

KARAKTERISASI EKSTRAK KULIT BUAH NAGA (*Hylocereus sp.*) DENGAN VARIASI KONSENTRASI ASAM TARTARAT SEBAGAI PEWARNA ALAMI MAKANAN

[Characterization of Dragon Fruit Peel Extract (*Hylocereus sp.*) With Variations in Tartaric Acid Concentration as Natural Food Colorant]

Fernando Fernando¹, Zada Agna Talitha^{1✉}, Rahmat Kurniawan²

¹Program Studi Teknologi Pangan, Institut Teknologi Sumatera

²Program Studi Kimia, Institut Teknologi Sumatera

ABSTRACT

Food colorant plays a vital role in the food industry by enhancing visual appeal and shaping consumer perception of product quality. Synthetic food dyes, though commonly used, have been linked to various health concerns such as allergies, hyperactivity in children, and potential carcinogenic risks when consumed above the Acceptable Daily Intake (ADI). Therefore, natural and safe alternatives are needed. This study investigates the potential use of red dragon fruit (*Hylocereus sp.*) peel extract as a natural food colorant and antioxidant source, using maceration extraction with varying concentrations of tartaric acid (0%, 2%, 4%, 6%, and 8%). Parameters evaluated include physical properties (yield and color intensity), chemical characteristics (pH and total anthocyanins), antioxidant activity, and food processing simulations (thermal stability, pH effects on color, and solvent solubility). The results showed that 4% tartaric acid yielded the highest extraction output, color intensity (absorbance 2.774), highest total anthocyanin, and antioxidant activity (84.06%), with optimal color stability at temperatures up to 40°C and at pH 3. The extract showed excellent solubility in water (97.41%) and 15% ethanol (96.40%), while being insoluble in oil. These results indicate that red dragon fruit peel extract has great potential as a natural dye that not only provides an attractive red color, but also functions as a natural antioxidant that is safe and stable under various food processing conditions.

Keywords: Anthocyanin, antioxidant activity, natural food colorant, red dragon fruit peel, tartaric acid

ABSTRAK

Pewarna makanan merupakan salah satu komponen penting dalam industri pangan karena berperan dalam meningkatkan daya tarik visual dan membentuk persepsi konsumen terhadap kualitas produk. Penggunaan pewarna sintetis secara berlebihan dikaitkan dengan berbagai dampak negatif terhadap kesehatan, seperti alergi, hiperaktivitas, dan risiko kanker, sehingga diperlukan alternatif pewarna alami yang aman. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi ekstrak kulit buah naga merah (*Hylocereus sp.*) sebagai pewarna alami dan sumber antioksidan melalui metode ekstraksi maserasi dengan penambahan asam tartarat dalam berbagai konsentrasi (0%, 2%, 4%, 6%, dan 8%). Parameter yang diuji meliputi karakteristik fisik (rendemen dan intensitas warna), kimia (pH dan total antosianin), aktivitas antioksidan, serta simulasi pengolahan pangan (stabilitas warna terhadap suhu, pengaruh pH terhadap warna, dan kelarutan dalam berbagai pelarut). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan asam tartarat sebesar 4% menghasilkan rendemen tertinggi, intensitas warna maksimal (absorbansi 2,774), total antosianin paling tinggi, serta aktivitas antioksidan tertinggi (84,06%), dengan stabilitas warna optimal pada suhu ≤40°C dan pH 3. Kelarutan ekstrak juga sangat baik dalam pelarut air (97,41%) dan etanol 15% (96,40%), namun tidak larut dalam minyak. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah naga merah memiliki potensi besar sebagai pewarna alami yang tidak hanya memberikan warna merah yang menarik, tetapi juga berfungsi sebagai antioksidan alami yang aman dan stabil terhadap berbagai kondisi pengolahan pangan.

