

## Meningkatkan Stabilitas Antosianin dari Ubi Jalar Ungu dengan Metode Kopigmentasi

### Improving Stability of Anthocyanin Extracted from *Ipomoea batatas* by Co-pigmentation

Rachma Tia Evitasari<sup>a\*</sup> and Gita Indah Budiarti<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, 55191, Indonesia

#### Artikel histori :

Diterima 22 Agustus 2022  
Diterima dalam revisi 26 September 2022  
Diterima 27 September 2022  
Online 15 November 2022

**ABSTRAK:** Kesadaran masyarakat akan bahaya penggunaan pewarna sintetis mulai mendongkrak pamor pewarna alami. Keterbatasan zat warna alam menjadi salah satu penyebab terbatasnya penggunaan zat warna alam secara komersial. Penelitian ini akan memanfaatkan ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L.*) sebagai sumber antosianin. Tujuan dari penelitian ini adalah stabilisasi antosianin dari ubi jalar ungu melalui proses kopigmentasi. Tahap pertama ekstraksi zat warna antosianin alami dari ubi jalar ungu menggunakan metode *microwave-assisted-extraction*, kemudian stabilisasi antosianin melalui proses kopigmentasi dengan variasi penambahan gum arab, Fe-Alginat, dan catechin pada berbagai konsentrasi sebagai Total Kandungan Antosianin (TAC), dan uji stabilitas antosianin. Semakin tinggi nilai konsentrasi agen kopigmentasi yang ditambahkan pada ekstrak, maka pergeseran warna akan semakin tinggi, ditunjukkan dengan penurunan nilai TAC. Kopigmentasi terbaik didapatkan dengan teh hijau yang mengandung catechin konsentrasi 0,01 ml teh hijau/20 ml ekstrak. dengan nilai TAC 0,1949 mg/L. Uji stabilisasi terhadap penyimpanan, kopigmentasi dengan catechin dalam teh hijau memberikan stabilitas yang paling baik. Sedangkan kestabilan terhadap pemanasan dan oksidasi, kopigmentasi dengan gum arabic akan menstabilkan kondisi ekstrak antosianin.

**Kata Kunci:** Antosianin; Kopigmentasi; Microwave Assisted Extraction; Ubi Jalar Ungu

**ABSTRACT:** Public awareness of the dangers of using synthetic dyes has started to boost the prestige of natural dyes. The limitation of natural dyes is one of the causes of the limited use of natural dyes commercially. This research utilized purple sweet potato (*Ipomoea batatas L.*) as a source of anthocyanins. The purpose of this study was the stabilization of anthocyanins from purple sweet potato through the co-pigmentation process. The first stage is the extraction of natural anthocyanin dyes from purple sweet potatoes using the microwave-assisted method, then stabilization of anthocyanins through a co-pigmentation process with variations in the addition of arabic gum, Fe-Alginate, and catechins at various concentrations as Total Anthocyanin Content (TAC), and stability test. The higher the concentration value of the co-pigmenting agent added to the extract, the higher the color shift, indicated by a decrease in the TAC value. The best copigmentation was obtained with green tea containing catechin concentration of 0.01 ml green tea/20 ml extract. with a TAC value of 0.1499 mg/L. Stabilization test against storage, co-pigmentation with catechins in green tea gave the best stability. While the stability against heating and oxidation, co-pigmentation with gum arabic will stabilize the condition of anthocyanin extracts..

**Keywords:** Anthocyanin; Copigmentation; Microwave Assisted Extraction; *Ipomoea batatas L*

#### 1. Pendahuluan

Perkembangan keanekaragaman produk pangan semakin luas dan semakin menarik untuk dikaji. Warna adalah dapat mempengaruhi konsumen produk pangan menjadi tertarik. Pada industri pangan komersial, warna yang dihasilkan pada produk masih bersumber pada pewarna sintetis. Penggunaan pewarna sintetis pada makanan, tidak hanya

terjadi pada industri pangan komersial, tetapi juga digunakan pada industri rumah tangga. Bahkan ada beberapa kasus penyalahgunaan pewarna sintetis tekstil untuk makanan.

Masifnya penggunaan pewarna sintetis pada produk makanan disebabkan warna yang dihasilkan cerah dan penyimpanannya mudah karena lebih stabil. Walaupun begitu, penggunaan pewarna sintetis untuk makanan secara berlebihan dapat membahayakan kesehatan.

