. Uji Tuckey setiap varietas yang digunakan pada metode maserasi berbantu gelombang ultrasonik

(I) Varietas	(J) Varietas	Perbedaan rata-rata (I-J)	Sig.	Kesimpulan
Abbang	Baret Merah	0,3872	0,219	Tidak berbeda
	Clara	0,5450	0,049	Berbeda
	Delima	-0,0508	0,999	Tidak berbeda
	Mira Red	0,6938 0,4182	0,012 0,166	Berbeda Tidak berbeda
Baret Merah	Clara	0,1578	0,905	Tidak berbeda
	Delima	-0,4380	0,138	Tidak berbeda
	Mira	0,3067	0,424	Tidak berbeda
	Red	0,0310	1,000	Tidak berbeda
Clara	Delima	-0,5958*	0,030	Berbeda
	Mira	0,1488	0,923	Tidak berbeda
	Red	-0,1268	0,959	Tidak berbeda
Delima	Mira	0,7447*	0,007	Berbeda
	Red	0,4690	0,103	Tidak berbeda
Mira	Red	-0,2757	0,527	Tidak berbeda

Uji *two-way* ANOVA diaplikasikan pada hasil absorbansi ekstraksi pigmen merah-ungu menggunakan metode maserasi berbantu gelombang ultrasonik untuk mengetahui varietas yang memberikan perbedaan paling signifikan. Berdasarkan hasil analisis, terlihat varietas Abbang dan Delima dengan nilai sig. masing-masing 0,013 dan 0,023 kurang dari alfa 5% (0,05). Hasil analisis *two-way* ANOVA diperkuat dengan Uji Tuckey seperti tampak pada tabel 6. Hal ini menunjukkan bahwa varietas Abbang dan Delima paling baik digunakan untuk ekstraksi pigmen merah-ungu bayam merah

menggunakan metode maserasi berbantu gelombang ultrasonik.

Tabel 2 dan tabel 6 dibandingkan untuk mempelajari performa metode maserasi berbantu gelombang ultrasonik. Jika diasumsikan pigmen merah-ungu yang didapatkan dari hasil maserasi selama 24 jam adalah 100% pada kondisi optimum, maka dengan berbantu gelombang ultrasonik selama 5 – 15 menit ekstraksi telah mencapai 16 – 58%. Hal ini mengindikasikan metode maserasi berbantu gelombang ultrasonik lebih efektif daripada maserasi 24 jam untuk mendapatkan pigmen merah-ungu dari bayam merah.

Model matematika telah diaplikasikan untuk menemukan waktu radiasi gelombang ultrasonik yang tepat saat hasil ekstraksi pigmen mencapai 100%. Berdasarkan model regresi linier sederhana, ditemukan persamaan:

$$Y = 2,147X \quad (1)$$

atau

Hasil ekstraksi pigmen(%) = 2,147 x waktu radiasi (2)
Berdasarkan persamaan tersebut, waktu radiasi optimum untuk mendapatkan 100% hasil ekstraksi pigmen adalah 46 menit 34 detik.

KESIMPULAN

Ekstraksi pigmen merah-ungu dari enam varietas bayam merah menggunakan metode maserasi 24 jam dan metode maserasi berbantu gelombang ultrasonik telah dilakukan. Rasio massa/pelarut optimum pada metode maserasi adalah 1:7 untuk varietas Delima, Abbang, Baret Merah, dan Mira sementara 1:9 untuk varietas Red dan Clara. Waktu radiasi optimum pada metode maserasi berbantu gelombang ultrasonik adalah 15 menit untuk lima varietas yaitu Red, Abbang, Baret Merah, Mira, serta Clara. Untuk varietas Delima waktu radiasi optimum tercapai pada 5 menit. Absorbansi pigmen merah-ungu pada maserasi 24 jam dan maserasi berbantu gelombang ultrasonik dibandingkan. Hasil penelitian menunjukkan maserasi berbantu gelombang ultrasonik lebih efektif dibandingkan maserasi 24 jam untuk ekstraksi pigmen merah-ungu dari enam varietas bayam merah. Untuk mendapatkan hasil ekstraksi pigmen merah-ungu dengan nilai absorbansi yang sama dengan maserasi 24 jam, waktu radiasi gelombang ultrasonik dapat ditingkatkan 15 – 95 menit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Brawijaya yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Peneliti Pemula. Penulis juga berterima kasih kepada Bapak Akhmad Sabarudin atas bimbingan selama menulis artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Amchova, P., Kotolova, H., dan Ruda-Kucerova, J. (2015). Health Safety Issues of Synthetic Food

