

Review: Pigmen Betalain sebagai Sumber Pewarna Alami dan Stabilitasnya terhadap Pengaruh Lingkungan

Betalain Pigments as Natural Colorant and Its Stability against Environmental Influences: a Review

¹Ririn Betris Fatjria, Winda Nurtiana, Dinar Arum Ningtias, Andini Risma Dewi Subianto, Nauval Alhazazie, Nanda Kurniauli P, Giberto Siburian

¹Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jalan Raya Palka Km.3 Sindangsari Pabuaran, Kabupaten Serang, Banten

Corresponding author: winda@untirta.ac.id

Riwayat Artikel: Dikirim 13 Desember 2022; Diterima 13 Desember 2022; Diterbitkan 20 April 2023

DOI: <https://doi.org/10.26714/jpg.13.1.2023.1-7>

Abstrak

Betalain merupakan salah satu zat warna alami yang dapat ditemukan di dalam tumbuhan. Warna yang ditunjukkan oleh betalain adalah berwarna merah-ungu dan kuning-oranye. Stabilitas betalain dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu suhu, waktu, pH, intensitas cahaya, kation logam dan oksigen. Suhu dapat mempengaruhi kestabilan pigmen warna betalain dimana betalain dapat bertahan hingga suhu 60°C. Setelah melewati batas suhu tersebut, betalain mulai mengalami perubahan warna menjadi lebih pudar, khususnya pada suhu 80°-100°C. Lamanya waktu pemanasan juga mempengaruhi pigmen betalain karena pigmen akan terdegradasi. Selain itu, hidrolisis air juga berperan penting terhadap kerusakan pigmen pada betalain dengan memutus ikatan N=C akan menyebabkan pigmen terdekomposisi menjadi asam betalamat dan siklo-DOPA-5-O-β-glukosida. Derajat keasaman (pH) juga dapat menyebabkan betalain terdegradasi di bawah pH 2 dan diatas pH 9. Pada pH di atas 8, akan menunjukkan adanya pelepasan pada asam betalamat. Dalam degradasi betalain, oksigen merupakan salah satu faktor kritis, maka dari itu oksigen juga mempengaruhi pigmen betalain. Pencegahan degradasi pigmen betalain dapat dilakukan dengan penambahan asam askorbat, penghilangan oksigen, dan penambahan EDTA.

Kata kunci: Betalain, Stabilitas, Pencegahan Degradasi, Pewarna Alami.

Abstract

Betalain is one of the natural colorant that can be found in plants. The colors shown by betalain are red-purple and yellow-orange. Betalain stability is influenced by several factors, namely temperature, time, pH, light intensity, metal cations and oxygen. Temperature can affect the stability of betalain color pigments where betalain can last up to 60°C. After passing this temperature limit, betalain begins to change color to become more faded, especially at temperatures of 80°-100°C. The length of heating time also affects the betalain pigment because the pigment will be degraded. In addition, water hydrolysis also plays an important role in pigment damage in betalain by breaking the N=C bond which will cause the pigment to decompose into betalamic acid and cyclo-DOPA-5-O-β-glucoside. The degree of acidity (pH) can also cause betalain to degrade below pH 2 and above pH 9. At pH above 8, it will indicate the release of betalamic acid. In betalain degradation, oxygen is one of the critical factors, therefore oxygen also affects betalain pigments. Prevention of betalain pigment degradation can be done by adding ascorbic acid, removing oxygen, and adding EDTA.

Keywords: Betalains, Stability, Degradation Prevention, Natural Colorant.

PENDAHULUAN

Betalain adalah pigmen merah-ungu dan kuning oranye yang ditemukan dalam buah, bunga, dan jaringan vegetatif. Betalain merupakan salah satu zat warna

turunan dari antosianin, namun terdapat perbedaan pada struktur kimia dari masing-masing pigmen. Penelitian Sari *et al.*, (2018) menyatakan bahwa di dalam betalain terdapat ikatan nitrogen, sedangkan

antosianin tidak memiliki ikatan nitrogen di dalamnya. Sifat ini berarti bahwa pigmen betalain dan antosianin tidak pernah ditemukan di tanaman yang sama.

