

EKSTRAKSI SENYAWA ANTOSIANIN DARI KULIT BUAH NAGA MERAH (*Hylocereus polyrhizus*) MENGGUNAKAN METODE MICROWAVE ASSISTED HYDRODISTILLATION (MAHD)

ANTHOCYANIN EXTRACTION FROM THE PERICARP OF RED PITAYA (*Hylocereus polyrhizus*) USING MICROWAVE ASSISTED HYDRODISTILLATION (MAHD) METHOD

Qifni Yasa' Ash Shiddiqi^{1*}, Risya Fauziatul Apriyani¹, Dista Kusuma¹, Achmad Dwitama Karisma²

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani
Jl. Terusan Jenderal Sudirman, Cimahi, Indonesia

²Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS Sukolilo, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Indonesia

*email: qifni.yasa@lecture.unjani.ac.id

(Received: 30 April 2021; Reviewed: 19 Mei 2021; Accepted: 14 Juni 2021)

Abstrak

Maraknya pemakaian pewarna sintesis pada tekstil maupun makanan menjadi permasalahan yang serius di Indonesia. Pewarna sintesis sendiri dapat digantikan oleh pewarna alami yang lebih aman untuk kesehatan. Pewarna alami dapat dihasilkan, salah satunya dengan memanfaatkan kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). Kulit buah naga merah memiliki kandungan antosianin sebesar 186,90 mg/100gram. Pengambilan senyawa antosianin biasanya dilakukan dengan menggunakan beberapa jenis metode ekstraksi. Pada penelitian ini digunakan metode ekstraksi integrasi *Microwave Assisted Hydrodistillation (MAHD)*. Ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut etanol-air (rasio 4:1), ukuran bahan $\leq 0,25$ mm dengan variasi waktu ekstraksi 2, 4, dan 6 menit. Dari penelitian didapatkan kondisi ekstraksi maksimum berada di waktu 4 menit pada metode MAHD dengan konsentrasi antosianin sebesar 52,184 (mg/100g).

Kata Kunci: Antosianin, Microwave, Distilasi, Ekstraksi, Kulit Buah Naga Merah

Abstract

One of the problems in Indonesia is the use of synthetic dyes in textiles and food. Synthetic dyes themselves can be replaced by natural dyes that are safer for health. Natural dyes can be produced from the pericarp of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*). The pericarp of the red pitaya has an anthocyanin content of 186.90 mg/100gram. The taking of anthocyanin compounds is usually done using several types of extraction methods. This study used *Microwave-Assisted Hydrodistillation (MAHD)* method. This method can utilize microwaves to extract natural material compounds. Extraction is performed using ethanol-water solvent (4:1 ratio), material size of ≤ 0.25 mm with variations in extract time of 2, 4, and 6 minutes. This research discovered that the optimum conditions were at 4 minutes in the MAHD method with an anthocyanin concentration of 52,184 (mg/L).

Keywords: Anthocyanin, Microwave, Distillation, Extraction, Red Pitaya Pericarp

1. PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan di Indonesia adalah pemakaian pewarna sintetis pada tekstil maupun makanan. Pewarna alami dapat dijadikan alternatif pengganti pewarna sintetis yang lebih aman bagi kesehatan. Pewarna alami dapat dihasilkan dari buah-buahan dan tanaman lainnya, salah satunya dengan memanfaatkan kulit buah naga merah. Buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) merupakan buah pendatang yang berasal dari daerah beriklim tropis kering yang disukai oleh masyarakat karena memiliki khasiat, manfaat serta nilai gizi yang cukup tinggi. Pertumbuhan buah naga dipengaruhi oleh temperatur, *humidity*, curah hujan, dan keadaan tanah. Buah naga saat ini telah banyak dikembangkan di Indonesia seperti di Jember, Malang, Pasuruan dan daerah lainnya (Harjanti, 2016).