Kata Kunci: Antosianin, aktivitas antioksidan, asam tartarat, kulit buah naga merah, pewarna makanan alami

✉ Corresponding Author:

Zada Agna Talitha
Institut Teknologi Sumatera
Email: zada.talitha@tp.itera.ac.id

This is an open access article
under the CC BY-SA license:



PENDAHULUAN

Pewarna makanan menjadi salah satu aspek penting yang harus diperhatikan dalam pembuatan produk pangan. Pewarna makanan yang diberikan akan mempengaruhi penampilan serta menimbulkan kesan terhadap produk pangan (Tama et al., 2014). Pewarna sintetis menjadi pewarna yang paling banyak digunakan pada produk-produk makanan dan minuman (Fitriansari et al., 2015), (Sulhidayat et al., 2024), (Sumarlin, 2010). Pewarna makanan sintetis dikaitkan dengan berbagai masalah kesehatan, seperti alergi, hiperaktivitas pada anak-anak, dan risiko kanker (Clement et al., 2019). Perlu adanya pewarna alami yang aman sebagai alternatif pengganti pewarna sintetis. Pewarna alami merupakan warna yang diperoleh dari berbagai bagian dari tumbuh-tumbuhan, seperti kulit buah, batang, kulit batang, daun, bunga, akar, dan biji tumbuhan (Berlin et al., 2017). Zat pewarna alami yang terdapat di beberapa tumbuhan antara lain antosianin, klorofil, tannin, dan karotenoid (Bahri et al., 2017). Pewarna alami dapat diperoleh dari pemanfaatan salah satu bagian dari buah naga yaitu limbah kulit buah naga.

Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Hortikultura mencatat pada tahun 2023 Indonesia memproduksi buah naga sebesar 317.407 Ton (Kementerian Pertanian, 2024). Produksi yang sangat besar tersebut akan menghasilkan limbah kulit buah naga yang sangat besar juga. Buah naga memiliki rata-rata berat 400-500 g yang terdiri dari 65-70% daging buah dan 30-35% kulit buah (Hasanah et al., 2022). Jumlah produksi pada tahun 2023 akan menghasilkan limbah kulit buah naga sekitar 95.222-111.092 Ton. Limbah kulit buah naga berpotensi untuk dikembangkan menjadi produk pewarna pangan alami yang bernilai jual dan memiliki banyak manfaat khususnya antioksidan.

Zat warna merah alami kulit buah naga terbentuk karena adanya kandungan antosianin (Meganingtyas et al., 2021). Penelitian Nizori et al. (2020) menunjukkan bahwa total antosianin ekstrak zat warna kulit buah naga berkisar antara 9,32-12,76 mg/100 gram. Antosianin adalah senyawa pigmen alami yang menghasilkan warna merah dan berpotensi digunakan sebagai pewarna dalam produk pangan, serta menjadi alternatif yang lebih aman dibandingkan pewarna sintetis bagi kesehatan (Priska et al., 2018). Antosianin merupakan salah satu senyawa bioaktif yang memiliki fungsi sebagai penangkal radikal bebas alami yang sering disebut dengan antioksidan alami (Prima et al., 2021).

Ekstraksi diperlukan untuk memperoleh antosianin dari kulit buah naga, sehingga penting untuk memahami berbagai faktor yang mempengaruhi proses ekstraksi, seperti suhu, durasi ekstraksi, ukuran bahan, serta perbandingan antara jumlah bahan dan pelarut yang digunakan (Widyasanti et al., 2021). Antosianin dalam kulit buah naga diekstraksi melalui metode maserasi. Maserasi adalah proses sederhana yang dilakukan tanpa pemanasan, sehingga antosianin dalam kulit buah naga tidak mengalami kerusakan (Hidayah et al., 2014). Antosianin dalam kulit buah naga termasuk ke dalam senyawa yang mudah larut dalam pelarut polar. Pelarut yang digunakan dalam proses ekstraksi adalah aquades, namun aquades merupakan larutan yang tidak dapat menstabilkan antosianin. Kwartiningsih et al. (2016) mengindikasikan bahwa penggunaan aquades dapat menghasilkan kadar antosianin lebih tinggi dibandingkan penambahan asam, namun kestabilannya menurun selama penyimpanan.

