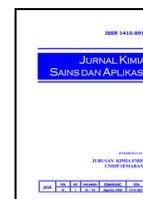


Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi 13 (2) (2010) : 51 – 56

## Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi

### Journal of Scientific and Applied Chemistry

Journal homepage: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa>

# Ekstraksi dan Uji Kestabilan Zat Warna Betasianin dari Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*) serta Aplikasinya sebagai Pewarna Alami Pangan

Erza Bestari Pranutik Agne<sup>a</sup>, Rum Hastuti<sup>a\*</sup>, Khabibi<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Analytical Chemistry Laboratory, Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang 50275

\* Corresponding author: [rum.hastuti@live.undip.ac.id](mailto:rum.hastuti@live.undip.ac.id)

Article Info	Abstract
<p>Keywords: betacyanin; maceration; natural food coloring</p>	<p>Dragon fruit skin is an agricultural waste that has not been exploited, however it contains high enough natural dyes of betacyanin. Betacyanin is a dye which plays a role in red colour and has the potential to be a natural dye for food and can be used as an alternative dye which is safer for the health. The study aimed to extract the betacyanin dye from the dragon fruit skin (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) and applied as a natural food dye. Extraction of betacyanin was performed by maceration method using 80% ethanol solvent. The parameters applied on the stability determination of extracts obtained were the heating at 25°C-100°C, pH variations of 2.5- 9.5, and comparison of heating treatment and exposing to sunlight. The powdered betacyanin was obtained by drying the betacyanin extract using the freeze drying method. The powdered betacyanin obtained was applied as a natural food dye, such as yoghurt, ice cream, and sponge cake batter. On the stability test of temperature and pH change, it was obtained that the colour of betacyanin was most stable at pH 4.5 and at temperatures below 40°C. The acid added extract was stable against heating and exposure to sunlight. The betacyanin powder could be applied as a natural food dye that are stored in low temperatures such as ice cream and yoghurt.</p>
<p>Kata kunci: betasianin; maserasi; pewarna alami pangan</p>	<p><b>Abstrak</b></p> <p>Kulit buah naga merupakan limbah hasil pertanian yang selama ini belum dimanfaatkan, padahal kulit buah naga mengandung zat warna alami betasianin cukup tinggi. Betasianin merupakan zat warna yang berperan memberikan warna merah dan merupakan golongan betalain yang berpotensi menjadi pewarna alami untuk pangan dan dapat dijadikan alternatif pengganti pewarna sintetik yang lebih aman bagi kesehatan. Penelitian bertujuan untuk mengekstrak zat warna betasianin dari kulit buah naga (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) dan diaplikasikan sebagai pewarna alami pangan. Ekstraksi betasianin dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 80%. Parameter yang diterapkan pada penentuan kestabilan ekstrak yang diperoleh adalah pemanasan pada temperatur 25°C-100°C, variasi pH 2,5- 9,5, dan perbandingan dengan perlakuan pemanasan dan paparan cahaya matahari. Serbuk betasianin diperoleh dengan pengeringan ekstrak betasianin menggunakan metode <i>freeze drying</i>. Serbuk betasianin yang diperoleh diaplikasikan sebagai pewarna alami pangan, seperti yoghurt, es krim, dan adonan kue bolu. Pada uji kestabilan betasianin terhadap perubahan temperatur dan perubahan pH diperoleh warna betasianin paling stabil pada pH 4,5 dan pada temperatur di bawah 40°C. Ekstrak yang ditambahkan asam, stabil terhadap pemanasan dan paparan cahaya matahari. Serbuk betasianin dapat diaplikasikan sebagai pewarna alami pangan untuk makanan yang penyimpanannya dalam suhu rendah seperti es krim dan yoghurt.</p>

## 1. Pendahuluan

Buah naga termasuk golongan kaktus yaitu genus *Hylocereus* dan *Selenicereus* dari famili *Cactaceae*. Buah naga memiliki banyak manfaat, tetapi selama ini yang sering digunakan adalah daging buahnya, padahal kulit dari buah naga pun memiliki banyak manfaat. Kandungan yang terdapat dalam kulit buah naga adalah flavanoid, *dietary fiber*, fenolik, dan zat warna betasianin [1].

