

Stabilitas Pigmen Antosianin Dari Tepung Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea Batatas L.*) dalam Model Kopigmentasi dengan Variasi Asam

*Stability of Anthocyanin Pigments from Purple Sweet Potato Flour (*Ipomoea batatas L.*) in Copigmentation Models with Various Acids*

Zafriyanti Afkhiaka*, M. Khoiron Ferdiansyah, Arief Rakhman Affandi, Rini Umiyati

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang, Indonesia

*E-mail Korespondensi: zafriyantiafkhiaka312@gmail.com

ABSTRAK

Ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L.*) merupakan sumber antosianin alami yang berpotensi sebagai pewarna dan antioksidan, tetapi stabilitasnya rendah. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh jenis asam sebagai kopigmen terhadap karakteristik dan stabilitas antosianin tepung ubi jalar ungu. Penelitian menggunakan RAL satu faktor dengan empat perlakuan (kontrol, asam tartrat, asam sitrat, dan asam askorbat) serta tiga ulangan. Parameter meliputi rendemen, kadar air, warna, pH, total antosianin, total asam, retensi warna, dan aktivitas antioksidan. Hasil menunjukkan jenis asam berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap seluruh parameter kecuali nilai b^* . Asam tartart memberikan hasil terbaik dengan total antosianin 120,6 mg/g, aktivitas antioksidan 33,54%, dan retensi warna tertinggi sehingga paling efektif meningkatkan stabilitas antosianin.

Kata kunci:

Antosianin, Jenis Asam, Kopigmentasi, Ubi Jalar Ungu

ABSTRACT

Purple sweet potato (*Ipomoea batatas L.*) is a natural source of anthocyanins with potential as a natural colorant and antioxidant, but its stability is limited. This study evaluated the effect of organic acids as copigments on the characteristics and stability of anthocyanins in purple sweet potato flour. A completely randomized design with four treatments (control, tartaric acid, citric acid, and ascorbic acid) and three replications was used. Parameters included yield, moisture content, color, pH, total anthocyanin, total acid, color retention, and antioxidant activity. Organic acid significantly affected all parameters except b^* ($P < 0.05$). Tartaric acid produced the highest anthocyanin content, antioxidant activity, and color retention, indicating the greatest anthocyanin stability.

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted/Received 22 Jul 2026

First Revised 15 Aug 2026

Accepted 27 Aug 2026

First Available online 1 Sep 2026

Publication Date 1 Sep 2026

Keyword:

Anthocyanin, Copigmentation, Purple Sweet Potato, Type of Acid

1. PENDAHULUAN

Warna merupakan salah satu atribut utama produk pangan karena memengaruhi daya tarik dan tingkat penerimaan konsumen (Purnama & Azizah, 2020). Meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap keamanan pangan mendorong penggunaan pewarna alami sebagai alternatif pengganti pewarna sintetis. Salah satu sumber pewarna alami yang potensial adalah antosianin, yaitu pigmen larut air yang menghasilkan warna merah, ungu, dan biru pada berbagai jenis tanaman seperti ubi jalar ungu (Yummas *et al.*, 2020). Ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) merupakan salah satu sumber antosianin yang melimpah dan mudah diperoleh di Indonesia. Kandungan antosianinnya menghasilkan warna ungu khas yang berpotensi dimanfaatkan sebagai pewarna alami pangan (Pranata, 2021). Untuk memperpanjang masa simpan serta mempermudah penyimpanan dan aplikasinya dalam produk pangan, ubi jalar ungu dapat diolah menjadi tepung (Munthe *et al.*, 2018).

Antosianin pada ubi jalar ungu merupakan turunan sianidin dan peonidin yang umumnya berikatan dengan satu atau lebih unit glukosa serta dapat mengalami asilasi oleh asam fenolat, seperti asam kafeat, ferulat, dan *p*-kumarat (Huang *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2019). Keberadaan gugus asil pada struktur antosianin menyebabkan terjadinya kopigmentasi intramolekuler melalui interaksi antara gugus asil dan inti kromofor, sehingga dapat melindungi inti flavilium dari hidrasi dan perubahan struktur. Struktur terasilasi tersebut menyebabkan antosianin ubi jalar ungu memiliki stabilitas yang relatif lebih baik dibandingkan antosianin yang tidak terasilasi (Fenger *et al.*, 2021). Meskipun demikian, stabilitas antosianin tetap dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti pH, oksigen, cahaya, dan suhu yang dapat menyebabkan perubahan struktur dan degradasi warna (Athamid *et al.*, 2020). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan stabilitas antosianin adalah kopigmentasi, yaitu pembentukan kompleks antara antosianin dan senyawa lain melalui interaksi nonkovalen yang mampu meningkatkan intensitas warna sekaligus mempertahankan kestabilannya (Nugrahaeni *et al.*, 2022; Nurbaety *et al.*, 2021).

Asam organik merupakan salah satu kelompok senyawa yang berpotensi memengaruhi kestabilan antosianin melalui interaksi molekuler dan perubahan kondisi asam dalam sistem. Asam tartrat, asam sitrat, dan asam askorbat memiliki gugus fungsional yang berpotensi berinteraksi secara nonkovalen dengan antosianin. Asam tartrat dan asam sitrat mengandung gugus hidroksil (-OH) dan karboksil (-COOH) (Liu *et al.*, 2025). Sedangkan asam askorbat memiliki gugus hidroksil serta gugus karbonil dan sistem lakton (Reang *et al.*, 2021). Gugus-gugus tersebut berpotensi berinteraksi melalui ikatan hidrogen dengan gugus hidroksil fenolik, gugus hidroksil pada gula, serta atom oksigen pada struktur antosianin. Interaksi tersebut dapat memengaruhi lingkungan molekuler antosianin dan berkontribusi terhadap pemeliharaan bentuk berwarna dari pigmen. Selain itu, sifat asam dari senyawa tersebut dapat menurunkan pH sistem dan menggeser kesetimbangan struktur antosianin ke arah kation flavilium yang memiliki warna lebih kuat. Perbedaan struktur dan jumlah gugus fungsional pada masing-masing asam dapat menyebabkan respons yang berbeda terhadap karakteristik warna dan kestabilan antosianin (Liu *et al.*, 2025).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penambahan senyawa asam dapat meningkatkan stabilitas antosianin. Penelitian Tuslinah *et al.* (2021) menunjukkan bahwa asam tartrat dan asam galat pada Honje Laka (*Etlingera elatior*), meskipun tidak berbeda nyata, mampu mempertahankan stabilitas antosianin pada kondisi pH 2 dan suhu 30 °C. Sementara itu, penelitian Isnaeni *et al.* (2021) mengenai kopigmentasi antosianin ekstrak etanol buah naga merah (*Hylocereus costaricensis*) menunjukkan bahwa asam sitrat dapat meningkatkan stabilitas warna pada pH 3. Selain itu, Munawaroh *et al.* (2015) menunjukkan bahwa penggunaan asam askorbat sebagai kopigmen pada antosianin kulit manggis dengan

rasio massa 1:3 mampu meningkatkan persentase retensi warna dibandingkan perlakuan kontrol tanpa kopigmen. Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa asam tartrat, asam sitrat, dan asam askorbat berpotensi meningkatkan stabilitas warna antosianin.

Hingga saat ini, penelitian mengenai penggunaan asam tartrat, asam sitrat, dan asam askorbat sebagai kopigmen pada antosianin tepung ubi jalar ungu masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh jenis asam terhadap stabilitas dan karakteristik warna antosianin pada tepung ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L.*) sebagai pewarna alami pangan.