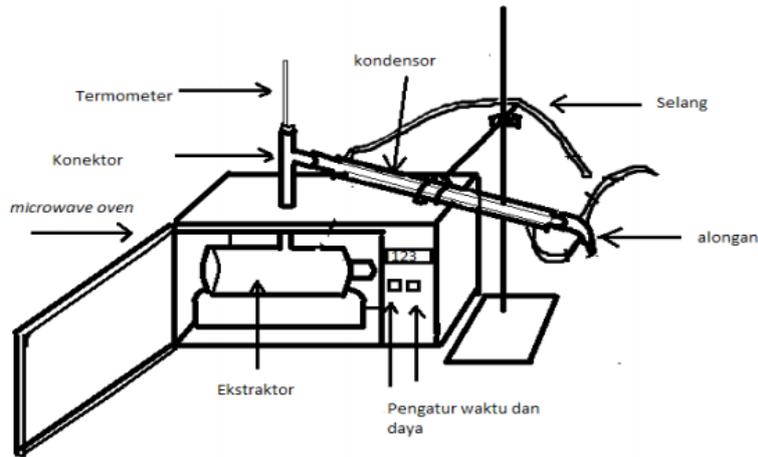
Sekitar 30-35% bagian dari buah naga merah merupakan kulit buah yang hanya dibuang sebagai sampah, sehingga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Hal tersebut sangat disayangkan karena kulit buah naga merah memiliki kandungan antosianin, vitamin C, vitamin E, flavonoid, terpenoid, fenolik, karoten, pektin dan fitoalbumin (Jaafar *et al.*, 2009). Menurut penelitian *Jaafar et al.*, (2009), antosianin memiliki manfaat sebagai sumber antioksidan dan pewarna alami untuk pangan yang dijadikan alternatif pengganti pewarna sintesis yang lebih aman bagi kesehatan. Senyawa antosianin dapat di pada kulit buah naga merah dapat dilakukan dengan cara ekstraksi. Salah satunya dengan menggunakan metode integrasi *Microwave Assisted Extraction (MAE)* dan distilasi yang sering disebut *Microwave Assisted Hydrodistillation (MAHD)*. Kelebihan metode ekstraksi ini diantaranya ramah lingkungan, efisiensi ekstrak yang tinggi, pengurangan volume pelarut yang cukup, efektivitas waktu yang relatif cepat, yield ekstrak yang tinggi dan kemudahan dalam penggunaannya (Pena-Pereira dan Tobiszewski, 2017) Selain itu, pelarut yang digunakan adalah etanol agar dapat mempermudah pemisahan berdasarkan titik didih pada metode distilasi.

Tujuan penelitian ini yaitu mendapatkan konsentrasi antosianin dari ekstrak kulit buah naga merah, memahami pengaruh kondisi operasi yang optimum pada MAE maupun MAHD menggunakan pelarut etanol-air, dan mengetahui warna-warna yang dihasilkan dari ekstrak kulit buah naga merah. Sedangkan manfaat penelitian ini yaitu memberi informasi manfaat senyawa antosianin dari kulit buah naga merah dan konsentrasi antosianin maksimum yang didapat dari ekstrak kulit buah naga merah menggunakan metode MAHD.

2. METODOLOGI

2.1. Tahap Persiapan Bahan dan Proses Ekstraksi MAE dan MAHD

Bahan baku (kulit buah naga merah) penelitian ini diperoleh dari limbah usaha minuman jus atau salad buah di sekitar kota Cimahi. Metode ekstraksi yang digunakan adalah MAE dan MAHD, secara sederhana, MAHD adalah pembaharuan metode MAE dengan penambahan integrasi proses distilasi selama proses ekstraksi berlangsung. Pada proses preparasinya, kulit buah naga merah harus dalam kondisi kering sehingga kulit buah naga merah perlu melalui proses *drying*. Pertama-tama, kulit buah naga merah dipotong-potong menggunakan pisau menjadi beberapa bagian dan dikeringkan menggunakan *oven* dengan temperatur 50°C selama 24 jam. Bahan yang sudah dikeringkan kemudian dikecilkan ukurannya secara kasar menggunakan *blender*. Setelah kulit buah naga merah diperkecil dilanjutkan dengan proses pengayakan untuk memilah dan menyeragamkan ukuran kulit buah naga menjadi ≤ 0.25 mm. Bahan baku yang sudah berukuran ≤ 0.25 mm kemudian dicampur dengan pelarut etanol 95% - air dan diaduk menggunakan *stirrer* selama 10 menit sebagai perlakuan awal untuk mengurangi resiko ekstraksi MAHD yang terlalu lama. Setelah itu campuran diekstrak menggunakan rangkaian alat MAHD (Gambar 1). Ekstraksi menggunakan metode MAHD dilakukan berdasarkan perbandingan pelarut etanol:air (4:1) selama 2, 4 dan 6 menit. Ekstrak kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatman nomor 42 untuk memisahkan ekstrak dan residu. Kemudian dilakukan analisa pengujian senyawa antosianin menggunakan alat Spektrofotometri UV-Vis pada sampel kulit buah naga merah.