Betalain terdiri dari dua kelas senyawa yaitu betaxanthins dan betacyanins. Dari asam beta-laminat betaxanthines diperoleh dengan konjugasi dengan berbagai amina dan asam amino, dan betacyanin diperoleh dengan kondensasi asam beta-laminat dengan siklohidroksifenilalanin (siklo-DOPA). Ethaxanthin berwarna kuning dengan spektrum serapan maksimum berpusat pada 480 nm, sedangkan betasianin berwarna ungu dengan spektrum serapan pada 536 nm. Betalain menarik penyerbuk dan penyebar hewan, melindungi dari cahaya dan memberi toleransi terhadap kekeringan dan tekanan garam. Betalain memiliki sifat antioksidan dan radikal bebas yang tinggi dan digunakan sebagai makanan komersial (Timoneda *et al.*, 2019).

Sari (2016) menyatakan betalain adalah salah satu pemberi warna alami yang dimanfaatkan dalam sistem pangan. Pigmen ini sering ditemukan pada buah yang terdapat warna merah keunguan seperti pada buah naga dan buah bit. Manfaat dari pigmen betalain adalah memiliki sifat anti radikal dan kaya akan antioksidan yang dapat menangkal radikal bebas dalam tubuh apabila dikonsumsi (Shafira dan Ayu, 2019). Namun dibanding pigmen lain seperti antosianin dan karotenoid, pigmen ini jarang digunakan dalam sistem pangan.

Ariadanti *et al.*, (2015) menyebutkan bahwa alasan pigmen betalain jarang digunakan dalam sistem pangan adalah karena pigmen betalain sangat mudah terdegradasi baik terhadap suhu, cahaya, maupun oksigen, dan lain sebagainya, tidak stabil terhadap suhu panas, dan memiliki tingkat kestabilan struktur senyawa yang rendah. Menurut Sari (2016), degradasi pigmen betalain merupakan perombakan zat warna dari struktur warna yang baik menjadi warna yang mengindikasikan

kerusakan. Kerusakan warna pada betalain tergantung pada derajat keasaman (pH), apabila pH lingkungan terkategori sebagai asam maka akan berubah warna menjadi lebih gelap. Sedangkan apabila pH lingkungan terkategori sebagai basa maka warna akan berubah menjadi lebih pucat.

Pada dasarnya pigmen betalain merupakan zat warna yang berpotensi dalam industri pangan sebab pigmentasinya yang berkualitas baik. Namun kekurangan dari pigmen ini yaitu memiliki stabilitas yang rendah terhadap berbagai faktor.

SIFAT BETALAIN

Pigmen betalain termasuk senyawa polar atau hidrofilik (larut dalam air) sehingga dapat diekstraksi oleh alkohol. Dalam betalain terdapat kandungan atom campuran antara betasianin kuning dan merah. Penggunaan betalain banyak ditemukan pada dunia industri makanan karena betalain merupakan zat warna alami pertama yang dikembangkan (Sari *et al.*, 2018)

Stabilitas pigmen betalain dipengaruhi oleh dua hal yaitu oleh suhu dan pH. Dari Penelitian Asra *et al* (2019), menunjukkan bahwa betalain cenderung stabil pada suasana asam dengan pH 4-6 dan suhu pemanasan di bawah 40°C. Jika betalain berada pada suhu tinggi dan pH kritis, maka akan mengalami hidrolisis, sedangkan pada pH rendah akan terjadi deglikolisasi. Didukung oleh Moldovan dan David (2014) yang telah melakukan penelitian dan diperoleh data bahwa ketika betalain diberi perlakuan dengan tiga suhu yang berbeda, misal pada temperatur 20°, 25°, dan 75°C, diperoleh bahwa pigmen betalain yang dengan diberi perlakuan suhu sebesar 75°C akan mengalami degradasi. Degradasi merupakan reaksi dari perubahan kimia atau penguraian suatu senyawa molekul menjadi lebih sederhana secara bertahap.