2. METODOLOGI

2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan analitik (Ohaus), blender (Philips HR2221), *cabinet dryer*, *vortex* (DLAB), *rotary evaporator* (DLAB Re100-Pro), oven (Mettler UN 55), *vortex* (Lab Dancer), desikator, *centrifuge* (Thermo Scientific), spektrofotometer UV-Vis (Spectroquant Prove 300), colorimeter (FRU), dan pH meter (EZ-9909). Peralatan pendukung yang digunakan antara lain ayakan 60 mesh, labu takar, pipet ukur, kertas saring Whatman No. 1, gelas piala, tabung reaksi, cawan timbang, loyang, botol kaca gelap, *ziplock*, dan lemari pendingin.

2.2 Bahan

Bahan utama dalam penelitian ini adalah ubi jalar ungu segar (*Ipomoea batatas L.*) yang dipanen di Kabupaten Kendal pada umur 3–4 bulan. Bahan tambahan meliputi asam tartrat, asam sitrat, dan asam askorbat (*food grade*) sebagai kopigmen, etanol teknis 70% sebagai pelarut, serta akuades. Bahan analisis yang digunakan antara lain larutan buffer KCl pH 1,0, buffer natrium asetat pH 4,5, buffer sitrat pH 3,5, metanol, etanol, DPPH, H₂O₂, dan indikator fenoltalein. Seluruh bahan yang digunakan merupakan bahan teknis atau proanalisis (p.a.) yang sesuai untuk keperluan laboratorium.

2.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan, yaitu kontrol (tanpa penambahan asam kopigmen), asam tartrat, asam sitrat, dan asam askorbat. Setiap perlakuan diulang tiga kali sehingga diperoleh 12 satuan percobaan. Tahap ini bertujuan menentukan jenis asam organik terbaik sebagai kopigmen berdasarkan parameter yang diamati meliputi rendemen, kadar air, warna, pH, total kadar antosianin, total asam tertitrasi, retensi warna, dan aktivitas antioksidan. Data dianalisis menggunakan analisis varian (ANOVA) dengan bantuan SPSS 22. Apabila terdapat perbedaan nyata ($p < 0,05$), analisis dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf signifikansi 5% untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan.

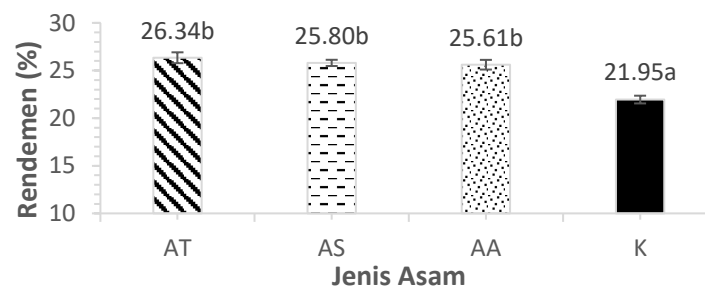
2.4 Tahapan Penelitian

Prosedur pembuatan tepung ubi jalar ungu mengacu pada Munthe et al. (2018) dengan sedikit modifikasi. Ubi jalar ungu disortasi, dicuci, dikupas, dan diiris setebal $\pm 0,5$ cm, kemudian direndam dalam larutan asam tartrat, asam sitrat, atau asam askorbat 1,5% (b/v) dengan perbandingan bahan dan larutan 1:2 (b/v) selama 70 menit (Irfan et al., 2020). Selanjutnya, irisan ditiriskan, dikeringkan menggunakan *cabinet dryer* pada suhu 50°C selama ± 10 jam, digiling, diayak menggunakan ayakan 60 mesh, lalu dikemas dalam plastik kedap untuk menjaga kualitas tepung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Rendemen

Rendemen merupakan parameter yang menunjukkan perbandingan antara berat akhir produk kering yang diperoleh dengan berat awal bahan baku yang digunakan selama proses pengolahan. Nilai rendemen digunakan untuk mengetahui efisiensi suatu proses produksi dimana, semakin tinggi rendemen maka semakin besar jumlah produk yang dihasilkan dari bahan baku yang digunakan. Selain itu, rendemen juga dapat menunjukkan keberhasilan proses pengolahan dalam mempertahankan komponen bahan selama proses berlangsung (Awallya *et al.*, 2026). Berdasarkan hasil penelitian, rendemen tepung ubi jalar ungu berkisar antara 21,95–26,34%. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan asam tartrat, asam sitrat, dan asam askorbat berbeda nyata terhadap kontrol ($P < 0,05$), sebagaimana disajikan pada Gambar 1.



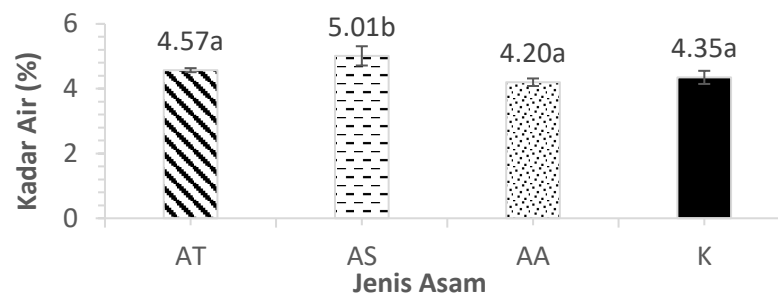
Gambar 1. Nilai Rendemen Tepung Ubi Jalar Ungu

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$). Keterangan: AT = asam tartrat; AS = asam sitrat; AA = asam askorbat; K = kontrol

Berdasarkan Gambar 1, jenis asam yang digunakan memengaruhi rendemen tepung ubi jalar ungu. Perlakuan asam tartrat menghasilkan rendemen tertinggi, sedangkan kontrol menghasilkan rendemen terendah. Tingginya rendemen pada perlakuan asam tartrat disebabkan karena kemampuannya mempertahankan komponen padatan bahan selama proses pengolahan. Asam tartrat memiliki aktivitas hidrolisis yang lebih rendah dibandingkan beberapa asam organik lainnya, sehingga degradasi dan pelarutan komponen bahan dapat diminimalkan. Akibatnya, kehilangan padatan (*solid loss*) selama proses perendaman menjadi lebih rendah dan rendemen yang dihasilkan lebih tinggi. Hasil ini sejalan dengan penelitian Prabsangob *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa penggunaan asam tartrat pada ekstraksi pektin menghasilkan rendemen lebih tinggi dibandingkan asam sitrat karena degradasi komponen bahan yang lebih rendah selama proses ekstraksi. Sebaliknya, asam sitrat memiliki kemampuan hidrolisis yang lebih tinggi sehingga sebagian komponen bahan lebih mudah larut selama proses perendaman, yang menyebabkan rendemen lebih rendah dibandingkan asam tartrat. Perlakuan asam askorbat juga menghasilkan rendemen yang lebih rendah karena peran utamanya sebagai antioksidan lebih dominan dibandingkan kemampuannya dalam mempertahankan struktur padatan bahan. Oleh karena itu, jumlah padatan yang tersisa setelah proses pengeringan pada perlakuan asam tartrat lebih tinggi dibandingkan perlakuan asam lainnya (Pang *et al.*, 2024). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa efektivitas suatu asam dalam meningkatkan rendemen tidak hanya ditentukan oleh kemampuannya menurunkan pH, tetapi juga oleh kemampuannya mempertahankan komponen padatan bahan selama proses pengolahan. Semakin sedikit komponen bahan yang hilang selama proses perendaman dan pengeringan, semakin tinggi rendemen yang dihasilkan. Pada penelitian ini, asam tartrat menunjukkan kemampuan terbaik dalam mempertahankan komponen bahan sehingga menghasilkan rendemen tertinggi.