Zat warna betasianin termasuk golongan betalain [2] yang larut dalam air [3] dan pelarut organik yang tidak bebas air sedangkan betasianin tidak larut dalam pelarut organik murni.

Betasianin merupakan salah satu zat warna yang dapat dimanfaatkan sebagai zat warna alami untuk pangan dan sebagai alternatif pengganti zat warna sintetik karena memiliki warna yang menarik, mudah larut dalam air, dan mempunyai aktifitas antioksidan yang tinggi sehingga lebih aman untuk tubuh apabila dikonsumsi [4]. Selama ini sumber zat warna betasianin yang digunakan berasal dari daging buahnya. Padahal kulit buah naga mempunyai kandungan betasianin yang hampir sama dengan daging buahnya, sehingga limbah dari buah naga (kulit buah naga) dapat dimanfaatkan sebagai sumber zat warna betasianin [1].

Penelitian ini menggunakan kulit buah naga sebagai bahan utama dan maltodekstrin sebagai agen pengering. Alat *freeze drying* digunakan untuk pembuatan serbuk, dan rotary vakum sebagai penguap pelarut sehingga menghasilkan pasta berwarna merah. Hasil ekstraksi kulit buah naga dianalisis menggunakan spektrofotometer UV – Tampak.

Diharapkan dalam penelitian ini dengan menggunakan metode ekstraksi (maserasi) dapat diperoleh betasianin sebagai zat warna alami pangan sehingga dapat meningkatkan nilai guna dari kulit buah naga.

## 2. Metodologi

### Alat dan bahan

Penelitian ini menggunakan sejumlah peralatan gelas yang diperlukan. Satu blender untuk menghaluskan kulit buah naga, satu set alat rotari evaporator untuk pemisahan ekstrak betasianin dari pelarut, satu set alat *freeze drying* untuk pembuatan serbuk betasianin, timbangan, kompor listrik untuk pemanasan dan Spektrofotometer UV-Visible Hitachi-U 2001 untuk menentukan panjang gelombang maksimum..

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain: Etanol ( $C_2H_5OH$ ) p.a, asam klorida (HCl) glasial, asam askorbat p.a, natrium hidoksida (NaOH) p.a, akuades, maltodekstrin farmasetis, dan kulit buah naga.

### Penentuan panjang gelombang maksimum ekstrak betasianin

Kulit buah naga yang telah dihaluskan dimaserasi dengan etanol 80% selama 24 jam, kemudian ekstrak yang diperoleh diidentifikasi menggunakan metode

spektrofotometri UV-Vis pada rentang panjang gelombang 400–700 nm.

### Uji kestabilan zat warna betasianin terhadap pemanasan

Sebanyak 50 mL larutan ekstrak etanol kulit buah naga dipanaskan dengan variasi temperature 25°C (temperatur kamar) 40°C, 60°C, 80°C, dan 100°C selama 0, 20, 40, dan 60 menit. Kemudian dilakukan pengamatan perubahan warna dan pengukuran absorbansi menggunakan spektrometer UV-Tampak. Hasil yang paling baik digunakan untuk proses selanjutnya.

### Uji kestabilan zat warna betasianin terhadap pH

Sebanyak 50 mL larutan ekstrak etanol kulit buah naga divariasi pH menjadi 2,5; 3,5; 4,5; 5,5; 6,5; 7,5; 8,5; dan 9,5. Untuk pH 2,5 dan 3,5 ditambahkan asam klorida 1%, pH 4,5 ditambahkan asam askorbat 1%, dan pH 5,5–9,5 ditambahkan NaOH 1 N. Kemudian dilakukan pengamatan perubahan warna dan pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Tampak. Hasil yang paling baik digunakan untuk proses selanjutnya.

### Pembuatan ekstrak etanol kulit buah naga

Sebanyak ±1000 gram kulit buah naga yang telah dihaluskan di maserasi dalam pelarut etanol 80% selama 24 jam pada temperature kamar (25°C), kemudian ditambahkan asam askorbat 1% sampai pH larutan menjadi 4,5. Dilakukan pemisahan residu dengan penyaringan. Kemudian dilakukan penguapan pelarut sampai didapatkan ekstrak yang kental.

