PENGARUH LAMA PAPARAN CAHAYA TERHADAP STABILITAS WARNA SERBUK PEWARNA BUAH ANGKUNG MERAH (*Basella rubra* L.)

Desy Triastuti[1)], Erin Nur Fitriani[1)], Hikmah Yuliasari[2)], Muhammad Abdillah Hasan Qonit[1)], Fadhly Al Ghifari[1)]

[1]Jurusan Pertanian, Politeknik Negeri Subang, Subang, Indonesia 41285
[2]Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nahdlatul Ulama Purwokerto, Purwokerto, Indonesia 53145

E-mail: desy.triastuti@polsub.ac.id

Abstract

*This study evaluated the effect of light exposure duration on betacyanin content, total phenolic content, and color stability of Basella rubra L. fruit powder as a natural colorant. A Completely Randomized Design with five light exposure durations (0, 1, 3, 5, and 7 days) and four replications was employed. Parameters observed included betacyanin content, total phenolic content, and color attributes (*L and hue). Data were analyzed using ANOVA followed by DMRT at a 5% significance level. Light exposure significantly affected ($p<0.05$) all parameters. After seven days of exposure, betacyanin content decreased from 2173.35 to 1771.63 µg/g (81.52% retention), following first-order kinetics with a degradation rate (k) of 0.0251 day^{-1} and a half-life ($t_{1/2}$) of 27.61 days. Total phenolic content declined by 50% from 0.12 to 0.06 mg GAE/g, degrading 3.3 times faster than betacyanin ($k=0.0835$ day^{-1}, $t_{1/2}=8.30$ days). Prolonged light exposure increased L* values from 32.09 to 34.55 and decreased hue angles from 354.57° to 348.93°, indicating a brighter appearance while gradually shifting toward a more intense reddish-purple color. These findings indicate that light exposure accelerates bioactive compound degradation, although Basella rubra L. fruit powder retains its characteristic reddish-purple appearance during storage.*

Keywords: *Basella rubra L. fruit, Betacyanin, Color stability, Light exposure, Total phenolic content*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh lama paparan cahaya terhadap kandungan betasianin, total fenolik, dan stabilitas warna serbuk buah angkung merah (*Basella rubra* L.) sebagai pewarna alami. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan lima taraf lama paparan cahaya (0, 1, 3, 5, dan 7 hari) dan empat ulangan. Parameter yang diamati meliputi kandungan betasianin, total fenolik, serta atribut warna (L* dan hue). Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama paparan cahaya berpengaruh nyata ($p<0,05$) terhadap seluruh parameter yang diamati. Setelah 7 hari paparan, kandungan betasianin menurun dari 2173,35 menjadi 1771,63 µg/g dengan retensi sebesar 81,52%. Degradasi betasianin mengikuti kinetika orde pertama dengan laju degradasi (k) 0,0251 hari^{-1} dan waktu paruh ($t_{½}$) 27,61 hari. Total fenolik menurun 50% dari 0,12 menjadi 0,06 mg GAE/g dengan laju degradasi 0,0835 hari^{-1} dan waktu paruh 8,30 hari. Paparan cahaya meningkatkan nilai L* dari 32,09 menjadi 34,55 dan menurunkan sudut hue dari 354,57° menjadi 348,93°. Hasil ini menunjukkan bahwa paparan cahaya mempercepat degradasi senyawa bioaktif, meskipun serbuk buah angkung merah masih mampu mempertahankan karakteristik warna merah keunguan selama penyimpanan.