3.2 Kadar Air

Kadar air merupakan jumlah air yang terkandung dalam suatu bahan yang dinyatakan dalam persentase (Prasetyo, 2019). Kadar air menjadi salah satu parameter penting karena memengaruhi mutu, daya simpan, dan stabilitas produk. Proses pengeringan berperan dalam menurunkan kadar air, di mana penggunaan oven lebih efektif dibandingkan penjemuran karena suhu dapat dikontrol dan panas terdistribusi lebih merata sehingga penguapan air berlangsung lebih optimal (Rijal et al., 2019). Hasil analisis kadar air tepung ubi jalar ungu disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Nilai Kadar Air Tepung Ubi Jalar Ungu

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$). AT = asam tartrat; AS = asam sitrat; AA = asam askorbat; K = kontrol.

Hasil analisis menunjukkan bahwa jenis asam berpengaruh nyata terhadap kadar air tepung ubi jalar ungu ($P < 0,05$). Perlakuan asam sitrat (AS) menghasilkan kadar air tertinggi sebesar 5,01%, sedangkan asam askorbat (AA) menghasilkan kadar air terendah sebesar 4,20%. Perlakuan asam tartrat (AT) dan kontrol (K) masing-masing memiliki kadar air sebesar 4,57% dan 4,35%. Tingginya kadar air pada perlakuan asam sitrat disebabkan oleh sifat higroskopisnya yang mampu mengikat dan mempertahankan air di dalam jaringan bahan selama proses perendaman. Selain berfungsi sebagai penghambat pencokelatan, asam sitrat juga berperan sebagai larutan penyangga yang membantu menjaga kestabilan pH selama pengolahan (Santosa et al., 2019). Sebaliknya, perlakuan asam askorbat menghasilkan kadar air terendah yang menunjukkan proses pengeringan berlangsung lebih efektif sehingga lebih banyak air yang menguap dari bahan. Kadar air yang rendah diinginkan pada produk tepung karena dapat meningkatkan stabilitas selama penyimpanan dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab kerusakan pangan (Sholichah et al., 2020). Hasil penelitian ini sejalan dengan Husna et al. (2013) yang menunjukkan bahwa kadar air tepung ubi jalar ungu berkisar antara 3,51–6,71%, bergantung pada metode pengolahan dan pengeringan. Seluruh perlakuan juga telah memenuhi persyaratan SNI 01-3751-2009 karena kadar air yang diperoleh masih berada di bawah batas maksimum 14%.

3.3 Warna

Warna merupakan salah satu atribut penting dalam menentukan mutu dan tingkat penerimaan konsumen terhadap produk pangan karena menjadi karakteristik pertama yang diamati sebelum aroma, rasa, dan tekstur (Marlita, 2026). Pada tepung ubi jalar ungu, warna berkaitan erat dengan kandungan pigmen antosianin sehingga perubahan warna selama pengolahan perlu dipantau. Pengukuran warna pada penelitian ini meliputi parameter L^* (kecerahan), a^* (kemerahan), dan b^* (kekuningan). Hasil analisis warna tepung ubi jalar ungu disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Warna Tepung Ubi Jalar Ungu

Perlakuan	Profil Warna		
	<i>Lightness (L*)</i>	<i>Redness (a*)</i>	<i>Yellowness (b*)</i>
Asam Tartrat	63,25±0,59 ^b	22,42±0,20 ^c	-6,94±0,13 ^a
Asam Sitrat	61,80±0,38 ^a	20,88±0,12 ^b	-6,16±0,08 ^a
Asam Askorbat	61,74±0,41 ^a	20,89±0,14 ^b	-6,12±0,06 ^a
Kontrol	60,91±0,65 ^a	18,34±0,24 ^a	-5,68±0,13 ^a

Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 5%.

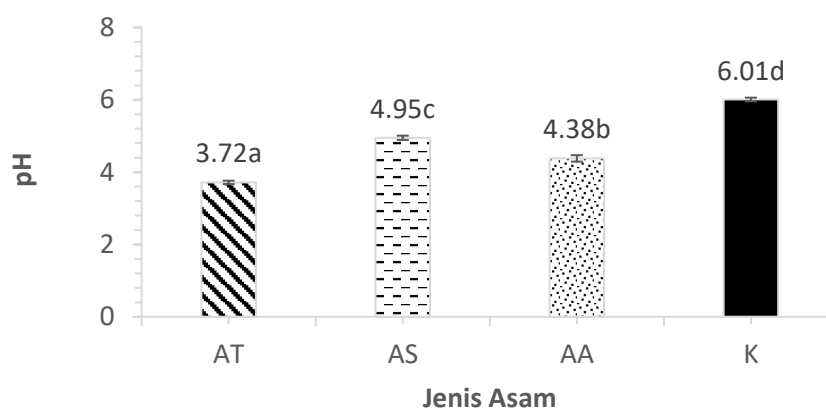
Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis asam berpengaruh nyata terhadap nilai L* dan a* ($P < 0,05$), tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap nilai b*. Perlakuan asam tartrat menghasilkan nilai L* tertinggi (63,25), menunjukkan warna tepung yang lebih cerah dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini disebabkan karena asam tartrat mampu membentuk kompleks kopigmentasi yang lebih stabil melalui ikatan hidrogen dengan molekul antosianin sehingga mampu melindungi struktur flavilium dari degradasi akibat suhu, oksidasi, dan perubahan pH (Liu et al., 2025; Trouillas et al., 2016). Sebaliknya, pada kontrol tidak terdapat senyawa penstabil sehingga antosianin lebih mudah mengalami degradasi yang menyebabkan tingkat kecerahan lebih rendah (Winaryo et al., 2022).

Nilai a* berkisar antara 18,34–22,42, dengan nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan asam tartrat. Nilai a* yang tinggi menunjukkan intensitas warna merah yang lebih kuat. Kondisi ini disebabkan oleh kemampuan asam tartrat mempertahankan antosianin dalam bentuk kation flavilium yang stabil sehingga menghasilkan efek hiperkromik, yaitu peningkatan intensitas warna akibat meningkatnya kemampuan pigmen menyerap cahaya (Rein, 2005). Hasil ini sejalan dengan Chahrou & Trak (2018), yang menyatakan bahwa kopigmentasi menggunakan asam tartrat mampu meningkatkan stabilitas dan intensitas warna antosianin.

Nilai b* pada seluruh perlakuan bernilai negatif dan tidak berbeda nyata, menunjukkan bahwa warna ungu kebiruan khas ubi jalar ungu tetap dipertahankan. Meskipun perlakuan asam tartrat menghasilkan nilai b* paling rendah (-6,94), perbedaan antarperlakuan relatif kecil sehingga tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan asam sebagai kopigmen lebih berperan dalam meningkatkan kecerahan (L*) dan intensitas warna merah (a*) dibandingkan mengubah komponen warna biru-kuning (b*) pada tepung ubi jalar ungu.

3.4 pH

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu parameter penting yang memengaruhi stabilitas dan daya simpan produk pangan. Nilai pH menunjukkan tingkat keasaman suatu bahan dan berperan dalam menjaga kestabilan pigmen antosianin (Syaifuddin et al., 2019). Hasil analisis pH tepung ubi jalar ungu pada berbagai perlakuan asam disajikan pada Gambar 3.