\*Corresponding Author  
Email: [rachma.evitasari@che.uad.ac.id](mailto:rachma.evitasari@che.uad.ac.id)

Kesadaran masyarakat akan bahaya penggunaan pewarna sintetis mulai menaikkan pamor pewarna alami. Kekayaan flora Indonesia yang sangat melimpah, zat warna alami dari tumbuhan seharusnya sesuatu yang menjadi sebuah keunggulan. Namun kenyataannya, pewarna alami sebagai pewarna pangan komersil di Indonesia masih sangat terbatas. Keterbatasan sifat zat warna alami menjadi salah satu alasan terbatasnya penggunaan zat warna alami secara komersil. Zat warna alami tidak menghasilkan warna secerah pewarna sintetis. Selain itu, zat warna alami tidak stabil terhadap pH, pemanasan, oksidasi, dan penyimpanan (Castañeda-Ovando et al. 2009).

Ada beragam jenis zat warna alami yang dihasilkan dari tumbuhan, antara lain antosianin, betalain, brazilin, dan beta karoten. Penelitian ini akan memanfaatkan ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L.*) sebagai sumber antosianin. Di Indonesia, ubi jalar merupakan sumber bahan pangan yang melimpah, produksi ubi jalar di Indonesia pada tahun 2018 mencapai 19 juta ton/tahun (Kementerian Pertanian 2018). Antosianin adalah pigmen yang terkandung dalam berbagai bunga dan buah, seperti bunga sepatu (*Hibiscus rosa*), buah bit, buah beri, dan ubi jalar ungu. Kandungan antosianin dalam ubi jalar ungu cukup tinggi yaitu 687 ppm (Wicaksono, Yuniarta, and Widyaningsih 2016). Antosianin menghasilkan warna merah hingga biru, tergantung pada pH pelarut, sehingga antosianin umum digunakan sebagai indikator pH. Pemanfaatan antosianin sebagai pewarna alami pada makanan terbatas karena antosianin tidak stabil terhadap pemanasan, cahaya, dan oksidasi, sehingga perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan stabilitas antosianin.

Pada penelitian ini akan dilakukan stabilisasi antosianin dari ubi ungu (*Ipomoea batatas L.*) melalui proses kopigmentasi. Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap, yaitu ekstraksi zat warna alami antosianin dari ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L.*) dengan metode *microwave assisted* dan stabilisasi antosianin melalui proses kopigmentasi dengan variasi penambahan gum arab dan catechin.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Bahan

Bahan baku utama yang digunakan adalah ubi jalar ungu dari Sleman. Bahan kimia yang digunakan seperti aquadest, gum arab dan Fe-Alginat didapatkan dari Progo Mulyo Yogyakarta.

### 2.2 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku ubi jalar mula-mula dibersihkan dari kotoran dengan air. Ubi jalar ungu yang sudah bersih kemudian diiris sekitar 1,5 mm. sampel irisan ubi jalar ungu, kemudian melalui proses *steam-blanching* selama 5 menit pada suhu 95 °C. Sampel kemudian dikeringkan dengan diangin-anginkan, kemudian dihaluskan dengan *grinder*, dan mengayak pada ayakan 80 mesh. Bubuk ubi jalar ungu kemudian disimpan pada tempat rapat dan gelap dengan *silica gel*.

### 2.3 Ekstraksi Antosianin dari Ubi Jalar Ungu

Tepung ubi jalar ditimbang sebanyak 20 gram ke dalam Erlenmeyer, dan ditambahkan pelarut air – asam sitrat 0,75%. Rasio bahan terhadap pelarut adalah 1:20 (b/v). Larutan dalam erlenmeyer diaduk dengan *magnetic stirrer*, kemudian dimasukkan ke dalam *microwave* pada variasi 90, 180, dan 270 watt selama 300 detik. Kemudian ekstrak antosianin dipisahkan dengan sentrifugasi, dan disimpan kulkas pada *setting* suhu 4 °C.

### 2.4 Kopigmentasi Antosianin dari Ubi Jalar Ungu

Larutan antosianin sebanyak 20 mL distabilisasi dengan penambahan gum arab dan catechin dengan variasi konsentrasi 0-5%. Kemudian larutan tersebut dilakukan analisis stabilisasi.