Kata kunci: *betasianin, buah angkung merah (Basella rubra L.), paparan cahaya, stabilitas warna, total fenolik*

PENDAHULUAN

Pewarna alami semakin meningkat sebagai alternatif pengganti pewarna sintetis yang berisiko bagi kesehatan (Vega et al., 2023). Buah angkung merah (*Basella rubra L.*) potensial sebagai pewarna alami karena tinggi kandungan pigmen betasianin. Betasianin merupakan pigmen golongan betalain yang memberikan warna merah keunguan dan memiliki aktivitas antioksidan. Namun, pigmen ini memiliki stabilitas yang relatif rendah terhadap faktor lingkungan seperti cahaya, suhu, dan oksigen (Hernández-Aguirre et al., 2021; Sadowska-Bartosz & Bartosz, 2021). Paparan cahaya dapat mempercepat degradasi pigmen, sehingga menyebabkan penurunan intensitas warna dan kandungan senyawa bioaktif. Degradasi pigmen akibat cahaya dapat menurunkan kualitas produk, baik dari segi warna maupun nilai fungsionalnya (Yasmin et al., 2023). Selain itu, senyawa fenolik yang terkandung dalam bahan juga rentan mengalami oksidasi selama penyimpanan, yang berdampak pada penurunan aktivitas antioksidan.

Formulasi pewarna menjadi serbuk dengan metode *foam mat drying* mampu menghasilkan serbuk dengan karakteristik fisik yang baik serta mempertahankan kandungan senyawa bioaktif (Ihsani et al., 2024). Penambahan bahan pengisi seperti maltodekstrin dan agen pembusa seperti metil selulosa juga berperan dalam meningkatkan stabilitas produk.

Beberapa penelitian telah melaporkan pengaruh cahaya terhadap stabilitas betasianin pada ekstrak atau produk cair, seperti pada ekstrak bit merah (Hernández-Aguirre et al., 2021), dan ekstrak angkung merah (Kumar et al., 2016). Namun, kajian stabilitas serbuk pewarna buah angkung merah hasil *foam mat drying* akibat cahaya masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh lama pemaparan cahaya terhadap kadar betasianin, total fenol, dan stabilitas warna pada serbuk pewarna alami buah angkung merah sebagai dasar dalam pengembangan pewarna alami yang lebih stabil.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor, yaitu lama pemaparan cahaya (0, 1, 3, 5, dan 7 hari) dengan empat kali ulangan. Serbuk pewarna alami diperoleh dari buah angkung merah (*Basella rubra L.*)

melalui metode *foam mat drying* (Kasim et al., 2023). Sari buah angkung merah (100 mL) ditambahkan maltodekstrin (35 g) sebagai bahan pengisi dan larutan metil selulosa (2 g metil selulosa dalam 100 mL akuades) sebagai agen pembusa. Campuran tersebut dibuihkan menggunakan *mixer* selama 20 menit, kemudian dikeringkan pada suhu 55°C selama 180 menit menggunakan *food dehydrator*, dihaluskan dan diayak (60 mesh) menjadi serbuk. Sebagian sampel langsung dianalisis sebagai Hari ke-0 (H0) sebelum pemaparan cahaya.

Serbuk dalam vial kaca bening disimpan dalam kotak tertutup (60 x 40 x 40 cm) dengan paparan lampu led putih konstan (3096,20±52,10 lux, suhu 35,16±0,66°C, dan kelembaban relatif 33,4±5,68%, dan jarak lampu 15 cm). Kadar betasianin dianalisis menggunakan spektrofotometer UV/Vis pada 536 nm dan total fenol dengan metode Folin–Ciocalteu dengan asam galat sebagai standar pada 725 nm (Nurhadi et al., 2024), sedangkan warna (L*, a*, dan b*) diukur dengan *Chromameter* (Yasmin et al., 2023).

Data dianalisis menggunakan ANOVA dan uji DMRT pada taraf 5%. Laju fotodegradasi betasianin dan total fenol dievaluasi menggunakan model kinetika reaksi Orde 1 berdasarkan persamaan linear logaritma natural: $\ln(C_t)=-kt+\ln(C_0)$, dengan C_0 adalah kadar awal (H0), C_t adalah kadar pada waktu t hari, dan k adalah konstanta laju degradasi ($hari^{-1}$) yang diperoleh dari nilai kemiringan (*slope*) kurva regresi linear (Aztatzi-Rugerio et al., 2019). Waktu paruh ($t_{1/2}$) merepresentasikan waktu yang dibutuhkan hingga komponen bioaktif terdegradasi 50% dari kadar awal, dihitung menggunakan $t_{1/2}=\ln(2)/k$.