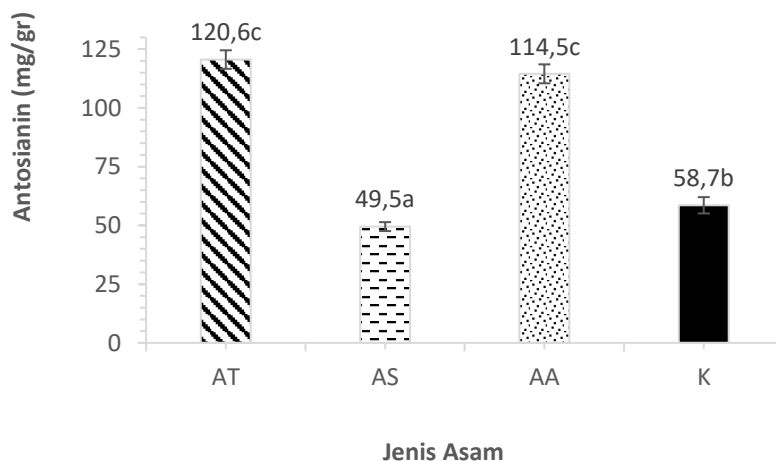
Gambar 3. Nilai pH Tepung Ubi Jalar Ungu

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$). AT = asam tartrat; AS = asam sitrat; AA = asam askorbat; K = kontrol

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis asam berpengaruh nyata terhadap nilai pH ($P < 0,05$), dengan kisaran pH 3,72–6,01. Perlakuan asam tartrat menghasilkan nilai pH terendah, sedangkan kontrol menunjukkan nilai pH tertinggi. Perbedaan nilai pH tersebut berkaitan dengan kestabilan antosianin, karena peningkatan pH menyebabkan perubahan kesetimbangan struktur antosianin dari kation flavilium (AH^+) menuju bentuk basa kuinonoid, hemiketal, dan kalkon yang relatif kurang stabil, sehingga dapat menyebabkan penurunan intensitas warna dan mempercepat degradasi antosianin (Giusti & Wrolstad, 2001). Sebaliknya, peningkatan pH menyebabkan antosianin berubah menjadi bentuk basa kuinonoid, karbinol, dan kalkon yang kurang stabil sehingga intensitas warnanya menurun (Oliveira et al., 2021; Pina, 2014). Hasil penelitian ini sejalan dengan Ayun (2022) yang menyatakan bahwa pH merupakan faktor utama yang memengaruhi warna antosianin. Nurbaety et al. (2021) juga menyatakan bahwa peningkatan pH menggeser keseimbangan struktur antosianin ke arah pembentukan kalkon sehingga menyebabkan pemudaran warna. Selain itu, Adam (2017) menyatakan bahwa peningkatan pH menurunkan absorbansi antosianin akibat perubahan bentuk kation flavilium menjadi karbinol dan kalkon yang tidak mampu menyerap cahaya secara optimal. Stabilitas antosianin pada ubi jalar ungu juga dilaporkan dipengaruhi oleh pH, sehingga pH menjadi salah satu faktor penting dalam mempertahankan kestabilan pigmen selama pengolahan (Chen et al., 2019). Meskipun demikian, perbedaan pH tidak menunjukkan pola yang secara langsung sejalan dengan aktivitas antioksidan. Perlakuan kontrol dengan pH 6,01 masih menunjukkan aktivitas antioksidan sebesar 28,15%, lebih tinggi dibandingkan perlakuan asam sitrat sebesar 21,49% dan asam askorbat sebesar 16,18%. Hal tersebut menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan yang diukur menggunakan metode DPPH tidak hanya berkaitan dengan kestabilan antosianin, tetapi juga dipengaruhi oleh keberadaan senyawa fenolik dan komponen bioaktif lainnya dalam ubi jalar ungu (Liu et al., 2023).

3.5 Total Kadar Antosianin

Total kadar antosianin merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui jumlah pigmen antosianin yang dapat dipertahankan selama proses perlakuan. Semakin tinggi nilai total kadar antosianin, semakin besar jumlah pigmen antosianin yang tetap terjaga (Taghavi *et al.*, 2022). Hasil analisis total kadar antosianin pada model kopigmentasi tepung ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) dengan berbagai jenis asam disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Total Kadar Antosianin

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$). AT = asam tartrat; AS = asam sitrat; AA = asam askorbat; K = kontrol

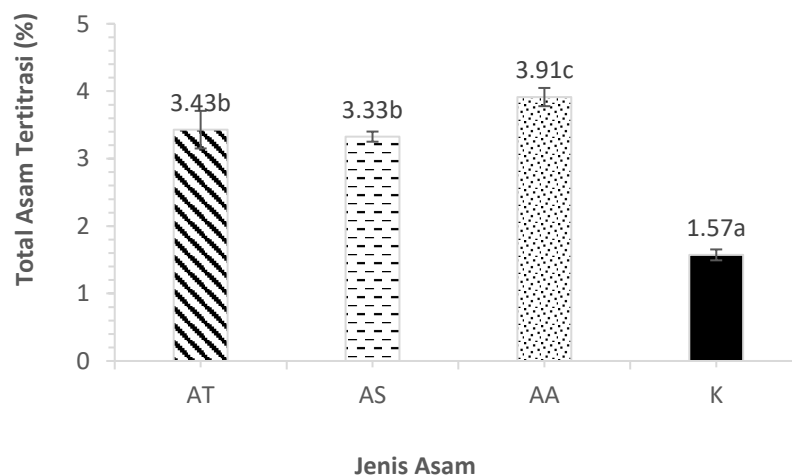
Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis asam berpengaruh nyata terhadap total kadar antosianin ($P < 0,05$), dengan kadar antosianin berkisar antara 49,50–120,57 mg/g ekstrak. Perlakuan asam tartrat menghasilkan kadar antosianin tertinggi sebesar 120,57 mg/g ekstrak, sedangkan perlakuan asam sitrat menghasilkan kadar terendah sebesar 49,50 mg/g ekstrak. Tingginya kadar antosianin pada perlakuan asam tartrat berkaitan dengan kondisi pH yang lebih rendah, sehingga antosianin lebih banyak dipertahankan dalam bentuk kation flavilium (AH^+) yang relatif stabil. Selain pengaruh pH, interaksi nonkovalen antara asam tartrat dan antosianin melalui ikatan hydrogen yang dapat mendukung terbentuknya kompleks kopigmentasi sehingga meningkatkan kestabilan pigmen (Liu *et al.*, 2025). Interaksi tersebut dapat menghambat proses hidrasi kation flavilium menjadi bentuk tidak berwarna, sehingga retensi pigmen dan total kadar antosianin tetap tinggi (Gençdağ *et al.*, 2022). Hasil ini sejalan dengan Trouillas *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa senyawa yang mampu membentuk ikatan hidrogen dapat meningkatkan stabilitas antosianin melalui mekanisme kopigmentasi. Tingginya kadar antosianin pada perlakuan asam tartrat juga sejalan dengan karakteristik warna yang dihasilkan. Nilai L^* yang lebih rendah menunjukkan warna yang relatif lebih gelap, sedangkan nilai a^* yang positif menunjukkan kecenderungan warna ke arah merah. Sementara itu, nilai b^* sebesar $-6,94$ menunjukkan kecenderungan warna ke arah biru, sehingga secara keseluruhan mendukung karakteristik warna ungu pada tepung ubi jalar ungu. Hubungan tersebut menunjukkan bahwa keberadaan antosianin dalam jumlah lebih

tinggi dapat berkontribusi terhadap intensitas warna, meskipun warna bahan tidak hanya ditentukan oleh kadar antosianin, tetapi juga dipengaruhi oleh pH, bentuk struktur antosianin, serta interaksi pigmen dengan komponen lain dalam matriks (Xu et al., 2024).