### 2.5 Analisis Kadar Antosianin/Total Anthocyanin Content (TAC)

Kadar antosianin dihitung dengan *total anthocyanin concentration method* menurut Nicoué et al., (2007). Ekstrak zat warna yang dihasilkan dilarutkan ke dalam larutan buffer pH 1 (125 mL KCl 0,2 M dan 375 mL HCl 0,2 M) kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimal dan panjang gelombang 700 nm. Kadar antosianin dihitung berdasarkan rumus:

$$A = (A_{\lambda_{maks} \text{ pH}1} - A_{\lambda=700\text{nm} \text{ pH}1}) - (A_{\lambda_{maks} \text{ pH}4,5} - A_{\lambda=700 \text{ nm} \text{ pH}4,5}) \quad (1)$$

Kadar total antosianin disebut sebagai *Total Anthocyanin Concentration* (TAC) dalam satuan mg/L pada sampel dihitung menggunakan rumus:

$$TAC = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times l} \quad (2)$$

Dimana A adalah absorbansi, MW (*molecular weight*) merupakan berat molekul untuk antosianin/cy-3-glc (449,2 g/gmol), DF (*Dilution Factor*) adalah faktor pelarutan, dan  $\epsilon$  adalah *extinction coefficient* sebesar 26.900 L/cm.mol untuk antosianin.

Larutan-larutan yang telah distabilisasi diberi perlakuan bervariasi, yaitu perubahan oksidasi, penyimpanan, dan pemanasan. Kemudian dianalisis perubahan warnanya dengan melihat nilai absorbansi dengan Spektrofotometer UV Vis dan perubahan koordinat warna.

### 2.6 Uji Kestabilan Ekstrak Antosianin dari Ubi Jalar Ungu

Ekstrak zat warna disimpan dalam ruang dengan suhu kamar dan dalam lemari es. Kemudian diukur absorbansinya setiap 2 hari selama 2 minggu pada panjang gelombang maksimal.

Pengujian stabilitas ekstrak antosianin terhadap pengaruh suhu dilakukan dengan proses pemanasan ekstrak zat warna sebanyak 10 mL menggunakan water bath dengan variasi temperatur ruang, 40, 50, 60, 70, dan 80°C selama 1 jam. Kemudian diukur nilai absorbansinya pada panjang gelombang maksimal.

Ekstrak zat warna sebanyak 3 ml ditambahkan oksidator H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1% sebanyak 1 ml dan diukur absorbansinya setiap 15 menit pada panjang gelombang maksimal.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil ekstraksi antosianin dari ubi jalar ungu menghasilkan larutan berwarna merah. Proses ekstraksi antosianin dari Ubi Jalar Ungu menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* dilakukan pada variasi berbagai daya microwave dan perbandingan antara bahan dan pelarut. Hasil ekstraksi dengan metode *Microwave Assisted Extraction* didapatkan hasil lebih baik daripada ekstraksi dengan metode pemanasan, disajikan pada Tabel 1.

Hasil ekstraksi menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* didapatkan hasil ekstraksi optimum pada daya 270 watt dengan hasil TAC sebesar 0,1041 mg/L. Hasil ini jauh lebih baik dibandingkan dengan proses ekstraksi dengan metode pemanasan yang hanya menghasilkan nilai TAC sebesar 0,0309 mg/L. Mekanisme pemanasan menggunakan serapan energi gelombang mikro terjadi dengan cepat, sehingga dengan waktu yang sama dapat menghasilkan panas yang lebih besar dalam waktu singkat (Ibrahim et al. 2020). Selain itu, kerusakan antosianin dapat dihindari karena tidak perlu terpapar panas yang terlampaui lama (Arifuddin 2018). Pemanasan yang terlalu lama pada proses ekstraksi antosianin dapat menyebabkan perubahan warna antosianin dari merah menjadi kecoklatan (Tachibana, Kimura, and Ohno 2014).

**Tabel 1.** Nilai TAC Ubi Jalar Ungu *Microwave Assisted Extraction* pada Variasi Daya Microwave dan Rasio

Daya Microwave	Rasio	TAC	
		1	2
Metode Pemanasan (Kontrol)	1:20	0,0309	0,0309
	1:30	0,0220	0,0220
270 Watt	1:20	0,1030	0,1041
	1:30	0,0244	0,0246
180 Watt	1:20	0,0625	0,0617
	1:30	0,0221	0,0222
90 Watt	1:20	0,0394	0,0389
	1:30	0,0222	0,0221