Antosianin merupakan senyawa yang stabil dalam kondisi asam (pH rendah) (Sari, 2020). Penambahan asam organik seperti asam tartarat diperlukan dalam proses ekstraksi untuk menurunkan pH dan menstabilkan kadar antosianin. Tensika et al. (2007) melaporkan bahwa penggunaan asam tartarat pada ekstrak buah arben parijoto (*Rubus idaeus* L.) menghasilkan total antosianin tertinggi (34,5 mg/100 g) dibandingkan dengan asam asetat (26,4 mg/100 g) dan asam sitrat (27,7 mg/100 g).

Ekstrak kulit buah naga merah mengandung sejumlah senyawa seperti seperti flavonoid, antosianin, betasanin dan fenol yang berperan sebagai antioksidan (Saneto, 2005). Kulit buah naga mengandung aktivitas antioksidan yang lebih besar dibandingkan dengan daging buahnya (Aliya et al., 2024), sehingga kulit buah naga sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai sumber antioksidan alami. Kulit buah naga mengandung aktivitas antioksidan sebesar 96,1 ppm, sedangkan daging buah naga mengandung aktivitas antioksidan sebesar 184,19 ppm (Aliya et al., 2024). Semakin kecil nilai IC₅₀ maka semakin tinggi aktivitas antioksidan senyawa tersebut. Kulit buah naga mampu menghambat 83,48% radikal bebas sedangkan daging buahnya mampu menghambat 27,45% radikal bebas

(Nurliyana et al., 2010). Aktivitas antioksidan ditentukan berdasarkan kemampuan suatu senyawa mampu menangkal radikal bebas dan membuatnya menjadi senyawa non-radikal (Aliya et al., 2024).

Pewarna alami kulit buah naga selain untuk memberikan warna merah juga dapat bermanfaat sebagai sumber antioksidan alami. Namun, masih diperlukan penelitian lebih lanjut terkait konsentrasi penambahan asam organik khususnya asam tartarat untuk menghasilkan ekstrak kulit buah naga sebagai pewarna alami dengan stabilitas warna dan antioksidan yang paling baik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi ekstrak kulit buah naga merah (*Hylocereus* sp.) sebagai pewarna alami dan sumber antioksidan melalui metode ekstraksi maserasi dengan penambahan asam tartarat dalam berbagai konsentrasi (0%, 2%, 4%, 6%, dan 8%).

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan proses pembuatan pewarna alami dari ekstrak kulit buah naga antara lain yaitu buah naga merah yang berasal dari salah satu perkebunan di Kecamatan Rumbia, Kabupaten Lampung Tengah, aquades, dan asam tartarat. Bahan yang digunakan untuk analisis sifat fisik berupa hasil ekstraksi yang dibuat dan aquades. Bahan yang digunakan untuk analisis sifat kimia adalah ekstrak kulit yang dibuat, aquades, HCl, dan etanol. Bahan yang digunakan untuk analisis aktivitas antioksidan adalah methanol dan larutan DPPH (*2,2-difenil-1-pikrilhidrazil*). Bahan yang digunakan pada simulasi pengolahan pangan yaitu aquades, HCl, NaOH, akohol 15%, dan minyak kelapa.