Gambar 1. Rangkaian alat *Microwave-Assisted Hydrodistillation (MAHD)*

2.2. Tahap Analisa Kandungan Total Antosianin

Langkah pertama yang dilakukan tahap pengenceran. Ketepatan pengenceran sampel adalah aspek yang penting dalam penentuan kandungan antosianin. Sampel dipersiapkan terlebih dahulu dengan cara melarutkan ekstrak kulit buah naga merah dengan larutan penyangga KCl (pH=1) kemudian pada panjang gelombang 510 nm diukur absorbansinya, absorbansi harus lebih kecil dari 1,2. Selanjutnya diukur absorbansi aquades pada panjang gelombang yang akan digunakan (510 dan 700 nm) untuk mencari titik nol. Panjang gelombang 510 nm adalah panjang gelombang maksimum sianidin-3 glukosida, sedangkan panjang gelombang 700 nm untuk mengoreksi endapan yang masih terdapat pada sampel, Jika sampel benar-benar jernih maka absorbansi pada 700 nm adalah 0. Dua larutan sampel disiapkan, sampel pertama digunakan larutan buffer KCl dengan pH 1 dan untuk sampel kedua digunakan buffer Natrium sitrat dengan pH 4,5. Masing-masing sampel dilarutkan dengan larutan buffer berdasarkan DF (*dilution factor*) yang sudah ditentukan sebelumnya. Sampel yang dilarutkan menggunakan larutan buffer pH 1 didiamkan selama 1 jam sebelum dianalisa, sedangkan untuk sampel yang dilarutkan dengan buffer pH 4,5 siap dianalisa setelah dibiarkan bercampur selama 5 menit. Absorbansi dari setiap larutan pada anjang gelombang 510 dan 700 nm diukur dengan buffer pH 1 dan buffer 4,5 sebagai blankonya (Lee, Durst dan Wrolstad, 2005; Anggraeni, Ramdanawati dan Ayuantika, 2018) Absorbansi dari sampel yang telah dilarutkan. Penentuan nilai absorbansi sampel (A) dengan perhitungan berikut:

$$A = (A_{vis-max} - A_{700})_{1,0} - (A_{vis-max} - A_{700})_{4,5} \quad (1)$$

Menghitung konsentrasi antosianin (mg/100g)

$$C_{antosianin} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times L \times W} \quad (2)$$