#### 3.1. Kopigmentasi dengan Fe-Alginate, Gum Arab, dan Catechin

Kopigmentasi adalah sebuah mekanisme stabilisasi dengan memanfaatkan sifat antosianin itu sendiri, dengan mengubah ikatan gugus-gugus pada struktur antosianin dengan gugus yang memiliki ikatan lebih kuat. Mekanisme ini digambarkan sebagai interaksi non kovalen antara senyawa antosianin dan senyawa lain yang akan menggantikan gugus antosianin (Cavalcanti, Santos, and Meireles 2011). Penggantian ikatan gugus ini diharapkan dapat menstabilkan senyawa antosianin. Sebagai agen kopigmentasi dapat berupa molekul lain, baik berwarna maupun tidak, ion logam, atau campuran lain yang dapat menstabilisasi pigmen zat warna alami.

Kopigmentasi dapat dilakukan dengan menambahkan senyawa pewarna alami lain seperti brazilein dan betasianin, agar senyawa zat warna tersebut saling berinteraksi dan membentuk warna yang lebih stabil (Sa'ati et al. 2016). Antosianin dapat membentuk kompleks

dengan beberapa logam antara lain Sn, Cu, Fe, Al, Mg, dan K. Antosianin memiliki gugus-gugus hidroksil yang mampu mengikat logam membentuk senyawa kompleks (Castañeda-Ovando et al. 2009). Pada penelitian ini dilakukan proses kopigmentasi antosianin dengan penambahan Fe-Alginate, Gum Arab, dan Catechin dari teh hijau.

#### Penambahan Fe-Alginate

Secara visual, variasi penambahan Fe-Alginate pada hasil ekstraksi antosianin dari ubi jalar ungu mengubah warna ekstrak menjadi semakin terang. Semakin besar massa Fe-Alginate yang ditambahkan, maka akan terjadi penggumpalan pada ekstraksi, sehingga terjadi enkapsulasi antosianin (Cortez et al. 2017), data tersaji pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Nilai TAC dan Visual Penambahan Fe-Alginate

Massa Fe Alginate (g)/ 20 ml ekstrak	TAC	Visual
0,01	0,1679	Alginate larut, warna sedikit berubah
0,05	0,1204	Alginate larut, warna sedikit berubah
0,5	0,1113	Alginate larut, warna sedikit berubah
1,0	0,1043	Alginate menggumpal

Nilai absorbansi pada ekstrak antosianin dari ubi jalar ungu yang diberi perlakuan penambahan Fe-Alginate semakin turun dengan semakin naiknya konsentrasi Fe-Alginate. Hal ini terjadi karena terbentuk kompleks antara antosianin dan kation  $Fe^{3+}$  yang mengakibatkan tampilan warna sedikit memudar (Cavalcanti, Santos, and Meireles 2011; Tachibana, Kimura, and Ohno 2014). Terbentuknya kompleks antara kation Fe dengan antosianin ini meningkatkan kestabilan antosianin (Fernandes et al. 2013; Galaffu, Bortlik, and Michel 2015; Tachibana, Kimura, and Ohno 2014).

#### 3.2. Penambahan Gum Arabic

Secara visual, variasi penambahan Gum Arabic pada ekstrak antosianin dari ubi jalar ungu mengubah konsistensi ekstrak yang dihasilkan, seperti hasil penelitian pada Tabel 3. Hal ini terjadi karena gum Arabic merupakan agen emulsifikasi, sehingga meningkatkan kekentalan ekstrak antosianin yang dihasilkan (Murali et al. 2015).

**Tabel 3.** Nilai TAC dan Visual Penambahan Gum Arabic

Massa Gum Arabic (g)/20 ml ekstrak	TAC	Visual
0,01	0,1316	Mengental
0,05	0,1043	Mengental
0,5	0,0925	Mengental, warna memudar
1,5	0,0831	Mengental, warna memudar

Efek penambahan gum arabic pada ekstrak antosianin membentuk ikatan hydrogen dengan antosianin sehingga terjadi peningkatan stabilitas pada senyawa antosianin (Chung et al. 2016). Namun dengan semakin tingginya konsentrasi gum arab pada larutan, maka akan terjadi kepadatan sehingga terjadi kompleks pada gum Arabic yang lebih dominan (Murali et al. 2015). Hal ini selaras

dengan hasil penelitian, absorbansi semakin menurun dengan bertambahnya konsentrasi gum Arabic.