Alat

Alat yang digunakan dalam proses pembuatan pewarna alami adalah timbangan, talenan, pisau, kertas saring, *vacuum pump*, erlenmeyer, gelas beaker, botol reagen, dan *rotary vacuum evaporator*. Alat yang digunakan untuk analisis fisik adalah timbangan, viskometer, spektrofotometer UV-VIS, *hotplate*, tabung reaksi, dan kuvet. Alat yang digunakan untuk analisis kimia antara lain pH meter, labu ukur 10 mL, kuvet, dan spektrofotometer UV-VIS. Alat yang digunakan untuk analisis aktivitas antioksidan adalah spektrofotometer UV-VIS, tabung reaksi ulir, dan kuvet. Alat yang digunakan simulasi pengolahan pangan yaitu spektrofotometer UV-VIS, tabung reaksi, timbangan, dan oven.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan, yaitu konsentrasi asam tartarat 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8%. Setiap perlakuan dilakukan dua pengulangan secara duplo sehingga diperoleh 20 unit percobaan yang kemudian dianalisis menggunakan metode analisis sidik ragam (*Analysis of Variance*).

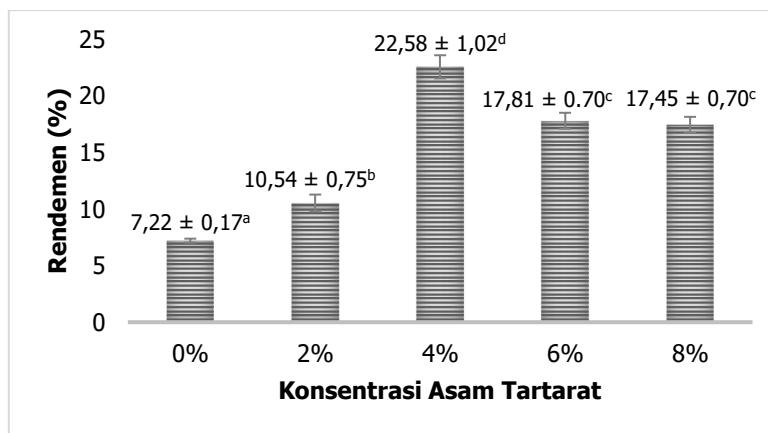
Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahapan pertama adalah pembuatan pewarna alami ekstrak kulit buah naga, mencakup pembersihan dan pengecilan ukuran kulit buah naga, maserasi menggunakan asam tartarat selama 24 jam, penyaringan dan evaporasi. Tahapan kedua adalah analisis sifat fisik sampel hasil ekstraksi yang mencakup persentase rendemen (Widyasanti et al., 2021) dan intensitas warna (Riansyah et al., 2021). Tahapan ketiga adalah analisis sifat kimia dengan mengukur pH (Widyasanti et al., 2021), total antosianin (Markakis, 1982), dan aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH (Saputra et al., 2022). Tahapan terakhir yaitu analisis kestabilan warna konsentrasi terbaik pada simulasi pengolahan pangan berdasarkan pengaruh suhu (Nizori et al., 2020), jenis pelarut (AOAC, 2023), dan pH (Ayun et al., 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen

Rendemen merupakan perbandingan antara massa ekstrak yang diperoleh dengan massa sampel awal sebagai bahan baku. Hasil rendemen ditunjukkan dengan persen, dimana semakin tinggi persentase yang diperoleh maka ekstrak yang dihasilkan semakin besar (Nahor et al., 2022).

Konsentrasi asam tartarat memberikan efek yang signifikan dan berbeda nyata pada rendemen total ekstrak kulit buah naga. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen terendah diperoleh pada konsentrasi 0% asam tartarat, kemudian meningkat hingga mencapai nilai tertinggi pada konsentrasi 4% asam tartarat (Gambar 1).