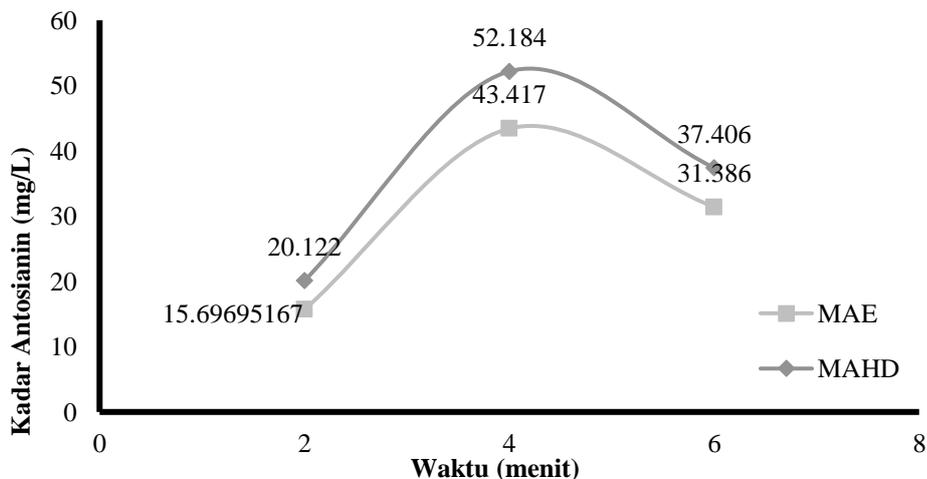
2.3. Tahap Analisa Karakteristik Warna

Untuk mendapatkan warna yang diinginkan pada hasil ekstrak senyawa antosianin dapat diukur menggunakan kisaran pH 1-14. Dimasukkan 1 mL sampel ke dalam labu ukur labu ukur 5 mL kemudian ditambahkan 4 mL larutan *buffer* kalium klorida (0,025 M) untuk pH 1-4, dan *buffer* natrium asetat (0,4 M) untuk pH 5-14. Ditambahkan larutan NaOH dengan konsentrasi 0,5 M, 2 M, 16 M atau menambahkan 1,5 M HCl untuk pengaturan pada pH. Selama 60 menit sampel diinkubasi di ruang tertutup pada suhu kamar. Kemudian dilakukan pengamatan Panjang gelombang sinar tampak dengan menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 200-700 nm (Mahmudatussa'adah *et al.*, 2014).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan kajian mendalam terkait pengaruh waktu ekstraksi terhadap kandungan antosianin di dalam ekstrak kulit buah naga merah, paparan gelombang mikro yang berlebihan walau pada temperatur rendah dapat menyebabkan penurunan konsentrasi antosianin yang diekstrak. Untuk mengurangi resiko waktu yang terlalu lama terpapar gelombang mikro perlu dilakukan *pretreatment* sebelum ekstraksi yakni dengan mengontakkan terlebih dahulu bahan baku kulit buah naga merah dengan pelarut etanol-air menggunakan metode pengadukan menggunakan stirrer, sehingga diharapkan sudah terjadi proses inisiasi pelepasan antosianin dari sel kulit buah naga merah (Chan *et al.*, 2011).

3.1. Pengaruh waktu ekstraksi terhadap Konsentrasi Antosianin



Gambar 2. Pengaruh waktu ekstraksi terhadap konsentrasi antosianin dalam ekstrak pada metode MAE dan MAHD

Berdasarkan hasil penelitian yang ditampilkan pada Gambar 2, konsentrasi terbesar berada di waktu 4 menit pada metode MAHD dengan konsentrasi sebesar 52,184 mg/100g, dapat dilihat pada waktu menit ke-2 dan ke-4 bahwa pada masing-masing metode, konsentrasi antosianin mengalami kenaikan sebanding dengan kenaikan waktu ekstraksi, peningkatan tersebut dikarenakan pada awal waktu ekstraksi, pelarut berpeluang untuk dapat menarik kadar senyawa antosianin yang berada pada kulit buah naga merah dan juga lamanya waktu ekstraksi akan menyebabkan proses radiasi gelombang mikro terhadap bahan menjadi semakin lama. Namun, terjadi anomali pada variasi waktu menit ke-6, konsentrasi antosianin mengalami penurunan, hal tersebut dikarenakan adanya pemanasan yang terlalu lama menyebabkan proses perpindahan masa atau kecepatan difusi akan semakin besar yang menyebabkan pigmen antosianin terdegradasi. Senyawa antosianin merupakan bahan yang sensitif terhadap panas sehingga waktu paparan yang terlalu lama dapat meningkatkan resiko degradasi senyawa antosianin hasil ekstraksi. Untuk mengatasi degradasi pada senyawa antosianin bisa dilakukan siklus ekstraksi dengan menambahkan bahan baku baru ke dalam rangkaian alat MAE-D pada waktu ekstraksi tertentu (Chan *et al.*, 2011)

Pelarut campuran antara etanol dan air merupakan pelarut pengekstrak yang baik untuk hampir semua senyawa yang memiliki berat molekul rendah, seperti antosianin (Arifianti, Oktarina dan Kusumawati, 2014) Hal tersebut dikarenakan etanol dan air merupakan pelarut bersifat polar sehingga mudah diserap oleh membran sel, dimana berfungsi untuk memecah membran yang terdapat pada permukaan jaringan kulit buah naga merah. Efeknya, semakin banyak jaringan pada kulit buah naga merah yang dipecahkan, maka kadar antosianin yang dihasilkan akan semakin banyak (Zhang dan Jing, 2020; Markakis, 1982).