### 3.3. Penambahan Teh Hijau/Catechin

Tujuan penambahan teh hijau yang mengandung catechin adalah kandungan antioksidan yang dimiliki (Vuong et al. 2010). Selain itu, pigmen memiliki kemampuan untuk saling berikatan menghasilkan senyawa yang lebih stabil (Sa'ati et al. 2016). Namun karena adanya penambahan senyawa berwarna pada larutan ekstrak antosianin, maka akan terjadi pergeseran warna yang dinampakkan ekstrak tercopigmentasi (Montilla et al. 2010). Hasil dari penambahan teh hijau pada ekstrak antosianin disajikan pada Tabel 4.

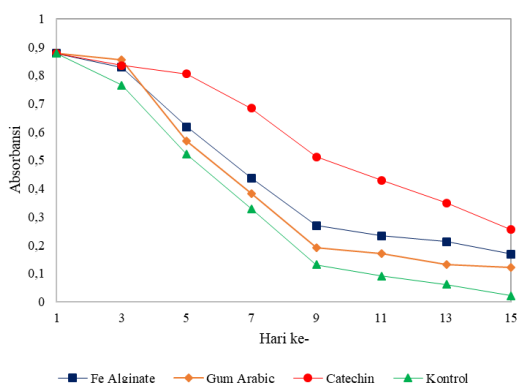
**Tabel 4.** Nilai TAC dan Visual Penambahan Catechin

Volume Teh Hijau (ml)/20 ml ekstrak	TAC	Visual
0,5	0,1949	Warna tetap
1	0,1640	Warna tetap
2	0,1299	Warna sedikit memudar
5	0,0889	Warna memudar

### 3.4. Uji Stabilitas

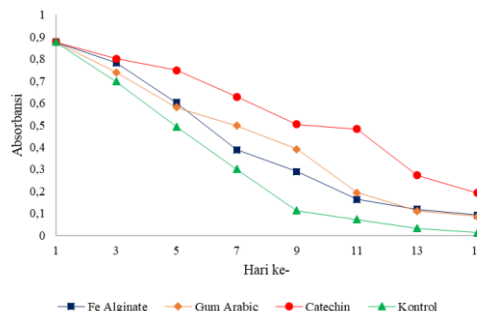
Uji stabilitas ekstrak antosianin dilakukan dengan menyimpan ekstrak dalam dua kondisi yang berbeda. Data absorbansi pada uji stabilitas antosianin terhadap kondisi penyimpanan disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Kondisi penyimpanan sangat berpengaruh terhadap stabilitas warna ekstrak antosianin ubi jalar ungu. Hasil pengamatan menunjukkan ekstrak zat warna lebih stabil bila disimpan pada temperatur dingin dibandingkan dengan penyimpanan pada temperatur ruang. Intensitas perubahan stabilitas zat warna dilihat dari penurunan nilai absorbansi dari ekstrak yang disimpan disuhu ruang terjadi cukup besar pada hari ke-15, dan secara visual ditunjukkan dengan perubahan warna menjadi coklat. Perubahan warna saat penyimpanan disebabkan kandungan enzim polifenolase pada antosianin yang bertindak sebagai katalis pada reaksi pencoklatan (Esatbeyoglu et al. 2017). Menyimpan pada suhu kamar mengubah kekuatan pewarna secara signifikan, dan menyimpan pada suhu rendah mencegah terjadinya kopigmentasi dan reaksi terbakar sinar matahari.



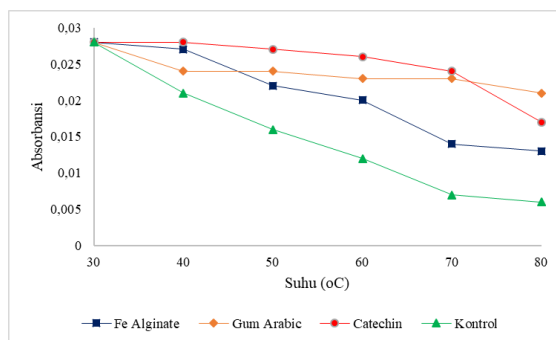
**Gambar 1.** Grafik Nilai Absorbansi pada Uji Stabilitas Penyimpanan Suhu Renda

Pada penyimpanan suhu rendah terjadi penurunan absorbansi dari 0,9 dengan hasil ekstrak paling stabil pada kopigmentasi dengan catechin pada absorbansi 0,255. Sedangkan pada ekstrak tanpa kopigmentasi terjadi penurunan absorbansi dari 0,9 menjadi 0,021. Sedangkan pada penyimpanan pada suhu ruang, absorbansi yang didapatkan pada hari ke-15 lebih rendah. Pada kopigmentasi dengan catechin didapatkan pada hari ke-15, absorbansi akhir adalah 0,192, kopigmentasi Fe-Alginat 0,093, kopigmentasi gum Arabic 0,086, dan tanpa kopigmentasi didapatkan absorbansi 0,012.