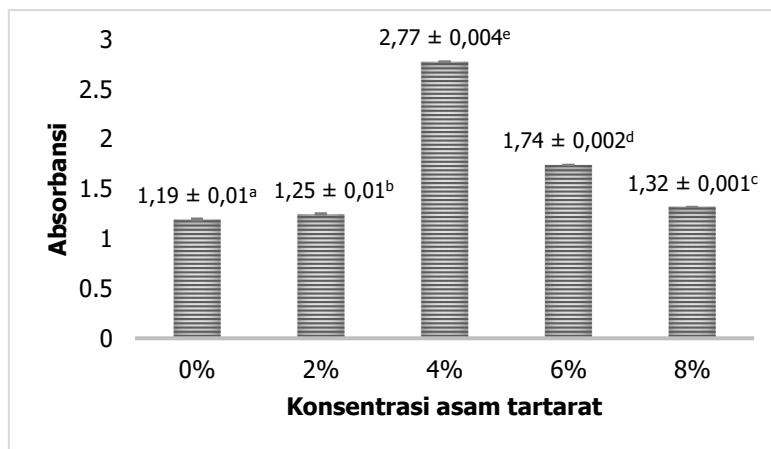
Gambar 1. Grafik Rendemen Total Ekstrak Kulit Buah Naga dengan Penambahan Beberapa Konsentrasi Asam Tartarat

Asam tartarat merupakan asam organik yang memiliki tingkat keasaman yang tinggi sehingga mampu memecah partikel padatan pada sampel yang diekstrak (Sutisna et al., 2018). Penambahan asam organik dalam proses ekstraksi berfungsi untuk memecah dinding sel dan vakuola kulit buah naga sehingga pigmen antosianin terekstrak secara maksimal (Unawahi et al., 2022). Namun, penambahan konsentrasi 6% dan 8% asam tartarat menyebabkan penurunan rendemen. Kondisi ini menunjukkan bahwa tingkat keasaman pelarut yang terlalu tinggi justru dapat menyebabkan penurunan hasil ekstraksi. Unawahi et al. (2022), melaporkan bahwa penurunan rendemen ekstrak disebabkan oleh kondisi pelarut yang terlalu asam sehingga sampel dan pelarut cepat mengental. Pengentalan dapat terjadi akibat koagulasi protein ketika pH mendekati titik isoelektriknya. Hal ini mendorong terbentuknya agregat atau gumpalan protein (Mirsky & Pauling, 1936; Yuniati et al., 2024). Kondisi ini mengurangi gaya tolak antar molekul protein, sehingga mendorong terbentuknya agregat atau gumpalan protein (Yuniati et al., 2024). Kondisi tersebut menyebabkan sampel tidak dapat diekstrak secara maksimal.

Intensitas Warna

Intensitas warna merupakan pengujian secara objektif yang diukur menggunakan spektrofotometer. Intensitas warna paling pekat akan menunjukkan pewarna alami dengan tingkat warna paling kuat (Riansyah et al., 2021). Konsentrasi asam tartarat memberikan efek yang signifikan dan berbeda nyata pada intensitas warna ekstrak kulit buah naga. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas warna terendah diperoleh pada konsentrasi 0% asam tartarat dengan nilai absorbansi 1,19, kemudian meningkat hingga mencapai nilai tertinggi pada konsentrasi 4% asam tartarat dengan nilai absorbansi 2,77 (Gambar 2).

Pigmen warna ekstrak kulit buah naga merupakan senyawa yang stabil dalam kondisi asam (pH rendah) (Nizori et al., 2020), sehingga semakin tinggi konsentrasi asam yang ditambahkan mampu menjaga stabilitasnya. Namun, hasil penelitian pada Gambar 2 juga menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi asam tartarat 6% dan 8% justru dapat menurunkan intensitas warnanya. Penurunan intensitas warna terjadi karena penambahan pelarut dengan tingkat keasaman tinggi dapat menghidrolisis ikatan glikosidik pada antosianin, sehingga kestabilan warna menurun (Nizori et al., 2020).