3.2. Perbandingan Metode Ekstraksi

Penelitian ini menggunakan 2 jenis metode yaitu metode MAE dan MAHD. Ekstrak antosianin yang dihasilkan kemudian dianalisa (secara kuantitatif) dengan spektrofotometri menggunakan alat *spektrofotometer UV-Vis* metode perbedaan pH, setelah itu dapat diketahui absorbansinya dengan panjang gelombang yang telah ditentukan. Dari hasil penelitian diperoleh kandungan antosianin maksimum dari kulit buah naga merah pada waktu ekstraksi menit ke-4 dengan metode MAHD sesuai dengan Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kandungan antosianin maksimum pada berbagai metode ekstraksi

No	Metode Ekstraksi	Waktu Ekstraksi (menit)	Kandungan Antosianin (mg/100g)
1	<i>Microwave Assisted Extraction (MAE)</i>	4	43,417
2	<i>Microwave-Assisted Hydrodistillation (MAHD)</i>	4	52,184
3	<i>Microwave^a</i>	6	28,11
4	<i>Maserasi^b</i>	1440	8,355

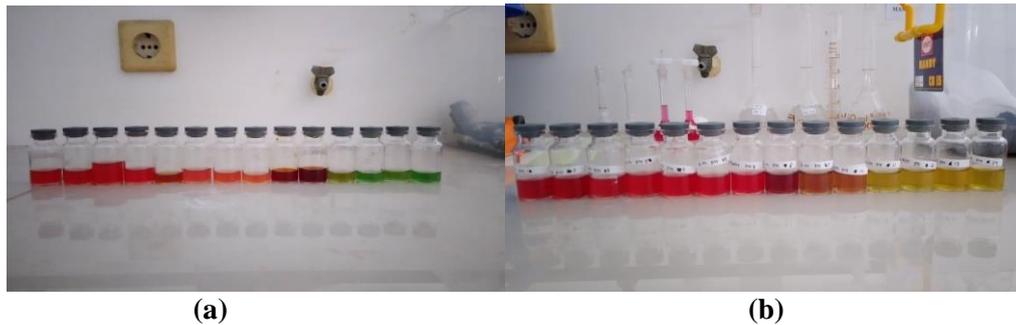
^aIngrath *et al.*, 2015; ^b Khuzaimah, 2018

Dapat dilihat pada Tabel 1. Memperlihatkan kandungan antosianin yang berhasil diekstrak dengan MAHD 2 kali lebih besar dari metode *Microwave* dan 7 kali lebih besar dari metode maserasi. Adanya kenaikan kadar antosianin pada metode MAHD disebabkan adanya proses hidrodistilasi yang memaksimalkan pemisahan berdasarkan perbedaan titik didih antara pelarut etanol-air dan ekstrak antosianin sehingga terjadi pemisahan antara pelarut dengan ekstrak yang menyebabkan kepekatan pada larutan dan menghasilkan nilai kadar antosianin yang lebih tinggi (Kusuma and Mahfud, 2017).

3.3. Analisa Karakteristik Warna

Tabel 2. Pengaruh pH terhadap warna yang dihasilkan dari ekstraksi kulit buah naga merah menggunakan metode MAE dan MAHD

pH	Warna MAE	Warna MAHD
1	Merah pekat	Merah pekat
2	Merah pekat	Merah pekat
3	Merah pekat	Merah pekat
4	Merah	Merah
5	Merah	Merah
6	Merah	Merah
7	Kuning	Merah-Keunguan
8	Kuning	Merah-Keunguan
9	Merah-Keunguan	Merah-Keunguan
10	Merah-Keunguan	Kuning
11	Kuning-Kehijauan	Kuning
12	Hijau	Kuning
13	Hijau	Kuning
14	Hijau	Kuning