Sebaliknya, rendahnya kadar antosianin pada perlakuan asam sitrat dan asam askorbat menunjukkan bahwa perlindungan terhadap pigmen selama perlakuan belum optimal. Sebaliknya, rendahnya total kadar antosianin pada perlakuan asam sitrat dan asam askorbat menunjukkan bahwa efek stabilisasi yang dihasilkan belum optimal. Pada asam sitrat, hal ini disebabkan oleh interaksi kopigmentasi yang lebih lemah dibandingkan asam tartrat (Liu et al., 2025). Sedangkan pada asam askorbat disebabkan oleh sifatnya yang mudah mengalami oksidasi sehingga menurunkan stabilitas antosianin (Verma et al., 2023). Kondisi tersebut menyebabkan antosianin lebih mudah berubah menjadi bentuk karbinol yang tidak berwarna (Winaryo, 2022). Perbedaan total kadar antosianin juga berkaitan dengan nilai pH. Pada kondisi asam, antosianin berada dalam bentuk kation flavilium yang lebih stabil, sedangkan peningkatan pH menggeser kesetimbangan menuju bentuk karbinol dan basa kuinonoid yang kurang stabil sehingga kadar antosianin menurun (Basílio & Pina, 2016). Kondisi asam juga meningkatkan efisiensi ekstraksi antosianin dari matriks sel Putri (2026) serta menghasilkan nilai kemerahan (a^*) yang lebih tinggi dan kecerahan (L^*) yang lebih rendah akibat konsentrasi pigmen yang lebih besar (Baldassi et al., 2024). Selain pH, stabilitas antosianin juga dipengaruhi oleh suhu, cahaya, oksigen, metode pengolahan, dan lama penyimpanan (Winarti & Firdaus, 2010).

3.6 Total Asam Tertitrasi

Total asam tertitrasi (Total Titratable Acidity/TTA) merupakan parameter yang digunakan untuk menggambarkan jumlah total asam organik yang terkandung dalam suatu bahan. Nilai TTA digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman total suatu produk, baik yang berasal dari komponen alami maupun dari penambahan asam selama proses pengolahan. Nilai total asam tertitrasi berkaitan dengan pH dan berperan dalam memengaruhi stabilitas senyawa bioaktif, seperti antosianin. Hasil analisis total asam tertitrasi pada model kopigmentasi pigmen antosianin tepung ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L.*) dengan berbagai jenis asam disajikan pada **Gambar 5**.



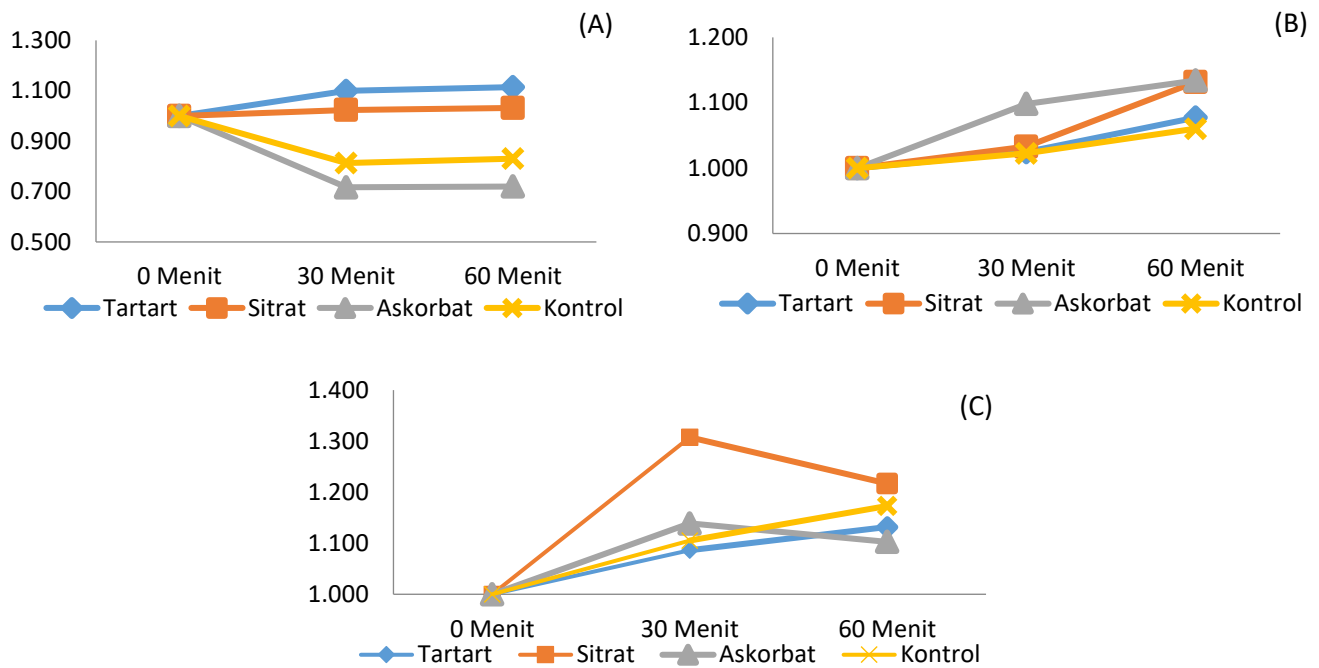
Gambar 5. Total Asam Tertitrasi

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$). AT = asam tartrat; AS = asam sitrat; AA = asam askorbat; K = kontrol

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis asam berpengaruh nyata terhadap total asam tertitrasi tepung ubi jalar ungu ($P < 0,05$), dengan kisaran 1,57–3,91%. Perlakuan asam askorbat (AA) menghasilkan total asam tertitrasi tertinggi sebesar 3,91%, sedangkan kontrol (K) menghasilkan nilai terendah sebesar 1,57%. Perlakuan asam tartrat (AT) dan asam sitrat (AS) masing-masing menghasilkan total asam tertitrasi sebesar 3,43% dan 3,33%. Tingginya total asam tertitrasi pada perlakuan asam askorbat menunjukkan bahwa penambahan asam askorbat meningkatkan kandungan asam pada tepung ubi jalar ungu karena sifatnya yang mudah larut dalam air sehingga sebagian besar tetap tertahan di dalam bahan. Sebaliknya, rendahnya total asam pada perlakuan kontrol menunjukkan bahwa keasaman hanya berasal dari asam organik alami yang terdapat pada ubi jalar ungu. Hasil ini sejalan dengan [Wiyono et al. \(2022\)](#) yang menyatakan bahwa penambahan asam dapat meningkatkan keasaman bahan sekaligus membantu mempertahankan stabilitas antosianin. Meskipun asam askorbat menghasilkan total asam tertitrasi tertinggi, nilai pH terendah justru diperoleh pada perlakuan asam tartrat. Hal ini menunjukkan bahwa nilai pH tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah asam, tetapi juga oleh kemampuan masing-masing asam dalam melepaskan ion H^+ ke dalam larutan ([Saragih et al., 2010](#)). Nilai pH yang lebih rendah mampu mempertahankan antosianin dalam bentuk kation flavilium yang lebih stabil, sedangkan peningkatan pH menyebabkan antosianin berubah menjadi bentuk karbinol atau kalkon yang tidak berwarna ([Enaru et al., 2021](#)). Selain itu, kondisi asam juga dapat menghambat degradasi antosianin akibat oksidasi dan hidrolisis sehingga meningkatkan retensi warna, meskipun stabilitas antosianin juga dipengaruhi oleh karakteristik struktur molekulnya, seperti tingkat asilasi dan interaksi kopigmentasi ([Chen et al., 2019](#); [Verma et al., 2023](#)).

3.7 Retensi Warna

Retensi warna merupakan kemampuan suatu bahan, termasuk pigmen alami antosianin, untuk mempertahankan warna aslinya serta menahan degradasi akibat faktor eksternal seperti suhu, cahaya, pH, dan oksidasi selama proses pengolahan maupun penyimpanan ([Toydemir et al., 2022](#)). Hasil analisis retensi warna pada model kopigmentasi pigmen antosianin tepung ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) dengan berbagai jenis asam disajikan pada **Gambar 6**.