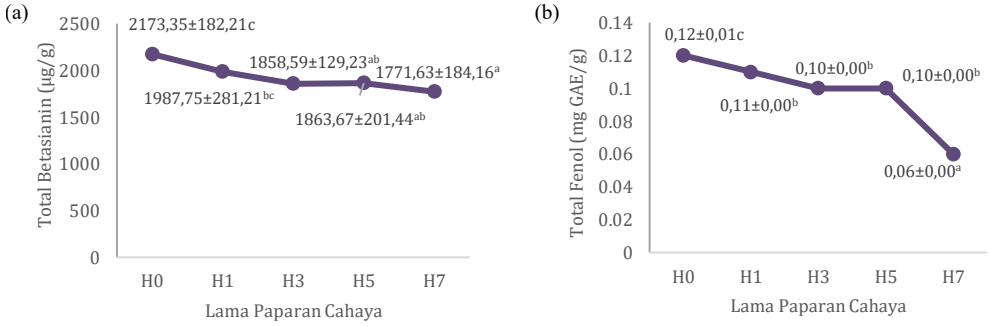
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kadar betasianin serbuk pewarna buah angkung merah

Warna yang dihasilkan pada buah angkung merah berasal dari pigmen betasianin. Lama paparan cahaya berpengaruh nyata ($p<0,05$) terhadap kadar total betasianin serbuk buah angkung merah. Kadar betasianin tertinggi diperoleh pada H0 sebesar 2173,35µg/g dan terus mengalami penurunan menjadi 1771,63 µg/g pada hari ke-7 (H7) dengan total penurunan betasianin mencapai 18,48% (Gambar 1a).

Berdasarkan uji DMRT, perlakuan H0 berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, menunjukkan terjadi degradasi pigmen sejak awal penyimpanan akibat paparan cahaya intesitas tinggi (>3000 lux). Energi cahaya diserap oleh ikatan rangkap terkonjugasi pada kromofor betasianin, memicu eksitasi elektron yang mempercepat perubahan struktur

kimia pigmen tersebut (Kumar et al., 2016; Lembong & Utama, 2021). Akibatnya, kemampuan kromofor dalam menyerap cahaya menurun, yang ditandai dengan penurunan nilai absorbansi dan penurunan kadar betasianin terdeteksi seiring lamanya pemaparan (Nursyaqilah et al., 2021).



Gambar 1. Karakter kimia serbuk pewarna buah angkung merah: (a) Total betasianin, dan (b) Total Fenol. Angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($p<0,05$) berdasarkan uji DMRT

Analisis kinetika menunjukkan bahwa fotodegradasi betasianin mengikuti model reaksi Orde 1 dengan persamaan linear $y = -0,0251x + 7,6395$ dan nilai $R^2 = 0,8295$. Konstanta laju degradasi (k) betasianin diperoleh sebesar 0,0251 $hari^{-1}$ dengan nilai waktu paruh ($t_{1/2}$) selama 27,61 hari. Faktor suhu penyimpanan rata-rata (35,16±0,66°C) dan keberadaan oksigen selama pengamatan turut mempercepat degradasi betasianin melalui reaksi oksidatif (Sadowska-Bartosz & Bartosz, 2021). Cahaya, suhu, dan oksigen merupakan faktor utama yang menurunkan stabilitas betasianin selama penyimpanan (Hernández-Aguirre et al., 2021; Martinez et al., 2024). Secara keseluruhan, sistem matriks serbuk pewarna buah angkung mampu mempertahankan retensi betasianin sebesar 81,52% setelah tujuh hari pemaparan cahaya. Nilai retensi yang tinggi tersebut menunjukkan stabilitas pigmen betasianin yang baik meskipun berada pada kondisi stress cahaya yang tinggi.