Gambar 3. Hasil uji karakteristik warna ekstrak antosianin (a) metode MAE dan (b) metode MAHD pada berbagai pH

Dari Tabel 2 dan Gambar 3 diketahui bahwa warna yang dihasilkan dari senyawa antosianin menggunakan metode MAHD terdapat kesesuaian dengan karakteristik warna senyawa antosianin yang dipengaruhi pH yaitu pada pH 1-2 antosianin dominan dalam bentuk kation flavilium yang berwarna merah, pada pH 1-6 berubah menjadi karbinol dan sebagian menjadi kuinonoidal yang berwarna biru sehingga berwarna ungu, pada pH 6,5-9 dominan kuinonoidal yang berwarna biru, dan pada pH 10-14 kalkon yang berwarna kuning (Março *et al.*, 2011). Hal tersebut menunjukkan dan memvalidasi bahwa hasil ekstraksi menggunakan MAHD pada penelitian ini adalah senyawa antosianin. Hasil ini berbeda dengan metode MAE, terlihat perubahan warna yang tidak sesuai pada pH diatas 10 dikarenakan jumlah senyawa antosianin yang tidak terlalu besar serta mulai terbentuknya asam askorbat yang berpotensi memudahkan warna dan menurunkan stabilitas antosianin, ditambah lagi sifat senyawa antosianin yang sangat sensitif terhadap cahaya maka antosianin harus disimpan di tempat yang gelap dan suhu dingin (Fang, 2015).



Gambar 4. Hasil pengujian warna pada kain

Hasil ekstraksi kandungan senyawa antosianin dilakukan pengujian warna pada kain dengan cara perendaman selama 24 jam. Setelah dikeringkan dan dicuci kembali dapat dilihat pada Gambar 4 bahwa warna yang dihasilkan mengalami perubahan menjadi lebih pudar. Hal ini dikarenakan stabilitas pigmen antosianin yang dihasilkan rendah yang menyebabkan adanya perubahan warna. (Rahajeng dan St A, 2016). Untuk meningkatkan kestabilan pewarnaan antosianin pada pengaplikasian sebagai pewarna sintetis dapat digunakan beberapa metode, salah satunya dengan penambahan komponen *copigment* seperti whey protein atau pektin. *copigment* tersebut akan menghambat pembentukan asam askorbat yang dapat mendegradasi kemampuan pewarnaan antosianin (Cortez *et al.*, 2017).

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ekstraksi senyawa antosianin dari kulit buah naga merah (*Hylocerus polyrhizus*) menggunakan MAHD menghasilkan ekstrak yang memiliki kandungan antosianin terbesar dibandingkan metode ekstraksi lainnya (MAE dan maserasi). Kondisi

ekstraksi maksimum berada di waktu 4 menit pada metode MAHD dengan konsentrasi antosianin sebesar 52,184 mg/100g. Ekstrak yang dihasilkan menggunakan metode MAHD memiliki kesesuaian karakteristik warna jika diamati dengan perubahan pH dari 1 ke 14 namun stabilitas antosianin sebagai zat pewarna masih rendah sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut terkait uji stabilitas antosianin sebagai pigmen pemberi warna pada tekstil atau makanan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian dapat dilakukan atas dukungan dana dari LPPM Univ. Jenderal A. Yani melalui hibah kompetitif UNJANI tahun 2020

NOTASI

A	= absorbansi sampel
C	= konsentrasi antosianin
MW	= berat molekul dihitung sebagai sianidin-3glukosida (MW = 449,2) (g/mol)
DF	= Faktor Kelarutan
V	= volume larutan induk sampel (mL)
W	= berat ekstrak sampel (gram)
L	= lebar kuvet = 1 cm
ϵ	= absorptivitas molar sianidin-3-glukosida=26.900 L/(mol.cm)