Menurut Sari (2018) langkah awal terjadinya degradasi pada zat warna betalain

disebabkan reaksi hidrolisis oleh air terhadap senyawa betalain, pada tahap tersebut akan menghasilkan siklo-DOPA-5-O- β -glukosida dan senyawa berwarna kuning yang disebut sebagai asam betalimat. Senyawa ini tidak dapat meregenerasi karena asam betalimat tidak tahan akan suhu tinggi. Pada proses degradasi ini menyebabkan pigmen betalain berubah dari merah menjadi kuning dan terjadi pengurangan absorbansinya.

PENGARUH SUHU TERHADAP STABILITAS BETALAIN

Zat warna betalain pada bahan pangan dapat terdegradasi pada rentang suhu tertentu. Apabila pigmen betalain telah terdegradasi, maka akan menunjukkan perbedaan warna yang cukup signifikan sehingga dapat dilihat dengan mata. Dalam penelitian Sari (2018) membuktikan bahwa betalain cenderung stabil pada suhu kamar, kestabilan pigmen warna betalain dapat bertahan hingga suhu 60°C. Setelah melewati batas suhu tersebut, betalain mulai mengalami perubahan warna menjadi lebih pudar, khususnya di suhu 80°-100°C yang menunjukkan bahwa warna merah dari pigmen betalain semakin menghilang.

Pada senyawa betasianin hilangnya zat warna akibat degradasi dapat disebabkan oleh adanya hidrolisis air. Suhu tinggi dapat menyebabkan betasianin mengalami pemutusan ikatan senyawa. Penelitian Asra *et al.*, (2020) menyatakan bahwa pada ikatan N=C reaksi hidrolisis akan menyebabkan terdekomposisinya pigmen betasianin menjadi asam betalimat dan *siklo-DOPA-5-O- β -glukosida*. Kenaikan suhu yang digunakan dapat secara perlahan menyebabkan reaksi hidrolisis. Perubahan warna yang ditunjukkan pada suhu 40°-100°C adalah dari merah menjadi merah muda menjadi oranye menjadi oranye pucat kemudian kuning hingga pigmen warna betasianin hampir menghilang sempurna.

PENGARUH WAKTU PEMANASAN TERHADAP STABILITAS BETALAIN

Selain pengaruh suhu, durasi waktu pemanasan juga dapat mempengaruhi degradasi pigmen betalain. Berdasarkan penelitian Nataliani *et al.*, (2018) penurunan pigmentasi warna merah dari betalain dapat disebabkan oleh lama pemanasan karena semakin lama zat warna dipanaskan, maka akan semakin tinggi suhu pemanasan sehingga semakin banyak ikatan N=C yang akan terhidrolisis. Selain itu, lama pemanasan juga akan menyebabkan isomerisasi, dekarboksilasi, atau pemecahan molekul. Hal ini dikarenakan, betasianin yang merupakan kelompok pigmen betalain merupakan pigmen yang memiliki kepekaan tinggi terhadap panas sehingga semakin lama dipanaskan maka semakin menurunkan intensitas warna pigmen.

PENGARUH pH TERHADAP STABILITAS BETALAIN

Intensitas warna pigmen betalain dapat dipengaruhi oleh tingkat keasaman (pH). Pada umumnya, betalain stabil pada pH 3 sampai 7, dan dapat terdegradasi di bawah pH 2 dan diatas pH 9. Pada pH di atas 8, akan menunjukkan adanya pelepasan pada asam betalimat (Slimen *et al.*, 2017). Beberapa studi telah menyebutkan bahwa kenaikan laju degradasi betalain dapat disebabkan oleh kenaikan pH yang digunakan. Sebagaimana dibuktikan dalam penelitian Asra *et al.*, (2020) bahwa perubahan warna dari pigmen betasianin dapat dilihat secara visual seiring dengan kenaikan pH yang memperlihatkan ketidakstabilan zat warna dari pigmen tersebut. Semakin tinggi pH maka semakin hilang warna merah dari pigmen betasianin. Hal ini dapat terjadi akibat reaksi pemutusan ikatan glikosida menjadi betanidin dari betasianin. Antara pigmen betasianin dengan glikosida dapat terjadi pemutusan ikatan yang dinamakan sebagai ikatan asetal. Ikatan asetal memiliki karakteristik mudah dipisahkan dengan