2. Stabilitas total fenol serbuk pewarna buah angkung merah

Lama pemaparan cahaya memberikan pengaruh nyata ($p<0,05$) terhadap total fenol pada serbuk pewarna alami buah angkung merah. Nilai total fenol pada H0 memperlihatkan nilai tertinggi (0,12 mg GAE/g) dan mengalami penurunan signifikan menjadi 0,06 mg GAE/g pada H7 (Gambar 1b).

Total fenol menyusut sebesar 50% setelah tujuh hari pemaparan cahaya. Evaluasi kinetika menunjukkan fenol terdegradasi mengikuti model Orde 1 dengan persamaan linear $y = -0,0835x – 2,7473$ dan $R^2 = 0,7263$. Laju kerusakan (k) sebesar 0,0835 $hari^{-1}$

dan waktu paruh ($t_{1/2}$) selama 8,30 hari. Senyawa fenol terdegradasi sekitar 3,3 kali lebih cepat dibandingkan betasianin. Senyawa fenolik berperan sebagai antioksidan primer yang meredam radikal bebas akibat fotooksidasi dari pemaparan cahaya (Antony & Farid, 2022). Fotooksidasi gugus hidroksil pada senyawa fenolik menjadi senyawa kuinon menyebabkan penurunan kuantitas fenol bebas yang bereaksi dengan reagen Folin-Ciocalteu (Pérez et al., 2023). Tren penurunan total fenol berjalan simultan dengan penurunan kadar betasianin, di mana kerusakan fenol di awal berfungsi sebagai perisai kimia pelindung kestabilan inti molekul pigmen.

3. Karakteristik warna (L* dan h°) serbuk pewarna buah angkung merah

Lama pemaparan cahaya berpengaruh nyata ($p<0,05$) terhadap nilai L* (kecerahan) serbuk pewarna alami buah angkung merah. Nilai L* pada H0 sebesar 32,09 mengalami peningkatan hingga mencapai 34,55 pada H7 (Tabel 1). Peningkatan nilai L* menunjukkan bahwa warna serbuk menjadi semakin cerah akibat pemudaran intensitas pigmen betasianin seiring berkurangnya kerapatan molekul kromofor penyerap warwa akibat rusaknya ikatan konjugasi betasianin (Haryanto, 2016).

Tabel 1
Nilai Kecerahan (L*) dan Sudut Hue (h°) Serbuk Pewarna Buah Angkung Merah

Parameter	Hari ke- (H)				
	H0	H1	H3	H5	H7
L*	32.09±0.09^{a}	32.15±0.06^{a}	31.74±0.06^{a}	33.74±0.01^{b}	34.55±0.03^{c}
Sudut hue (h°)	354,57 ± 5,35^{b}	353,74± 3,43^{ab}	353,08 ± 3,60^{ab}	348,41 ± 0,62^{a}	348,93 ± 1,49^{a}

Keterangan: Angka yang diikuti huruf berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p<0,05$) berdasarkan uji DMRT.



H0 H1 H3 H5 H7

Gambar 2. Penampilan visual serbuk pewarna buah angkung merah dari H0 hingga H7

Hernández-Aguirre et al. (2021), melaporkan bahwa ekstrak betalain dari limbah bit merah mengalami degradasi cepat selama penyimpanan pada kondisi pemaparan cahaya, oksigen atmosfer, serta suhu berkisar 20-27°C, ditandai dengan perubahan warna ungu pigmen yang telah terlihat pada 5-7 hari penyimpanan. Hal ini sejalan dengan Enaru et al. (2021), yang menyatakan paparan cahaya dapat mempercepat degradasi pigmen alami sehingga warna produk berkurang intensitasnya.