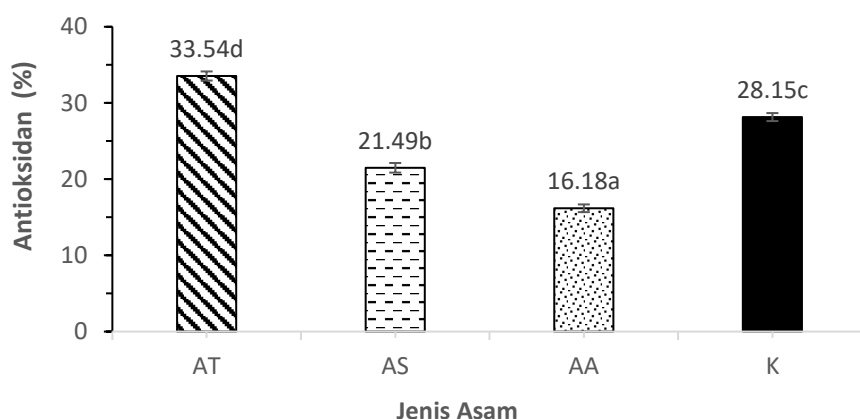
Gambar 6. Retensi Warna pada Berbagai Suhu Pemanasan: A (30°C), B (60°C), dan C (75°C)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis asam memengaruhi retensi warna pigmen antosianin tepung ubi jalar ungu pada berbagai suhu pemanasan. Pada suhu rendah (30°C), retensi warna cenderung lebih stabil karena antosianin masih didominasi oleh bentuk kation flavilium yang lebih tahan terhadap degradasi. Perlakuan asam tartarat dan asam sitrat mampu mempertahankan bahkan meningkatkan retensi warna, sedangkan asam askorbat dan kontrol menunjukkan kecenderungan penurunan retensi warna. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme kopigmentasi masih berperan dalam mempertahankan intensitas warna antosianin (Pang et al., 2024).

Peningkatan suhu hingga 60°C meningkatkan retensi warna pada seluruh perlakuan. Kondisi ini disebabkan oleh semakin kuatnya interaksi antara antosianin dan kopigmen melalui ikatan hidrogen serta interaksi π - π sehingga terbentuk kompleks kopigmentasi yang lebih stabil dan mampu mempertahankan struktur kation flavilium (Trouillas et al., 2016). Namun, pada suhu 75°C retensi warna mulai menurun pada beberapa perlakuan akibat degradasi termal yang menyebabkan antosianin berubah menjadi bentuk karbinol dan kalkon yang tidak berwarna serta memicu oksidasi pigmen (Oansea, 2021). Meskipun demikian, keberadaan kopigmen tetap memberikan efek protektif dengan memperlambat laju kehilangan warna (Chen et al., 2019). Di antara seluruh perlakuan, asam tartarat menunjukkan kemampuan terbaik dalam mempertahankan retensi warna selama pemanasan. Hal ini disebabkan asam tartarat memiliki gugus hidroksil yang mampu membentuk ikatan hidrogen lebih kuat dengan molekul antosianin sehingga menghasilkan kompleks kopigmentasi yang lebih stabil dan menghambat degradasi pigmen (Liu et al., 2025). Hasil ini sejalan dengan penelitian Wulaningrum et al. (2013) dan Meutia et al. (2019), yang menyatakan bahwa kopigmentasi menggunakan asam tartarat lebih efektif dalam mempertahankan kestabilan warna dibandingkan perlakuan tanpa kopigmen.

3.8 Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan merupakan kemampuan suatu senyawa untuk menghambat atau mencegah reaksi oksidasi dengan menetralkan radikal bebas melalui mekanisme transfer atom hidrogen maupun transfer elektron (Rustaman *et al.*, 2023). Pada ubi jalar ungu, aktivitas antioksidan terutama berasal dari antosianin, yaitu pigmen alami golongan flavonoid yang memiliki gugus hidroksil dan ikatan rangkap terkonjugasi sehingga mampu mendonorkan atom hidrogen untuk menangkap radikal bebas. Keberadaan gugus asil, seperti kafeoil, juga berkontribusi dalam meningkatkan stabilitas dan aktivitas antioksidan antosianin (Priska *et al.*, 2018). Hasil analisis aktivitas antioksidan pada model kopigmentasi pigmen antosianin tepung ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) dengan berbagai jenis asam disajikan pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Aktivitas Antioksidan

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$). AT = asam tartrat; AS = asam sitrat; AA = asam askorbat; K = control

Hasil analisis menunjukkan bahwa jenis asam berpengaruh nyata terhadap aktivitas antioksidan tepung ubi jalar ungu ($P < 0,05$). Perlakuan asam tartrat (AT) menghasilkan aktivitas antioksidan tertinggi sebesar 33,54%, diikuti kontrol (K) sebesar 28,15%, asam sitrat (AS) sebesar 21,49%, dan asam askorbat (AA) sebesar 16,18%. Hasil ini menunjukkan bahwa jenis asam memengaruhi kemampuan tepung ubi jalar ungu dalam mempertahankan senyawa antioksidan selama proses pengolahan. Perbedaan aktivitas antioksidan berkaitan dengan stabilitas antosianin pada kondisi asam. Pada pH rendah, antosianin lebih stabil dalam bentuk kation flavilium sehingga degradasinya lebih rendah dan aktivitas antioksidannya tetap tinggi (Kunnaryo & Wikandari, 2021). Hal ini didukung oleh tingginya nilai kemerahan (a^*), retensi warna, dan total kadar antosianin yang menunjukkan antosianin lebih mampu dipertahankan (Tobolka *et al.*, 2024). Antosianin memiliki gugus hidroksil fenolik yang mampu mendonorkan atom hidrogen untuk menangkap radikal bebas, sehingga semakin tinggi kadar antosianin yang dipertahankan, semakin tinggi pula aktivitas antioksidannya (Kunnaryo & Wikandari, 2021).

Perlakuan asam tartrat menghasilkan aktivitas antioksidan tertinggi karena mampu membentuk kompleks kopigmentasi yang lebih stabil melalui ikatan hidrogen dengan antosianin, sehingga pigmen lebih tahan terhadap oksidasi dan degradasi {Formatting Citation}. Sebaliknya, perlakuan asam askorbat menghasilkan aktivitas antioksidan paling rendah. Meskipun asam askorbat dikenal sebagai antioksidan, pada sistem yang mengandung

antosianin senyawa ini dapat mempercepat degradasi antosianin melalui pembentukan produk oksidasi yang merusak struktur antosianin. Kerusakan tersebut menyebabkan penurunan kandungan antosianin dan senyawa fenolik sehingga kemampuan menangkap radikal bebas juga menurun (Enaru et al., 2021).. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan senyawa yang memiliki aktivitas antioksidan tidak selalu meningkatkan aktivitas antioksidan produk karena interaksi antarsenyawa dapat memengaruhi kestabilan dan aktivitas komponen bioaktif. Hasil tersebut sejalan dengan Farr & Giusti (2018), yang menunjukkan bahwa penambahan asam askorbat menurunkan absorbansi antosianin dan meningkatkan kehilangan warna seiring meningkatnya konsentrasi asam askorbat. Pada konsentrasi 500 mg/L selama lima hari, absorbansi maksimum sianidin-3-galaktosida menurun sebesar 88%, yang menunjukkan bahwa keberadaan asam askorbat dapat mempercepat degradasi pigmen antosianin.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, jenis asam sebagai kopigmen berpengaruh nyata terhadap karakteristik tepung ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.), meliputi rendemen, kadar air, warna (L^* , a^* , dan b^*), pH, total kadar antosianin, total asam tertitrasi, retensi warna, dan aktivitas antioksidan. Perlakuan asam tartrat memberikan hasil terbaik dibandingkan perlakuan lainnya, ditandai dengan rendemen tertinggi, pH terendah, total kadar antosianin tertinggi, retensi warna yang lebih baik selama pemanasan, serta aktivitas antioksidan tertinggi. Asam tartrat juga lebih efektif mempertahankan kecerahan dan intensitas warna merah keunguan melalui pembentukan kompleks kopigmentasi yang lebih stabil dengan antosianin. Sebaliknya, perlakuan asam sitrat dan asam askorbat menunjukkan kemampuan yang lebih rendah dalam mempertahankan stabilitas antosianin. Meskipun asam askorbat menghasilkan total asam tertitrasi tertinggi, aktivitas antioksidannya paling rendah akibat degradasi antosianin selama pengolahan. Oleh karena itu, asam tartrat merupakan jenis asam yang paling efektif sebagai kopigmen dalam meningkatkan stabilitas pigmen antosianin dan mempertahankan mutu tepung ubi jalar ungu