penambahan asam kuat salah satunya yaitu asam klorida (HCl).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Aanisah *et al.*, (2020) menunjukkan bahwa pH yang rendah akan membuat gugus kromofor dari betasianin menjadi tidak stabil dan warna merah pada betalain dapat berubah intensitasnya. Semakin rendah pH dapat membuat warna merah pada betalain berubah menjadi ungu, sedangkan semakin tinggi pH maka akan membuat warnanya menjadi kuning kecoklatan. Pada pH basa, akan terbentuk asam betalamik dan *siklo-Dopa* (betacyanins) atau senyawa amino (betaxanthins) akibat pemecahan betaian sehingga menyebabkan warna memudar (Skopinska *et al.* 2015). Pada percobaan yang dilakukan oleh Ravichandran *et al.* (2013) terhadap sampel buah bit, diketahui bahwa pH dapat mempengaruhi peningkatan stabilitas betasianin (termasuk ke dalam kelompok betalain) serta dapat menghindari terjadinya oksidasi oleh polifenoloksidase. Hal ini disebabkan pada buah bit merah, terdapat beberapa enzim endogen seperti polifenoloksidase dan peroksidase yang dapat memicu terjadinya degradasi betalain dan hilangnya pigmen.

PENGARUH INTENSITAS CAHAYA TERHADAP STABILITAS BETALAIN

Uji stabilitas betalain dapat dilakukan dengan bantuan alat bernama spektrofotometer yang dibaca pada panjang gelombang 532-554 nm. Hasil pembacaan dengan spektrofotometer memperlihatkan bahwa warna yang diserap adalah hijau sehingga warna komplementernya adalah ungu kemerahan. Stabilitas warna yang diserap dan ditampakkan dapat dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterima selama masa inkubasi (Harborne, 1987 dalam Rengku *et al.*, 2017).

Hal tersebut selaras dengan penelitian Lestario *et al.*, (2013) yang menyebutkan bahwa betalain stabil pada pH 3 sampai 7, dan dapat terdegradasi pada pH di bawah 2

dan diatas pH 9. Pada pH di atas 8, akan menunjukkan adanya pelepasan pada asam betalamat. Struktur betalain menjadi asam betalamat dan *siklo-DOPA-5-O-β-glukosida* dapat rusak karena energi yang dipancarkan oleh cahaya. Cahaya yang dimaksudkan tidak hanya berasal dari cahaya ruangan yaitu lampu, melainkan cahaya matahari pun juga dapat mempengaruhi laju degradasi pada pigmen betalain.

PENGARUH OKSIGEN TERHADAP STABILITAS BETALAIN

Dalam degradasi betalain, oksigen merupakan salah satu faktor kritis lain, hal ini disebabkan karena adanya pengaruh dengan degradasi faktor lain seperti adanya cahaya dan suhu (Barba-Espin *et al.* 2018). Berdasarkan penelitian Aanisah *et al.*, (2020) menyatakan bahwa oksigen dapat menyebabkan fotokatalis pada pigmen betalain. Diketahui bahwa fotokatalis menjadi faktor utama penyebab kerusakan pigmen betalain. Ketika betalain terkontaminasi dengan oksigen maka akan membuat betasianin bereaksi dengan molekul udara sehingga menyebabkan terjadinya degradasi zat warna dalam uji udara jenuh. Betalain akan bereaksi dengan oksigen di atmosfer yang menyebabkan adanya degradasi warna struktur betalain. Kehadiran oksigen biasanya dapat menyebabkan warna menjadi lebih gelap atau bahkan menghilang. Dengan adanya oksigen dapat menyebabkan betalain menjadi tidak stabil. Ketika konsentrasi oksigen meningkat stabilitas betalain akan menurun. Selain oksigen, degradasi pigmen juga dapat disebabkan oleh hidrogen peroksida. Namun, dengan adanya atmosfer nitrogen stabilitas betalain akan dianggap meningkat (Huang dan Elbe, 1987 dalam Hussain *et al.*, 2019).