**Gambar 2.** Grafik Nilai Absorbansi pada Uji Stabilitas Penyimpanan Suhu Ruang

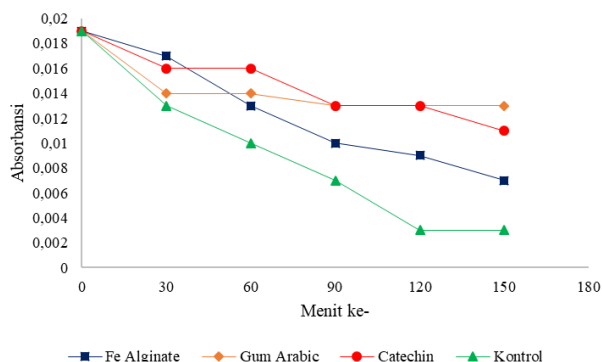
Pada uji kestabilan antosianin dari ubi jalar ungu pada uji pemanasan, data disajikan pada Gambar 3. Hasil terbaik didapatkan pada kopigmentasi dengan gum-arabic. Pemanasan sangat berpengaruh terhadap stabilitas warna antosianin. Secara visual pemanasan menyebabkan warna ekstrak zat antosianin memucat dan bila pemanasan diteruskan warna berubah menjadi coklat. Hal ini disebabkan proses hidrolisis pada ketiga ikatan glikosidik antosianin dan proses ini membentuk anglikon-aglikon yang tidak stabil, mengakibatkan terbukanya cincin menyebabkan terbentuknya gugus karbinol yang tidak berwarna (Truong et al. 2012; Vankar and Srivastava 2010).



**Gambar 3.** Grafik Nilai Absorbansi pada Uji Stabilitas Pemanasan

Pada uji kestabilan antosianin dari ubi jalar ungu pada uji oksidasi, data disajikan pada Gambar 4. Hasil analisis terlihat adanya penurunan nilai absorbansi akibat penambahan oksidator H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Hasil terbaik didapatkan pada

kopigmentasi dengan gum-arabic. Penambahan oksidan menyebabkan penurunan absorbansi karena penurunan kadar antosianin yang terjadi akibat penyerangan pada gugus reaktif pada pewarna oleh oksidator, sehingga gugus reaktif yang berubah menjadi tidak berwarna. Oksidator dalam larutan membentuk kation flavium yang berwarna merah kehilangan proton, sehingga flavium akan menjadi karbinol yang tidak berwarna.



**Gambar 4.** Grafik Nilai Absorbansi pada Uji Stabilitas terhadap Oksidasi

#### 4. Kesimpulan

Penambahan Fe-Alginat, Gum Arab, dan teh hijau secara umum dapat menstabilkan antosianin terhadap penyimpanan, pemanasan, dan oksidasi. Penambahan agen kopigmentasi akan menggeser nilai warna yang dihasilkan pada larutan ekstrak. Semakin tinggi nilai konsentrasi agen kopigmentasi yang ditambahkan pada ekstrak, maka pergeseran warna akan semakin tinggi, ditunjukkan dengan penurunan nilai TAC. Kopigmentasi terbaik didapatkan dengan agen teh hijau yang mengandung catechin konsentrasi 0,01 ml teh hijau/20 ml ekstrak. dengan nilai TAC 0,1949 mg/L. Pada penyimpanan, penambahan catechin dalam teh hijau memberikan stabilitas yang paling baik. Sedangkan pada pemanasan dan oksidasi, penambahan Gum Arabic akan menstabilkan kondisi ekstrak antosianin.

#### Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM UAD dan Teknik Kimia UAD atas dukungan pendanaan dan fasilitas laboratorium rekayasa proses. Penelitian ini didanai melalui anggaran UAD dengan Nomor Kontrak PDP-067/SP3/LPPM-UAD/2020

#### Daftar Pustaka

Arifuddin, Widiastini. 2018. "Aktivitas Antioksidan Senyawa Antosianin Dari Ekstrak Etanol Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea Batatas L.*)" *Celebes Biodiversitas* 1(2): 26–29.