5. CATATAN PENULIS

Para penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan terkait penerbitan artikel ini. Penulis menegaskan bahwa artikel ini bebas dari plagiarisme.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Adam, D. H. (2017). Penentuan antosianin dari daun bayam merah (*Alternanthera Amoena* Voss.) serta alikasinya sebagai pewarna minuman. *Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus*, 3(1), 10-16.
- Atthamid, N., Yusuf, M., Indriati, S., Latief, M., & Rifai, A. (2020). Kopigmentasi antosianin dan polifenol dari ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) menggunakan nakaseinat. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*, 5(2), 2760-2771.
- Awallya, F., Sipahutar, Y. H., & Handoko, Y. P. (2026). Analisis Karakteristik Mutu dan Efisiensi Pengolahan Bandeng Duri Lunak (*Chanos-chanos*) dengan Metode Presto. In *Prosiding Seminar Nasional Perikanan Indonesia* (pp. 399-420).
- Ayun, Q., & Ajeng, A. (2022). Pengaruh Ph Larutan Terhadap Kestabilan Warna Senyawa Antosianin Yang Terdapat Pada Ekstrak Kulit Buah Naga (*Hylocereus Costaricensis*). *Jurnal Crystal: Publikasi Penelitian Kimia Dan Terapannya*, 4(1), 1-6.

- Baldassi, C., Lee, C., Dossett, M., & Castellarin, S. D. (2024). High-throughput color determination of red raspberry puree and correlation of color parameters with total anthocyanins. *Plant methods*, 20(1), 78.
- Basílio, N., & Pina, F. (2016). Chemistry and photochemistry of anthocyanins and related compounds: a thermodynamic and kinetic approach. *Molecules*, 21(11), 1502.
- Chahrou, N., & Trak, J. (2018). Spectrophotometric study of the influence of tannic acid copigmentation on the stability of anthocyanins from cabernet sauvignon grape skin extract. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 11(10), 4357-4361.
- Chen, C. C., Lin, C., Chen, M. H., & Chiang, P. Y. (2019). Stability and quality of anthocyanin in purple sweet potato extracts. *Foods*, 8(9), 393.
- Enaru, B., Dreţcanu, G., Pop, T. D., Stănilă, A., & Diaconeasa, Z. (2021). Anthocyanins: Factors affecting their stability and degradation. *Antioxidants*, 10(12), 1967.
- Farr, J. E., & Giusti, M. M. (2018). Investigating the interaction of ascorbic acid with anthocyanins and pyranoanthocyanins. *Molecules*, 23(4), 744.
- Fenger, J. A., Roux, H., Robbins, R. J., Collins, T. M., & Dangles, O. (2021). The influence of phenolic acyl groups on the color of purple sweet potato anthocyanins and their metal complexes. *Dyes and Pigments*, 185, 108792.
- Gençdağ, E., Özdemir, E. E., Demirci, K., Görgüç, A., & Yılmaz, F. M. (2022). Copigmentation and stabilization of anthocyanins using organic molecules and encapsulation techniques. *Current Plant Biology*, 29, 100238.
- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry*, (1), F1-2.
- Huang, Y., Zhou, S., Zhao, G., & Ye, F. (2021). Destabilisation and stabilisation of anthocyanins in purple-fleshed sweet potatoes: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 1141-1154.
- Husna, N., Novita, M., & Rohaya, S. (2013). Kandungan antosianin dan aktivitas antioksidan ubi jalar ungu segar dan produk olahannya. *Agritech: Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM*, 33(3), 296-302.
- Isnaeni, R.A.S., Sri Tuslinah, L., & Suhendy, H. (2021). Uji Stabilitas Kopigmentasi Asam Sitrat Antosianin Ekstrak Etanol Kulit Buhan Naga Merah (*Hylocereus costraricensis*) pada Berbagai pH dan Tempertur. *Journal of Pharmacopolium* 1(2): 62–68.
- Kunnaryo, H. J. B., & Wikandari, P. R. (2021). Antosianin dalam produksi fermentasi dan perannya sebagai antioksidan. *Unesa Journal of Chemistry*, 10(1), 24-36.
- Li, A., Xiao, R., He, S., An, X., He, Y., Wang, C., ... & He, J. (2019). Research advances of purple sweet potato anthocyanins: Extraction, identification, stability, bioactivity, application, and biotransformation. *Molecules*, 24(21), 3816.
- Liu, H., Wang, X., Li, A., Zhang, L., Mo, Q., & Zhang, S. (2025). Organic Acids Copigmentation With Hibiscus syriacus Flower (Hibiscus syriacus L.) Anthocyanins: Thermal Stability, Characterization, and Copigmentation Mechanisms. *Journal of Food Science*, 90(7), e70371.
- Yumas, M., Loppies, J. E., & Barra, A. L. S. (2020). Stabilitas Dan Efektivitas Antioksidan Zat Warna Antosianin Tepung Kakao Tanpa Fermentasi (Theobroma cacao L) Secara In

Vivo. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 15(1), 61-73.