PENINGKATAN STABILITAS BETALAIN ASAM ASKORBAT

Asam askorbat didefinisikan sebagai senyawa asam yang memiliki rumus molekul $C_6H_8O_6$ dan gugus kromofor yang

peka terhadap sinar. Menurut Cahyadi *et al.*, (2018) asam askorbat adalah senyawa asam yang memiliki kandungan antioksidan dan berfungsi mencegah terjadinya reaksi oksidasi, dalam kasus ini antioksidan berpengaruh nyata terhadap reaksi oksidasi yang dapat menyebabkan pigmen betalain mengalami degradasi. Pencegahan degradasi pigmen betalain dapat dilakukan dengan penambahan asam askorbat dengan konsentrasi tertentu. Penelitian Hasan (2017) menyebutkan penambahan asam askorbat dalam beberapa milligram dapat menjaga kestabilan warna pada pigmen sebab kandungan asam askorbat dapat mengikat zat warna agar tidak mudah hilang dan terdegradasi.

Namun kelemahan dari penambahan asam askorbat sebagai bentuk pencegahan pendegradasian pigmen betalain adalah tidak tahan lama. Aisya *et al.*, (2022) menyatakan bahwa ketika asam askorbat terkena air maka lapisan asam askorbat akan hilang dan asam askorbat akan mengalami reaksi oksidasi yang disebabkan oleh udara. Akibat dari oksidasi asam askorbat adalah cemaran dan faktor penyebab degradasi seperti oksigen, pH, cahaya, dan suhu kembali mempengaruhi stabilitas pigmen dan degradasi akan terjadi. Hasilnya bahan pangan tetap mengalami perubahan warna dari semula cerah menjadi gelap kecoklatan.

PENINGKATAN STABILITAS BETALAIN DENGAN PROSES VAKUM

Umumnya degradasi betalain disebabkan adanya oksigen yang berinteraksi dengan bahan pangan. Oleh sebab terdapat sebuah proses nontermal dengan cara menghilangkan oksigen di lingkungan sekitar bahan pangan yang mengandung betalain. Cara yang dilakukan adalah dengan membungkus bahan pangan dengan menggunakan plastik khusus makanan lalu oksigen disedot dengan menggunakan vakum. Sawicki, *et al.*, (2019) menyebutkan bahwa pemvakuman

melibatkan hilangnya sebagian besar oksigen dapat menurunkan resiko terjadinya degradasi dan dapat pula mengembalikan zat warna pada betalain yang telah terdegradasi. Didukung oleh penelitiannya dimana buah yang mengalami degradasi di vakum dan setelah divakum pigmen betalain mengalami peningkatan 20%.

PENINGKATAN STABILITAS BETALAIN DENGAN EDTA

Disebutkan sebelumnya bahwa persenyawaan logam dapat mempercepat terjadinya degradasi pigmen betalain. Cara untuk mencegah terjadinya degradasi yang disebabkan oleh logam adalah dengan penambahan senyawa etilen diamin tetraasetat (EDTA). Harera *et al.*, (2015) menyatakan bahwa EDTA merupakan salah satu jenis senyawa asam yang fungsinya sebagai agen pengkelat ion logam. Penelitian Skopińska *et al.*, (2012) menyebutkan bahwa dengan penambahan EDTA dapat mencegah terjadinya katalisis ion logam dan menurunkan terjadinya proses dekarboksilasi yang mampu menyebabkan terjadinya degradasi pada bahan pangan mengandung pigmen betalain. Hal ini disebabkan karena karakteristik dari EDTA mampu mengikat ion logam agar ion ini tidak menyebar ke unsur atau senyawa lain sehingga proses degradasi dapat dihambat.