### Pembandingan kestabilan betasianin dengan penambahan asam dan tanpa penambahan asam

Sebanyak 50 mL larutan ekstrak etanol kulit buah naga dibuat menjadi empat variasi, di mana dua sampel ditambahkan asam askorbat 1% sedangkan dua sampel tidak ditambahkan asam askorbat 1%. Kemudian dilakukan pengujian kestabilan terhadap pemanasan dan paparan cahaya matahari. Untuk pemanasan dilakukan pada temperature 100°C selama 1 jam sedangkan untuk paparan cahaya matahari, sampel diletakan pada tempat yang terpapar cahaya matahari selama 7 hari. Masing-masing sampel diamati perubahan warna dan diukur absorbansinya.

### Formulasi ekstrak kering

Ekstrak kental kulit buah naga sebanyak ±1 liter ditambahkan maltodekstrin farmasetis kemudian didiamkan pada suhu -40°C selama 24 jam dalam lemari pendingin selanjutnya dimasukkan kedalam *freeze drying* bersuhu -50°C selama 24 jam sampai terbentuk serbuk.

### Aplikasi sebagai pewarna untuk pangan

Penambahan serbuk betasianin kedalam beberapa jenis makanan (es krim, yoghurt, dan kue bolu) kemudian diamati perubahan warna pada makanan.

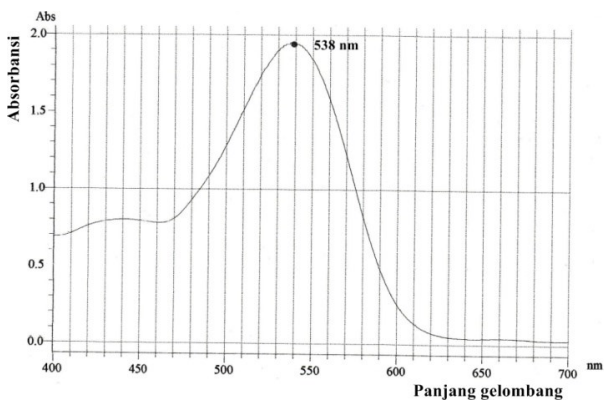
Uji bau dan rasa

Makanan yang telah ditambahkan serbuk betasianin di uji baunya dengan indera penciuman dan rasanya dengan indera perasa. Dibandingkan bau dan rasanya sebelum dan setelah ditambahkan ekstrak kering.

3. Hasil dan Pembahasan

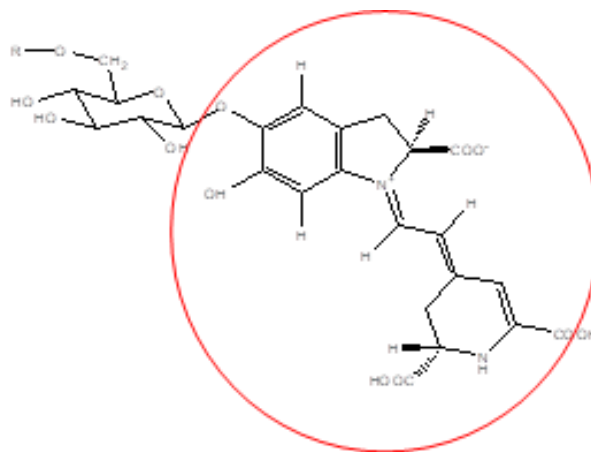
Sampel yang berupa kulit buah naga dimaserasi menggunakan pelarut etanol 80% selama 24 jam agar zat warna betasianin didapatkan secara maksimal, karena maserasi merupakan metode yang efektif untuk mengekstraksi betasianin sehingga tidak merusak zat warna betasianin karena dilakukan tanpa adanya pemanasan. Etanol dipilih karena betasianin larut dalam pelarut organik yang tidak bebas air dan tidak larut dalam pelarut organik murni, dikarenakan zat warna betasianin larut dalam air [3], selain itu agar memudahkan dalam proses penguapan pelarut, karena etanol mempunyai titik didih yang lebih rendah yaitu 80°C dibandingkan dengan air yaitu 100°C. Selain itu etanol tidak seperti air yang ikut melarutkan lendir yang terdapat pada kulit buah naga sehingga didapatkan ekstrak yang lebih murni dibanding dengan ekstrak yang menggunakan pelarut air.