- Marlita, L., Rahma, D. M., Olyvia, A. S., Sachriani, S., & Dahlia, M. (2026). Analisis Kualitas Sensori Dan Daya Terima Konsumen Terhadap Fudgy Brownies Substitusi Tepung Umbi Garut Sebagai Upaya Prospek Usaha. *Indonesian Journal of Innovation Multidisipliner Research*, 4(3), 5365-5384.
- Meutia, Y. R., Susanti, I., & Siregar, N. C. (2019). Uji stabilitas warna hasil kopigmentasi asam tanat dan asam sinapat pada pigmen brazilin asal kayu secang (*Caesalpinia sappan* L.). *Warta IHP*, 36(1), 30-39.
- Munawaroh, H., Fadillah, G., Saputri, L. N. M. Z., Hanif, Q. A., Hidayat, R., & Wahyuningsih, S. 2015. Kopigmentasi dan Uji Stabilitas Warna Antosianin dari Isolasi Kulit Manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Sains dan Informatika*, pp. 321–329.
- Munthe, L., Julianti, E., & Yusraini, E. (2018). Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Bahan Pencegah Pencokelatan terhadap Karakteristik Fisikokimia dan Fungsional Tepung Ubi Jalar Ungu. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian* 6(3): 443–45
- Nugrahaeni, F., Nining, & Okvianida, R. (2022, June). The effect of HPMC concentration as a gelling agent on color stability of copigmented blush gel extract of purple sweet (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1041, No. 1, p. 012070). IOP Publishing.
- Nurbaety, N., Aprillia, A. Y., & Wardani, G. A. (2021). Kajian Penggunaan Kopigmen Asam Galat Terhadap Ekstrak yang Mengandung Antosianin. In *Prosiding Seminar Nasional Diseminasi Hasil Penelitian Program Studi S1 Farmasi* (Vol. 1, No. 1).
- Oancea, S. A. (2021). Review of the Current Knowledge of Thermal Stability of Anthocyanins and Approaches to Their Stabilization to Heat. *Antioxidants* 2021, 10, 1337.
- Oliveira, J., Azevedo, J., Seco, A., Mendoza, J., Babilio, N., de Freitas, V., & Pina, F. (2021). Copigmentation of anthocyanins with copigments possessing an acid-base equilibrium in moderately acidic solutions. *Dyes and Pigments*, 193, 109438.
- Pang, W. Q., Zhao, H., Li, D. J., Li, Y., Liu, C. J., & Yu, R. (2024). The effects of polysaccharides, organic acids and colloids on the stability of anthocyanin in purple corn. *International Journal of Food Science and Technology*, 59(3), 1299-1313.
- Prabsangob, N., Hangsalad, S., & Harnsilawat, T. (2024). Effect of organic acid-aided extraction on characteristics and functional properties of pectin from Cannabis sativa L. *Molecules*, 29(11), 2511.
- Pranata, F. S. (2021). Potensi aktivitas antioksidan ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.) ungu dan ekstrak bunga telang (*clitoria ternatea* l.) dalam pembuatan permen jeli. *Pasundan Food Technology Journal*, 8(3), 95-105.
- Prasetyo, T. F., Isdiana, A. F., & Sujadi, H. (2019). Implementasi alat pendeteksi kadar air pada bahan pangan berbasis internet of things. *Smartics Journal*, 5(2), 81-96.
- Priska, M., Peni, N., Carvallo, L., & Ngapa, Y. D. (2018). Antosianin dan pemanfaatannya. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 6(2), 79-97.
- Purnama, F. D., & Azizah, D. N. (2020). Mempelajari Konsentrasi Sari Daun Bayam Merah (*Amaranthus Tricolor* L.) Terhadap Karakteristik Bakso Ayam. *EDUFORTECH*, 5(2), 97–

107.

- Putri, A., Muttaqin, M. A., Muyassaroh, M., & Hudha, M. I. (2026). Variasi Daya Microwave dan Konsentrasi Bunga Telang dalam Ekstraksi Metode MAE. *jurnal ATMOSPHERE*, 7(1), 16-23.
- Reang, J., Sharma, P. C., Thakur, V. K., & Majeed, J. (2021). Understanding the therapeutic potential of ascorbic acid in the battle to overcome cancer. *Biomolecules*, 11(8), 1130.
- Rein, M. 2005. Copigmentation Reactions and Color Stability of Berry Anthocyanins. *Helsingin yliopisto*
- Rijal, M., Natsir, N. A., & Sere, I. (2019). Analisis kandungan zat gizi pada tepung ubi ungu. *Jurnal Biotek*, 7(1), 48-57.
- Rustaman, R., Janitra, R. S., Azzahra, A. F., Maulana, F. A., Rohmatulloh, F. G., Destiarani, W., ... & Maksum, I. P. (2023). Studi potensi senyawa antioksidan dari kulit jeruk nipis (Citrus Aurantifolia) secara in Silico. *Chimica et Natura Acta*, 11(3), 136-142.
- Sabahannur, S., Netty, N., Ralle, A., & Ikhsan, M. (2023). Efek Metode Blansing dan Suhu Pengeringan Terhadap Mutu Tepung Ubi Jalar (Ipomoea batatas L.).
- Santosa, I., Puspa, A. M., Aristianingsih, D., & Sulistiawati, E. (2019). Karakteristik fisiko-kimia tepung ubi jalar ungu dengan proses perendaman menggunakan asam sitrat. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 6(1), 1.
- Saragih, S. W., Lubis, R., Adhyaksa, Y., Hasibuan, M. E. W., Sembiring, A., Nasution, I. H., ... & Meliala, B. A. (2025). Pengaruh Nilai Ph Tanah Terhadap Potensi Penggunaan Lahan Pertanian Secanggang Kabupaten Langkat. *Jurnal Agro Fabrica*, 7(1), 1-8.
- Sholichah, E., Kumalasari, R., Afifah, N., Indrianti, N., Nurintan, F., Rahayuningtyas, A., & Budiati, T. (2020). Pengaruh proses pemasakan dan penambahan bahan pengawet terhadap karakteristik lemak selama masa penyimpanan. *Jurnal pangan*, 29(2), 149-160.
- Syaifuddin, U., Ridho, R., & Harsanti, R. S. (2019). Pengaruh konsentrasi kulit buah naga merah (Hylocereus polyrhizus) dan gula terhadap karakteristik selai. *Jurnal Teknologi Pangan dan Ilmu Pertanian (JIPANG)*, 1(1), 27-39.
- Taghavi, T., Patel, H., Akande, O. E., & Galam, D. C. A. (2022). Total anthocyanin content of strawberry and the profile changes by extraction methods and sample processing. *Foods*, 11(8), 1072.
- Tobolka, A., Škorpilová, T., Beňo, F., Podskalská, T., & Rajchl, A. (2024). Effect of various carbohydrates in aqueous solutions on color stability and degradation kinetics of selected anthocyanins during storage. *Foods*, 13(22), 3628.
- Tobolka, A., Škorpilová, T., Beňo, F., Podskalská, T., & Rajchl, A. (2024). Effect of various carbohydrates in aqueous solutions on color stability and degradation kinetics of selected anthocyanins during storage. *Foods*, 13(22), 3628.
- Trouillas, P., Sancho-García, J. C., De Freitas, V., Gierschner, J., Otyepka, M., & Dangles, O. (2016). Stabilizing and modulating color by copigmentation: Insights from theory and experiment. *Chemical reviews*, 116(9), 4937-4982.
- Tuslinah, L., Gustaman, F., Silviani, D., & Rohimah, M. (2021). Comparison Of Anthocyanin Stability Of Ethanol Extract Etlingera Elatior (Jack) Rm Sm. With Coopigmentation Of

- Tartric Acid And Galic Acid. *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*, 7(3), 233-240.
- Verma, D., Sharma, N., & Malhotra, U. (2023). Structural chemistry and stability of anthocyanins. *The Pharma Innovation*, 12(7), 1366-1373.
- Wiyono, A. E., Runteka, O. W., Choiron, M., Ruriani, E., & Belgis, M. (2022). Stabilitas serbuk pewarna alami berbasis antosianin buah naga merah apkir bervariasi pelarut asam dalam berbagai kondisi eksterna. *Jurnal Agritechno*, 74-84.
- Wiyono, A. E., Runteka, O. W., Choiron, M., Ruriani, E., & Belgis, M. (2022). Stabilitas serbuk pewarna alami berbasis antosianin buah naga merah apkir bervariasi pelarut asam dalam berbagai kondisi eksterna. *Jurnal Agritechno*, 74-84.
- Wulaningrum, R. A., Sunarto, W., & Alauhdin, M. (2013). Pengaruh Asam Organik dalam Ekstraksi Zat Warna Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana*). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(2), 119-124.
- Xi-You, L., Rong-Jiao, L., Xin-Yu, M., Yun, L., Xi, Z., & Wei-Xi, L. (2024). Comparison of nutrients and antioxidant activities in sweet potatoes. *Journal of Food Biochemistry*, 2024(1), 6645155.
- Xu, M., Li, J., Yin, J., Wu, M., Zhou, W., Yang, X., ... & He, J. (2024). Color and nutritional analysis of ten different purple sweet potato varieties cultivated in China via principal component analysis and cluster analysis. *Foods*, 13(6), 904.