KESIMPULAN

Semakin rendah pH maka akan membuat warna merah pada betalain berubah menjadi ungu, sedangkan semakin tinggi pH maka akan membuat warnanya menjadi kuning kecoklatan. Degradasi pigmen betalain dapat dicegah dengan penambahan asam askorbat, penghilangan oksigen, dan penambahan EDTA. Penambahan EDTA berfungsi karena mampu mengikat ion logam dan ion tidak menyebar ke unsur atau senyawa lain sehingga proses degradasi dapat dihambat. Dalam degradasi betalain oksigen

merupakan salah satu faktor kritis lain, disebabkan karena ada pengaruh seperti cahaya dan suhu.

DAFTAR PUSTAKA

- Aanisah, N., Sulastri, E., Yusriadi, Y., Friskilla, F., dan Syamsidi, A. 2020. Pemanfaatan Ekstrak Buah Kaktus (*Opuntia elatior* Mill.) sebagai Pewarna Alami pada Sediaan Lipstik. *Jurnal Sains dan Kesehatan*. 2(4): 391-398.
- Aisya, A. N., Susanti, S., Setiani, B. E. 2021. Efek Color Retention Agent pada Mi Basah dengan Pewarna Alami Cabai Merah (*Capsicum Annuum* L.) pada Karakteristik Fisikokimia. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*. 26(1): 105- 112.
- Ariadianti, A. T. R., Atmaka, W., dan Siswanto, S. 2015. Formulasi dan Penentuan Umur Simpan Fruit Leather Mangga (*Mangifera indica* L.) dengan penambahan Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) menggunakan Metode Accelerated Shelf Life Testing Model Arrhenius. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 16(3): 179-194.
- Asra, R., Azizah, Z., Yetti, R. D., Ratnasari, D., Chandra, B., Misfadhila, S., dan Nessa, N. 2020. Studi Fisikokimia Ekstrak Umbi Bit Merah (*Beta Vulgaris* L.) Sebagai Pewarna Pada Sediaan Tablet. *Jurnal Farmasi Higea*. 12(1) : 65-74.
- Barba-Espin, G., Glied-Olsen, S., Dzhanfezova, T., Joernsgaard, B., Lütken, H., dan Müller, R. 2018. Preharvest Application of Ethephon and Postharvest UV-B Radiation Improve Quality Traits of Beetroot (*Beta vulgaris* L. *ssp. vulgaris*) as Source of Colourant. *BMC Plant Biology*. 18(1): 1–12.
- Cahyadi, W., Gozali, T., dan Fachrina, A. 2018. Pengaruh Konsentrasi Gula Stevia dan Penambahan Asam Askorbat terhadap Karakteristik Koktil Bawang Dayak (*Eleutherine palmifolia*). *Pasundan Food Technology Journal*. 5(2): 154-163.
- Harborne, J. B. 1987. Metode Fitokimia Penuntun cara Modern Menganalisis Tumbuhan, Edisi II, diterjemahkan oleh Padmawinata, K., Sudiro, I. Bandung: ITB.
- Harera, L. R., Sudiarti, T., dan Wulandari, M. 2015. Sintesis Cu (II)-*Imprinted Polymers* untuk Ekstraksi Fasa Padat dan Prakonsentrasi Ion Cu (II) dengan Ligan Pengkhelat 4-(2-Pyridylazo) Resorcinol. *al-Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*. 2(1): 30-39.
- Hasan, A. A. 2017. Pengaruh Asam Askorbat dan *Sodium Acid Pyrophosphate (SAPP)* dalam Mencegah Kerusakan Antioksidan Ubi Jalar Ungu Varietas Antin 3. *Journal Of Agritech Science (JASc)*. 1(2): 38-50.
- Hussain, S., Nasser, S., dan Abid, A. 2019. Betalain as a Food Colorant: its Sources, Chemistry and Health Benefits. *B. Life and Environmental Sciences*. 56(2): 01–08.
- Lestario, L. N., Gunawan, N., dan Martono, Y. 2013. Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Degradasi Warna Agar Agar yang Diwarnai Sari Umbi Bit Merah (*Beta Vulgaris* L. *Var. Rubra* L.). *Agric*. 25(1): 42-50.
- Moldovan, B. dan David, L. 2014. Influence of Temperature and Preserving Agents on the Stability of Cornelian Cherries Anthocyanins. *Molecules*. 19(6): 81-88
- Nataliani, M. M., Kosala, K., Fikriah, I., Isnuwardana, R., dan Paramita, S. 2018. Pengaruh Penyimpanan dan Pemanasan Terhadap Stabilitas Fisik dan Aktivitas Antioksidan Larutan Pewarna Alami Daging Buah Naga (*Hylocereus costaricensis*).