Selanjutnya untuk mengetahui panjang gelombang dari ekstrak yang diperoleh dilakukan identifikasi menggunakan spektrofotometer UV-Tampak pada panjang gelombang 400- 700 nm. Adapun spektra yang dihasilkan dari pengukuran panjang gelombang maksimum ekstrak etanol dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektra UV-Tampak dari ekstrak etanol kulit buah naga

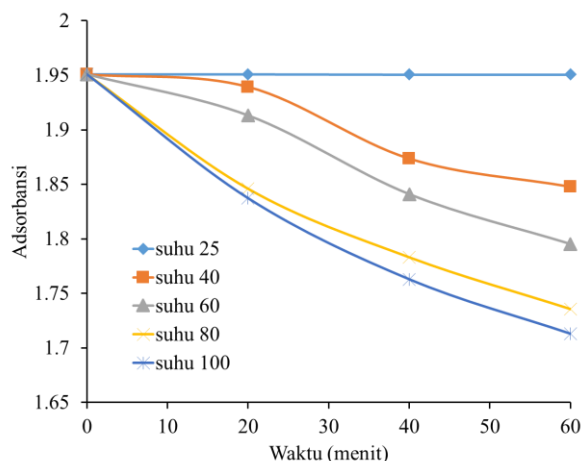
Dari hasil spektra UV-Tampak didapatkan absorbansi maksimum pada panjang gelombang 538 nm dengan absorbansi sebesar 1,9508. Panjang gelombang tersebut merupakan panjang gelombang betasianin, karena betasianin mempunyai panjang gelombang yang khas yaitu pada 534-552 nm ( $\lambda$  maksimum) [5]. Selain itu pada panjang gelombang 500-560 nm merupakan rentang untuk warna komplementer merah keunguan dan warna yang diserap adalah hijau. Oleh karena itu betasianin berwarna merah. Struktur betasianin dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Struktur umum betasianin

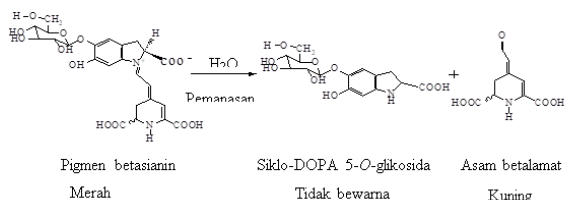
Pengaruh Temperatur Terhadap Kestabilan Betasianin

Dilakukan pemanasan ekstrak etanol pada beberapa variasi temperatur yaitu 25°C, 40°C, 60°C, 80°C dan 100°C dengan variasi waktu (menit) dari 0, 20, 40, 60, karena kestabilan betasianin dipengaruhi oleh temperatur. Kemudian dilakukan pengukuran absorbansi dengan spektrofotometer UV-Tampak.



Gambar 3. Grafik kestabilan betasianin terhadap pemanasan

Dari grafik didapatkan betasianin paling stabil pada temperatur di bawah 40°C, ditunjukkan dengan tidak terjadi perubahan warna dan penurunan nilai absorbansi yang signifikan. Sedangkan pada temperatur di atas 40°C, terjadi perubahan warna semakin cepat berubah dari merah menjadi oranye kemudian kuning. Warna ekstrak etanol kulit buah naga semakin cepat berubah sebanding dengan kenaikan temperatur. Terjadi perubahan warna karena betasianin terdekomposisi menjadi penyusunnya, di mana betasianin mengalami hidrolisis pada ikatan N=C. Hidrolisis betasianin menyebabkan betasianin terdekomposisi menjadi asam betalamat dan siklo-DOPA 5-O-glikosida. Reaksi yang terjadi adalah:

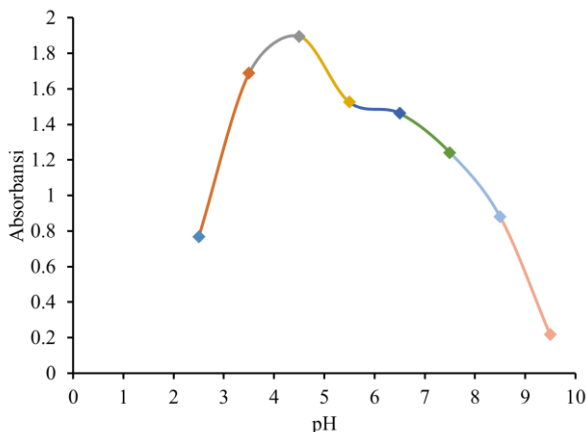


Gambar 4. Reaksi dekomposisi betasianin

**Pengaruh pH Terhadap Kestabilan Betasianin**

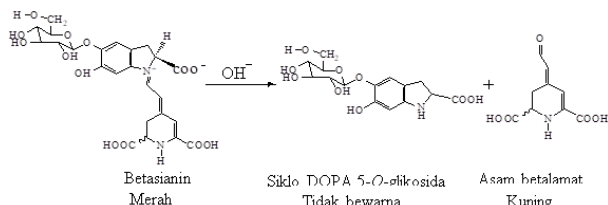
Dilakukan variasi pH 2,5; 3,5; 4,5; 5,5; 6,5; 7,5; 8,5 dan 9,5. Hal ini bertujuan untuk membandingkan kestabilan dan perubahan warna ekstrak betasianin pada kondisi pH yang berbeda, karena Kondisi pH merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kestabilan betasianin [6].

Kemudian ekstrak dengan beberapa variasi pH tersebut diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum 538 nm. Diperoleh absorbansi ekstrak betasianin dengan variasi pH 2,5; 3,5; 4,5; 5,5; 6,5; 7,5; 8,5 dan 9,5 yang dapat dilihat pada Gambar 5.

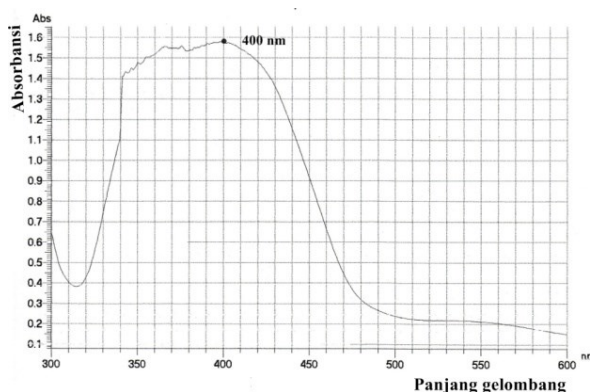


Gambar 5. Grafik pengaruh pH terhadap kestabilan betasianin

Dari data yang diperoleh, menunjukkan betasianin paling tidak stabil pada kondisi pH basa yaitu pH 9,5 ditunjukkan dengan terjadi perubahan warna dari merah keunguan menjadi kuning. Reaksi yang terjadi adalah:

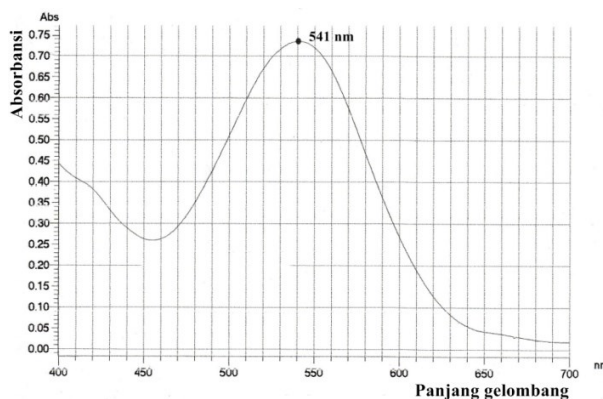


Gambar 6. Reaksi dekomposisi betasianin karena perubahan pH menjadi basa



Gambar 7. Spektra ekstrak etanol pH 9,5

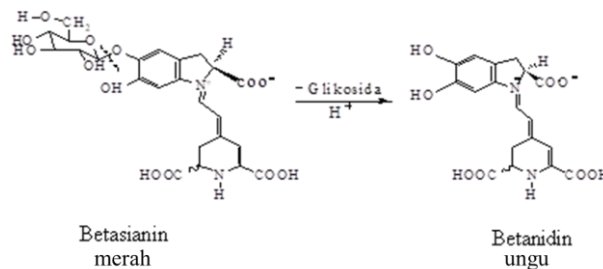
Pada gambar 7, didapatkan panjang gelombang maksimum pada kondisi pH basa sebesar 400 nm, panjang gelombang tersebut merupakan panjang gelombang yang khas untuk asam betalamat.