Berdasarkan Tabel 1, lama pemaparan cahaya berpengaruh nyata ($p<0,05$) pada nilai hue serbuk pewarna. Nilai sudut hue (h°) mengalami penurunan dari 354,57±5,35 (H0) menjadi 348,93±1,49 (H7). Sudut 0° atau 360° dalam sistem roda warna CIELAB merepresentasikan warna merah murni, sedangkan penurunan sudut menuju 270° pergeseran rona ke arah merah keunguan. Penurunan sudut hue sebesar 5,64° tersebut membuktikan bahwa paparan cahaya intensitas tinggi memicu degradasi pigmen betasianin. Degradasi betasianin dapat menghasilkan senyawa turunan, seperti neobetanin dan 2-dekarboksi-neobetanin yang memiliki panjang gelombang maksimum lebih pendek dibandingkan dengan betasianin (Sutor-Świeży et al., 2022).

Secara keseluruhan nilai sudut hue sepanjang penyimpanan berada pada rentang 348,93°-354,57°, maka produk dinilai mampu mempertahankan karakteristik warna khas buah angkung merah selama perlakuan. Pemaparan cahaya intensitas tinggi selama penyimpanan menyebabkan terjadinya degradasi intensitas kemurnian warna ditandai dengan meningkatnya nilai L*, namun tidak merusak rona dasar produk sehingga serbuk pewarna masih mempertahankan penampilan visual merah keunguan hingga akhir periode pengamatan.

SIMPULAN

Penyimpanan serbuk pewarna buah angkung merah selama tujuh hari di bawah paparan cahaya intensitas tinggi (3096,20±52,10 lux) menunjukkan terjadinya fotodegradasi pigmen betasianin. Hal ini ditandai dengan penurunan kadar betasianin sebesar 18,48%, penurunan fenol sebesar 50%, serta peningkatan nilai kecerahan (L*) dari 32,09 menjadi 34,55. Secara kinetika, degradasi komponen kimia mengikuti model Orde 1, menunjukkan bahwa senyawa fenol terdegradasi lebih cepat ($k=0,0835$ hari^{-1}; $t_{1/2}=8,30$ hari; $R^2=0,7263$) dibandingkan betasianin ($k=0,0251$ hari^{-1}; $t_{1/2}=27,61$ hari; $R^2=0,8295$). Fotodegradasi memicu pergeseran rona warna serbuk yang terkendali, ditunjukkan dengan penurunan sudut hue (h°) dari 354,57° menjadi 348,93°, sehingga mempertahankan tampilan visual serbuk pada rona merah keunguan. Serbuk pewarna alami buah angkung merah berpotensi sebagai pewarna alami, namun penggunaan kemasan kedap cahaya perlu diteliti lebih lanjut untuk meminimalkan fotooksidasi lanjutan selama penyimpanan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih atas pendanaan dari program Penelitian Dosen Pemula (PDP) BIMA Kemendiktisaintek tahun 2026 yang telah mendukung berjalannya penelitian ini dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Antony, A., & Farid, M. (2022). Effect of Temperatures on Polyphenols during Extraction. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 12, Number 4). MDPI. https://doi.org/10.3390/app12042107

Aztatzi-Rugerio, L., Granados-Balbuena, S. Y., Zainos-Cuapio, Y., Ocaranza-Sánchez, E., & Rojas-López, M. (2019). Analysis of the degradation of betanin obtained from beetroot using Fourier transform infrared spectroscopy. *Journal of Food Science and Technology*, *56*(8), 3677–3686. https://doi.org/10.1007/s13197-019-03826-2

Enaru, B., Drețcanu, G., Pop, T. D., Stănilă, A., & Diaconeasa, Z. (2021). Anthocyanins: Factors affecting their stability and degradation. *Antioxidants*, *10*(12). https://doi.org/10.3390/antiox10121967

Haryanto, B. (2016). Pengaruh Konsentrasi Putih Telur Terhadap Sifat Fisik, Kadar Antosianin dan Aktivitas Antioksidan Bubuk Instan Ekstrak Kulit Manggis (Garcinia mangostana L.) dengan Metode Foam Mat Drying. *Jurnal Kesehatan*, *7*(1), 8. https://doi.org/10.26630/jk.v7i1.112