- Castañeda-Ovando, Araceli et al. 2009. "Chemical Studies of Anthocyanins: A Review." *Food Chemistry* 113(4): 859–71. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.001>.
- Cavalcanti, Rodrigo N., Diego T. Santos, and Maria Angela A. Meireles. 2011. "Non-Thermal Stabilization Mechanisms of Anthocyanins in Model and Food Systems-An Overview." *Food Research International* 44(2): 499–509. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.007>.
- Chung, Cheryl, Thananunt Rojanasasithara, William Mutilangi, and David Julian McClements. 2016. "Enhancement of Colour Stability of Anthocyanins in Model Beverages by Gum Arabic Addition." *Food Chemistry* 201: 14–22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.051>.
- Cortez, Regina, Diego A. Luna-Vital, Daniel Margulis, and Elvira Gonzalez de Mejia. 2017. "Natural Pigments: Stabilization Methods of Anthocyanins for Food Applications." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16(1): 180–98.
- Esatbeyoglu, Tuba et al. 2017. "Fractionation, Enzyme Inhibitory and Cellular Antioxidant Activity of Bioactives from Purple Sweet Potato (*Ipomoea Batatas*)." *Food Chemistry* 221: 447–56. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.077>.
- Fernandes, Ana et al. 2013. "Effect of Cyclodextrins on the Thermodynamic and Kinetic Properties of Cyanidin-3-O-Glucoside." *Food Research International* 51(2): 748–55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2013.01.037>.
- Galaffu, N., K. Bortlik, and M. Michel. 2015. *Colour Additives for Foods and Beverages An Industry Perspective on Natural Food Colour Stability*. Elsevier Ltd. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-78242-011-8.00005-2>.
- Ibrahim, Hekmat I. et al. 2020. "Synthesis, Characterization and Application of Reactive UV Absorbers for Enhancing UV Protective Properties of Cotton Fabric." *Egyptian Journal of Chemistry* 63(2): 525–36.
- Kementerian Pertanian. 2018. *Statistik Pertanian 2018*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Montilla, Elyana Cuevas et al. 2010. "Preparative Isolation of Anthocyanins from Japanese Purple Sweet Potato (*Ipomoea Batatas L.*) Varieties by High-Speed Countercurrent Chromatography." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(18): 9899–9904.
- Murali, S., Abhijit Kar, Debabandya Mohapatra, and Pritam Kalia. 2015. "Encapsulation of Black Carrot Juice Using Spray and Freeze Drying." *Food Science and Technology International* 21(8): 604–12.
- Sa'ati, Elfi Anis, Iin Arifatul Khoridah, Moch Wachid, and Sri Winarsih. 2016. "KOPIGMENTASI TIGA ESKTRAK ANTOSIANIN DENGAN SECANG (*Caesalpania Sappan L.*) DAN APLIKASINYA

- PADA PERMEN JELLY SIRSAK.” : 178–86.
- Tachibana, Noriko, Yukihiro Kimura, and Takashi Ohno. 2014. “Examination of Molecular Mechanism for the Enhanced Thermal Stability of Anthocyanins by Metal Cations and Polysaccharides.” *Food Chemistry* 143: 452–58. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.017>.
- Truong, V. D. et al. 2012. “Pressurized Liquid Extraction and Quantification of Anthocyanins in Purple-Fleshed Sweet Potato Genotypes.” *Journal of Food Composition and Analysis* 26(1–2): 96–103.
- Vankar, Padma S., and Jyoti Srivastava. 2010. “Evaluation of Anthocyanin Content in Red and Blue Flowers.” *International Journal of Food Engineering* 6(4).
- Vuong, Quan V., John B. Golding, Minh Nguyen, and Paul D. Roach. 2010. “Extraction and Isolation of Catechins from Tea.” *Journal of Separation Science* 33(21): 3415–28.
- Wicaksono, Luqman Agung, Yunianta, and Tri Dewanti Widyaningsih. 2016. “Anthocyanin Extraction from Purple Sweet Potato Cultivar Antin-3 (*Ipomoea Batatas* L.) Using Maceration, Microwave Assisted Extraction, Ultrasonic Assisted Extraction and Their Application as Anti-Hyperglycemic Agents in Alloxan-Induced Wistar Rats.” *International Journal of PharmTech Research* 9(3): 181–92.