Gambar 8 Spektra ekstrak etanol pH 2,5

Sedangkan pada gambar 8, didapatkan panjang gelombang maksimum pada kondisi pH sangat asam (di bawah pH 4,5), bergeser dari 538 nm menjadi 541 nm, karena terjadi pergeseran batokromik.

Warna betasianin dalam ekstrak etanol kulit buah naga menjadi ungu. Hal ini disebabkan karena betasianin mengalami deglikolisasi menjadi betanidin. Ikatan antara betasianin dengan glikosida merupakan ikatan asetal yang mudah putus oleh asam-asam kuat seperti asam klorida. Jadi pada pH sangat asam, betasianin mengalami pemutusan ikatan glikosida [4]. Reaksinya yang terjadi dapat dilihat pada gambar 9



Gambar 9. Reaksi Deglikosilasi

Dari gambar 6, dapat disimpulkan betasianin stabil pada pH asam sampai netral dan paling stabil pada pH 4,5. Jadi pada pH 4,5 merupakan kondisi pH yang dapat

digunakan untuk proses ekstraksi dan penyimpanan ekstrak pigmen betasianin agar memperoleh hasil yang optimal.

**Pembuatan Ekstrak Etanol Kulit Buah Naga**

Data yang diperoleh dari uji kestabilan pigmen betasianin terhadap temperatur dan pH maka dilakukan maserasi dikondisikan pada pH 4,5 dan temperatur kamar. Kulit buah naga dimaserasi dengan pelarut etanol 80% pada temperatur kamar dan dilakukan penambahan asam sampai pH 4,5. Asam yang digunakan adalah asam lemah yaitu asam askorbat 1% . Asam askorbat dapat menstabilkan betasianin karena mencegah betasianin teroksidasi oleh oksigen di udara bebas dan memperlambat dekomposisi betasianin karena hidrolisis. Kulit buah naga dimaserasi selama 24 jam untuk memperoleh hasil yang maksimal ditandai dengan memudarnya warna kulit buah naga. Kemudian ekstrak disaring agar dapat dipisahkan dari residu.

Ekstrak etanol kulit buah naga dipekatkan pada 40°C dalam rotary evaporator yang dikondisikan vakum agar kestabilan warna ekstrak etanol kulit buah naga dapat terjaga, karena uji yang dilakukan sebelumnya diketahui bahwa ekstrak pigmen betasianin mudah terdekomposisi pada temperatur di atas 40°C. Kemudian ekstrak kental yang didapat disimpan dalam lemari pendingin pada temperatur 4°C. Penyimpanan pada temperatur rendah dan tempat yang tidak terpapar sinar matahari untuk menjaga kestabilan warna ekstrak betasianin karena betasianin sangat sensitif terhadap temperatur tinggi dan paparan sinar matahari [7]. Didapatkan rendemen sebesar 3,735%.

**Pembandingan Kestabilan Warna Ekstrak Betasianin dengan Penambahan Asam dan Tanpa Penambahan Asam**

Pembandingan dilakukan dengan variasi perlakuan yaitu pemanasan pada temperatur 100°C selama 60 menit dan pendiaman dalam paparan sinar matahari selama 7 hari kemudian diidentifikasi menggunakan spektrometer UV-Tampak, bertujuan untuk mengetahui kestabilan ekstrak etanol kulit buah naga (ditambahkan asam) yang diperoleh maka dilakukan pembandingan dengan ekstrak etanol kulit buah naga yang belum ditambahkan asam sebagai kontrol.