- Jurnal Tumbuhan Obat Indonesia*. 11(1): 1-10.
- Ravichandra, K. *et al.* 2013. Impact Of Processing of Red Beet on Betalain Content and Antioxidant Activity. *Food Research International*. 50(2): 670-675.
- Rengku, P. M., Ridhay, A., dan Prismawiryanti, P. 2017. Ekstraksi dan Uji Stabilitas Betasianin dalam Ekstrak Buah Kaktus (*Opuntia Elatior Mill.*). KOVALEN: Jurnal Riset Kimia. 3(2): 142-149.
- Sari, N. M. 2016. Uji Kadar Betasianin pada Buah Bit (*Beta vulgaris L.*) dengan Pelarut Etanol dan Pengembangannya Sebagai Sumber Belajar Biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*. 2(1): 72-77.
- Sari, Y. 2018. Pengaruh Pemanasan terhadap Kestabilan Pigmen Betalain dari Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*). *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*. 2(1): 37-42.
- Sari, Y., Santoni, A., dan Elisabet, E. 2018. Comparative Test of Color Stability Between Betalain Pigments of Red Dragon Fruits and Anthocyanin Pigments from Tamarillo Fruit at Various pH. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 21(3): 107-112.
- Sawicki, T., Martinez Villaluenga, C., Frias, J., Wiczowski, W., Peñas, E., Bączek, N., dan Zieliński, H. 2019. The Effect of Processing and in Vitro Digestion on the Betalain Profile and ACE Inhibition Activity of Red Beetroot Products. *Journal of Functional Foods*. 55. 229-237.
- Setiawan, M. A. 2015. Ekstraksi Betasianin dari Kulit Umbi Bit (*Beta vulgaris*) Sebagai Pewarna Alami. *Agric*. 27(1): 38-43.
- Shafira, N., dan Ayu, P. R. 2019. Potensi Bit Merah (*Beta vulgaris L.*) sebagai Nefroprotektor dari Kerusakan Ginjal akibat Radikal Bebas. *Medical Profession Journal of Lampung*. 9(2): 322-327.
- Skopińska, A., Starzak, K., dan Wybraniec, S. 2012. Influence of EDTA on Stabilization of Decarboxylated Betalains. *Journal Challenges of Modern Technology*. 3(4): 29-33.
- Skopińska, A., Szot, D. and Wybraniec, S. 2015. The Effect of Citric Acid and Matrix of *B. Vulgaris L.* Juice on Thermal Stability of Betalains. *PhD Interdisciplinary Journal*. 3: 193-200.
- Slimen, I. B., Najar, T., and Abderrabba, M. 2017. Chemical and Antioxidant Properties of Betalains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 65(4): 675-689.
- Timoneda, A. F. H. N. 2019. The Evolution of Betalain Biosynthesis in Caryophyllales. *New Phytologist Journal*. 224(1): 71-85.