DAFTAR PUSTAKA

- Angraeni, V. J., Ramdanawati, L. dan Ayuantika, W. (2018) 'Penetapan Kadar Antosianin Total Beras Merah (*Oryza nivara*)', *Jurnal Kartika Kimia*. doi: 10.26874/jkk.v1i1.11.
- Arifianti, L., Oktarina, R. D. dan Kusumawati, I. (2014) 'Pengaruh Jenis Pelarut Pengekstraksi Terhadap Kadar Sinensetin Dalam Ekstrak Daun *Orthosiphon stamineus* Benth', *E-Journal Planta Husada*.
- Chan, C. H., Rozita, Y., Gek-Cheng, N., dan Fabian, W.K. (2011) 'Microwave-assisted extractions of active ingredients from plants', *Journal of Chromatography A*. doi: 10.1016/j.chroma.2011.07.040.
- Cortez, R., Diego, A. L., Daniel, M., dan Elvira, G. (2017) 'Natural Pigments: Stabilization Methods of Anthocyanins for Food Applications', *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(1), pp. 180–198. doi: 10.1111/1541-4337.12244.
- Fang, J. (2015) 'Classification of fruits based on anthocyanin types and relevance to their health effects', *Nutrition*, 31(11–12), pp. 1301–1306. doi: 10.1016/j.nut.2015.04.015.
- Harjanti, R. S. (2016) 'Optimasi Pengambilan Antosianin dari Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Sebagai Pewarna Alami pada Makanan', *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 3(2), p. 39. doi: 10.26555/chemica.v3i2.5922.
- Ingrath, W., Wahyunanto, A. N., dan Rini, Y. (2015) 'Ekstraksi Pigmen Antosianin Dari Kulit Buah Naga Merah', *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 3 (3). Available at: <https://jbkt.ub.ac.id/index.php/jbkt/article/view/182> (Accessed: 30 April 2021).
- Jaafar, R. A., Ahmad, R. B. A. R., Nor Zaini, C. M., dan R. Vasudevan (2009) 'Proximate analysis of dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*)', *American Journal of Applied Sciences*, 6(7). doi: 10.3844/ajassp.2009.1341.1346.
- Khuzaimah, S. (2018) 'Uji Stabilitas Pigmen Hasil Ekstraksi Zat Warna Alami Dari Kulit Buah Naga (*Hylocereus Undatus*)', *JTI*, 2(2). Available at: <https://ejournal.unugha.ac.id/index.php/jti-unugha/article/view/154> (Accessed: 30 April 2021).
- Kusuma, H. S. dan Mahfud, M. (2017) 'Microwave-assisted hydrodistillation for extraction of essential oil from patchouli (*Pogostemon cablin*) leaves', *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 61(2). doi: 10.3311/PPch.8676.

- Lee, J., Durst, R. W. dan Wrolstad, R. E. (2005) 'Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study', *Journal of AOAC International*, 88(5). doi: 10.1093/jaoac/88.5.1269.
- Mahmudatussa'adah, A., Dedi, F., Nuri, A., dan Feri, K. (2014) 'Karakteristik Warna Dan Aktivitas Antioksidan Antosianin Ubi Jalar Ungu [Color Characteristics and Antioxidant Activity of Anthocyanin Extract from Purple Sweet Potato]', *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 25(2), pp. 176–184. doi: 10.6066/jtip.2014.25.2.176.
- Março, P. H., Ronei, J.P., Ieda, S. S., dan Roma, T. (2011) 'Investigation of the pH effect and UV radiation on kinetic degradation of anthocyanin mixtures extracted from Hibiscus acetosella', *Food Chemistry*, 125(3). doi: 10.1016/j.foodchem.2010.10.005.
- Markakis, P. (1982) 'Stability of Anthocyanins in Foods', in *Anthocyanins As Food Colors*. doi: 10.1016/b978-0-12-472550-8.50010-x.
- Pena-Pereira, F. dan Tobiszewski, M. (2017) 'The Application of Green Solvents in Separation Processes', *The Application of Green Solvents in Separation Processes*. doi:10.1016/B978-0-12-805297-6.00009-7
- Rahajeng, W. dan St A, R. (2016) 'Studi Pewarisan Antosianin Ubi Jalar pada Populasi F1 dari Tiga Kombinasi Persilangan Ayamurasaki', in *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*.
- Zhang, N. dan Jing, P. (2020) 'Anthocyanins in Brassicaceae: composition, stability, bioavailability, and potential health benefits', *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. doi: 10.1080/10408398.2020.1852170.