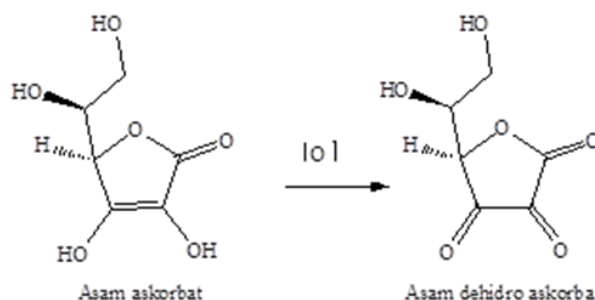
Dilakukan pengujian kestabilan betasianin terhadap panas matahari dan pemanasan, di mana sampel yang berupa larutan betasianin dibuat menjadi dua variasi yaitu dengan penambahan dan tanpa penambahan asam. Asam yang ditambahkan adalah asam askorbat 1%. Sampel diletakkan ditempat yang terkena paparan sinar matahari langsung selama tujuh hari, dan sebagian lagi dipanaskan pada 100°C selama 1 jam. Kemudian masing-masing larutan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Tampak, dan diamati perubahan warna yang terjadi.

Tabel 1. Kestabilan betasianin

Sampel	Adsorbansi		
	Awal	Pemaparan matahari selama 7 hari	Pemanasan suhu 100°C selama 1 jam
Tanpa penambahan asam	1,9508	1,1572	1,1713
Penambahan asam	1,8962	1,7294	1,8031

Dari tabel didapatkan hasil di mana ekstrak tanpa penambahan asam didapatkan nilai absorbansi lebih kecil dibandingkan dengan penambahan asam. Selain itu, terjadi perubahan warna dari merah keunguan menjadi kuning kecoklatan. Hal ini menunjukkan bahwa larutan betasianin tanpa penambahan asam tidak stabil.

Untuk menambah kestabilan warna betasianin dapat ditambahkan asam, dan antioksidan [4] karena betasianin sangat sensitif terhadap perubahan pH [7]. Pada larutan betasianin yang ditambahkan asam askorbat, nilai absorbansinya tetap stabil, karena asam askorbat berfungsi untuk menjaga kestabilan warna betasianin dan sebagai antioksidan yang dapat mencegah oksidasi betasianin oleh udara dan berfungsi. Asam askorbat dapat menghambat proses oksidasi dalam larutan betasianin karena mempunyai energi yang lebih rendah untuk teroksidasi sehingga asam askorbat yang terlebih dahulu akan teroksidasi. Reaksi yang terjadi:



Gambar 10. Reaksi oksidasi asam askorbat

**Pembuatan Ekstrak Kering**

Ekstrak kental kulit buah naga ditambahkan dengan malto dekstrin farmasestis sampai larutan homogen. Tujuan penambahan malto dekstrin farmasestis sebagai agen pengering yang akan membantu mempermudah larutan menjadi kering dalam pembuatan serbuk di mana dekstrin tersusun atas unit glukosa yang dapat mengikat air, sehingga oksigen yang larut dapat dikurangi. Selain itu, malto dekstrin farmasestis merupakan dekstrin yang khusus ditambahkan untuk pangan. Langkah selanjutnya adalah pembuatan serbuk menggunakan alat *freeze drying*. Di mana sebelumnya larutan betasianin dimasukkan kedalam lemari pendingin bersuhu -40°C selama 1 hari agar didapatkan larutan betasianin dalam bentuk padatan karena membeku, kemudian dimasukkan kedalam *freeze drying* bersuhu -50°C, dalam *freeze drying*, kristal air akan tersublimasi menjadi bentuk gas sehingga betasianin dapat menjadi serbuk.

Hasil yang didapatkan adalah berupa serbuk berwarna merah sebanyak 70 gram.

#### Aplikasi Untuk Pewarna Pangan

Serbuk betasianin diaplikasikan pada tiga jenis variasi produk makanan, yaitu yang pertama adalah makanan dingin yang digunakan dalam penelitian ini adalah es krim, yang kedua adalah makanan yang melalui proses pemanasan yaitu kue bolu, dan yang ketiga adalah makanan dengan pH asam yaitu yoghurt. Dilakukan penambahan serbuk betasianin kedalam tiga jenis makanan tersebut, lalu diamati perubahan warna, uji rasa dan bau, serta dilakukan pengukuran pH sebelum dan setelah penambahan.