- Colorants. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 73(3), 914–922.
- Cacace, J.E. dan Mazza, G. (2003). Mass Transfer Process During Extraction of Phenolic Compounds from Milled Berries. *Journal of Food Engineering*, 59, 379–389.
- Demirdöven, A., Özdoğan, K., dan Erdogan-Tokatli, K. (2015). Extraction of Anthocyanins from Red Cabbage by Ultrasonic and Conventional Methods: Optimization and Evaluation. *Journal of Food Biochemistry*, 39, 491–500.
- Dhawan, D. dan Gupta, J. (2016). Comparison of Different Solvents for Phytochemical Extraction Potential from *Datura metel* Plant Leaves. *International Journal of Biological Chemistry*, 11(1), 17–22.
- Dutta, B.K. (2007). *Principles of Mass Transfer and Separation Processes*. New Delhi, India: Prentice-Hall of India.
- Feketea, G. dan Tsabouri, S. (2017). Common Food Colorants and Allergic Reaction in Children: Myth or Reality? *Food Chemistry*, 230, 578–588.
- Fernández-López, J.A., Fernández-Lledó, V., dan Angosto, J.M. (2020). New Insights into Red Plant Pigments: More than Just Natural Colorants. *RSC Advances*, 10, 24669–24682.
- García-Falcon, M.S., Pérez-Lamela, C., Martínez-Carballo, E., dan Simal-Gándara, J. (2007). Determination of Phenolic Compounds in Wines: Influence of Bottle Storage of Young Red Wines on Their Evolution. *Food Chemistry*, 105, 248–259.
- Giusti, M.M. dan Wrolstad, R.E. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocol in Food Analytical Chemistry*, 00(1), F.1.2.1–F.1.2.13.
- Golmohamadi, A., Möller, G., Powers, J., dan Nindo, C. (2013). Effect of Ultrasound Frequency on Antioxidant Activity, Total Phenolic, and Anthocyanin Content of Red Raspberry Puree. *Ultrasonic Sonochemistry*, 20, 1316–1323.
- Hake, S. dan Quinn, J. (2008). Anthocyanin Colorants from Fruits and Vegetables dalam *Color Quality of Fresh and Processed Foods*, Editor: Culver, C.A. dan Wrolstad, R.E. Michigan: American Chemical Society.
- Herodež, Š.S., Hadolin, M., Škerget, M., dan Knez Ž. (2003). Solvent Extraction Study of Antioxidants from Balm (*Melissa officinalis* L.) leaves. *Food Chemistry*, 80, 275–282.
- Joshi, V. K. dan Preema Devi, M. (2014). Optimization of Extraction Treatment and Concentration of Extract on Yield and Quality of Anthocyanins from plum var. ‘Santa Rosa’. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 5(2), 171–175.
- Khanh, N.D. (2015). Advances in the Extraction of Anthocyanin from Vegetables. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 3(1-2), 126–134.
- Pebrianti, C., Ainurrasyid, R.B., and Purnamaningsih, S.L. (2015). Uji Kadar Antosianin dan Hasil Enam Varietas Tanaman Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss). *Jurnal Produksi Tanaman*, 3(1), 27–33.
- Pinela, J., Prieto, M.A., Pereira, E., Jabeur, I., Barreiro, M.F., Barros, L., dan Ferreira, I.C.F.R. (2019). Optimization of Heat- and Ultrasound-assisted extraction of anthocyanins from Hibiscus sabdariffa calyces for Natural Food Colorants. *Food Chemistry*, 275, 309–321.
- Saini, R.K. dan Keum Y.S. (2018). Carotenoid Extraction Methods: A Review of Recent Development. *Food Chemistry*, 240, 90–103.
- Sigurdson, G.T., Tang, P., dan Giusti, M.M. (2001). Natural Colorants: Food Colorants from Natural Sources. *Annual Review of Food Science and Technology*, 8, 261–280.
- Silva, S., Costa, E.M., Calhau C., Morais R.M., dan Pintado, M. (2017). Anthocyanin Extraction from Plant Tissues: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(14), 3072–3083.
- Voith, M. (2008). Coloring Food, Naturally. *Chemical and Engineering News*, 86(50), 18–19.