Hernández-Aguirre, O. A., Muro, C., Hernández-Acosta, E., Alvarado, Y., & Díaz-Nava, M. D. C. (2021). Extraction and stabilization of betalains from beetroot (Beta vulgaris) wastes using deep eutectic solvents. *Molecules*, *26*(21). https://doi.org/10.3390/molecules26216342

Ihsani, Y. Y., Widyasanti, A., & Shah, N. N. A. K. (2024). Penerapan Metode Pengeringan Busa pada Proses Pembuatan Serbuk Ampas Tomat Beef. *Seminar Nasional Pariwisata Dan Kewirausahaan (SNPK)*, 690–698. https://doi.org/10.36441/snpk.vol3.2024.290

Kasim, M. M., Une, S., & Limonu, M. (2023). Karakteristik Fisik dan Kimia Bubuk Cabai Rawit (Capsicum frutescens L) pada Berbagai Konsentrasi Bahan Pengisi dengan Metode Foam Mat Drying. *Jambura Journal of Food Technology (JJFT)*, *5*(1), 106–107. https://doi.org/https://doi.org/10.37905/jjft.v5i01.11465

Kumar, S. S., Manoj, P., Nimisha, G., & Giridhar, P. (2016). Phytoconstituents and stability of betalains in fruit extracts of Malabar spinach (Basella rubra L.). *Journal of Food Science and Technology*, *53*(11), 4014–4022. https://doi.org/10.1007/s13197-016-2404-8

Lembong, E., & Utama, G. L. (2021). Potensi Pewarna dari Bit Merah (Beta vulgaris L.) sebagai Antioksidan. *Jurnal Agercolere*, *3*(1), 7–13. https://doi.org/10.37195/jac.v3i1.122

Martinez, R. M., Melo, C. P. B., Pinto, I. C., Mendes-Pierotti, S., Vignoli, J. A., Verri, W. A., & Casagrande, R. (2024). Betalains: A Narrative Review on Pharmacological Mechanisms Supporting the Nutraceutical Potential Towards Health Benefits. *Foods*, *13*(23). https://doi.org/10.3390/foods13233909

Nurhadi, B., Qonit, M. A. H., Mubarok, S., & Saputra, R. A. (2024). Enhancing betacyanin stability: Comparison of dragon fruit (Hylocereus polyrhizus) pulp and peel powders through encapsulation technology during storage. *Food Science and Nutrition*, *12*(5), 3251–3264. https://doi.org/10.1002/fsn3.3992

Nursyaqilah, Illing, I., & Sukarti. (2021). Uji Stabilitas Senyawa Betasianin dari Ekstrak Bunga Kenop (Gomphrena globosa L.) Sebagai Pewarna Alami. *Cokroaminoto Journal of Chemical Science*, *3*(2).

Pérez, M., Dominguez-López, I., & Lamuela-Raventós, R. M. (2023). The Chemistry Behind the Folin-Ciocalteu Method for the Estimation of (Poly)phenol Content in Food: Total Phenolic Intake in a Mediterranean Dietary Pattern. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *71*(46), 17543–17553. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c04022

Sadowska-Bartosz, I., & Bartosz, G. (2021). Biological properties and applications of betalains. *Molecules*, *26*(9). https://doi.org/10.3390/molecules26092520

Sutor-Świeży, K., Proszek, J., Popenda, Ł., & Wybraniec, S. (2022). Influence of Citrates and EDTA on Oxidation and Decarboxylation of Betacyanins in Red Beet (Beta vulgaris L.) Betalain-Rich Extract. *Molecules*, *27*(24). https://doi.org/10.3390/molecules27249054

Vega, E. N., Ciudad-Mulero, M., Fernández-Ruiz, V., Barros, L., & Morales, P. (2023). Natural Sources of Food Colorants as Potential Substitutes for Artificial Additives. In *Foods* (Vol. 12, Number 22). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/foods12224102

Yasmin, Y., Purwanto, E. H., & Erika, C. (2023). Studi Tentang Perubahan Warna Selama Proses Pengolahan Biji Kakao Menjadi Cokelat Batang Jenis Dark Chocolate. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, *8*(4), 501–506.