Saat ditambahkan serbuk betasianin yang berwarna merah terang kedalam es krim terjadi perubahan warna yang semula berwarna putih menjadi berwarna merah muda. Kemudian dilakukan penyimpanan pada suhu rendah selama seminggu dan didapatkan warna tetap stabil dan tidak terjadi perubahan rasa. Didapat pH awal adalah sebesar 7 dan pH sesudah ditambahkan serbuk betasianin sebesar 6. Untuk yoghurt, terjadi perubahan warna dari putih menjadi merah muda seperti pada es krim. Didapatkan warna yang tetap stabil selama penyimpanan, dan tidak terjadi perubahan bau, rasa serta pH. Sedangkan produk makanan yang melalui proses pemanasan, saat ditambahkan serbuk betasianin terjadi perubahan warna menjadi merah muda kemudian dilakukan proses pemanasan, warna yang semula merah muda berubah menjadi pudar. Didapat pH awal adalah sebesar 7 dan pH sesudah ditambahkan serbuk betasianin sebesar 6.

Dari ketiga jenis makanan yang digunakan setelah dilakukan penambahan serbuk betasianin, tidak terjadi perubahan pH sebelum dan sesudah ditambahkan secara signifikan. Untuk bau dan rasa, tidak terjadi perubahan bau dan rasa setelah ditambahkan zat warna betasianin, karena pewarna tidak berasa dan tidak berbau. Tetapi terjadi perubahan warna untuk makanan yang melalui proses pemanasan. Hal ini menunjukkan bahwa serbuk warna betasianin dapat digunakan sebagai pewarna pangan karena tidak mengubah rasa, warna, maupun tekstur untuk makanan yang penyimpanannya dalam suhu rendah, dan tidak melalui proses pemanasan.

#### 4. Kesimpulan

Ekstrak kulit buah naga mengandung zat warna betasianin dan dapat dijadikan sebagai pewarna alami pangan. Ekstrak zat warna betasianin paling stabil pada pH 4,5, temperatur kamar, dan dalam kondisi asam

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] K Sornyatha, P Anprung, (Hylocereus polyrhizus (Weber) Britton & Rose) Bioactive Compounds and Stability of Betacyanins from Skin and Flesh of Red Dragon Fruit (Hylocereus polyrhizus (Weber) Britton & Rose), *Agricultural Science Journal*, 40, 1, (2009) 15-18
- [2] Sławomir Wybraniec, Yosef Mizrahi, Fruit Flesh Betacyanin Pigments in Hylocereus Cacti, *Journal of*

*Agricultural and Food Chemistry*, 50, 21, (2002) 6086-6089 [10.1021/jf020145k](https://doi.org/10.1021/jf020145k)

- [3] Sławomir Wybraniec, Barbara Nowak-Wydra, Katarzyna Mitka, Piotr Kowalski, Yosef Mizrahi, Minor betalains in fruits of *Hylocereus* species, *Phytochemistry*, 68, 2, (2007) 251-259 [http://dx.doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.10.002](https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.10.002)
- [4] Kirsten M. Herbach, Florian C. Stintzing, Reinhold Carle, Betalain Stability and Degradation—Structural and Chromatic Aspects, *Journal of Food Science*, 71, 4, (2006) R41-R50 [http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00022.x](https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00022.x)
- [5] Mario Piattelli, Luigi Minale, Pigments of *centrospermae*—I, *Phytochemistry*, 3, 2, (1964) 307-311 [http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)88056-5](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)88056-5)
- [6] J. H. von Elbe, Il-Young Maing, C. H. Amundson, Color Stability Of Betanin, *Journal of Food Science*, 39, 2, (1974) 334-337 [http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1974.tb02888.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1974.tb02888.x)
- [7] Chang-Quan Wang, Ji-Qiang Zhao, Min Chen, Bao-Shan Wang, Identification of betacyanin and effects of environmental factors on its accumulation in halophyte *Suaeda salsa*, *Journal of plant physiology and molecular biology*, 32, 2, (2006) 195-201