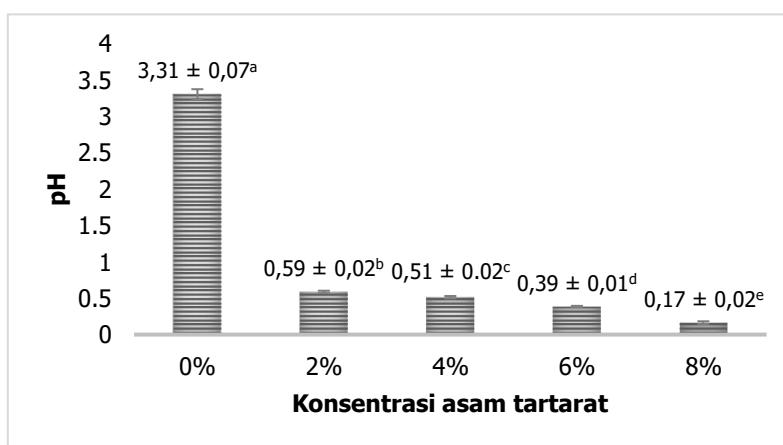


Gambar 2. Grafik Intensitas Warna Ekstrak Kulit Buah Naga dengan Penambahan Beberapa Konsentrasi Asam Tartarat

Selain itu, ekstraksi dengan pelarut asam tidak hanya mengekstrak pigmen warna tetapi juga senyawa lain seperti pektin (Arimpi & Pandia, 2019). Pektin dalam jaringan tanaman berbentuk protopektin yang tidak larut dalam air, sehingga penambahan asam akan menyebabkan terhidrolisisnya protopektin menjadi pektin yang larut pada pelarut asam (Arimpi & Pandia, 2019). Pektin yang diperoleh berbanding lurus dengan rendemen yang dihasilkan, karena ikut larut dalam proses ekstraksinya. Pektin bersifat mampu mengentalkan suatu larutan (Dhora et al., 2024), sehingga ekstrak kulit buah naga dengan penambahan asam tartarat 4% akan menghasilkan ekstrak yang lebih kental dibandingkan dengan konsentrasi lainnya. Pengentalan sampel tersebut akan menyebabkan penyerapan cahaya spektrofotometri UV-Vis oleh sampel memperoleh absorbansi yang lebih besar, hal ini dikarenakan cahaya yang melewati sampel dan dibaca detector lebih kecil (Miarti & Legasari, 2022).

Nilai pH

Nilai pH atau derajat keasaman merupakan satuan standar dalam menyatakan tingkat keasaman atau basa pada suatu zat, benda, maupun larutan yang dinyatakan dalam bentuk nilai (Harvyandha et al., 2019). Nilai pH juga mempengaruhi hasil pewarna yang diperoleh baik dari tingkat keasaman maupun warna yang dihasilkan (Nizori et al., 2020). Konsentrasi asam tartarat memberikan efek yang signifikan dan berbeda nyata pada nilai pH ekstrak kulit buah naga. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi 0% memiliki nilai pH tertinggi, dimana semakin banyak penambahan asam tartarat akan menurunkan nilai pH (Gambar 3).

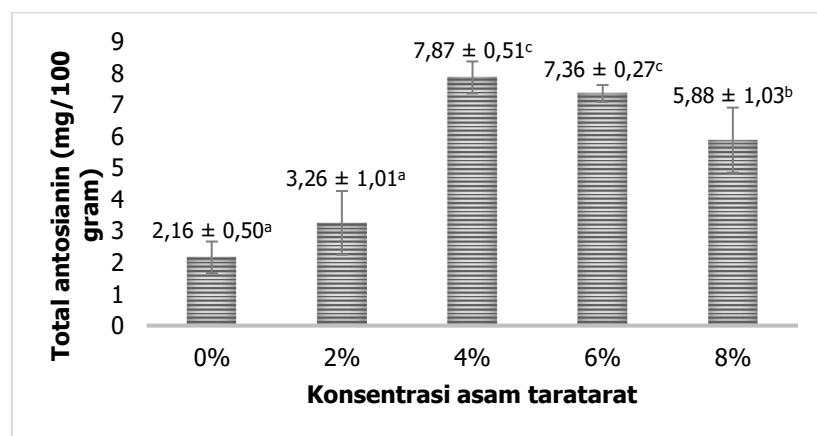


Gambar 3. Grafik Nilai pH Ekstrak Kulit Buah Naga dengan Penambahan Beberapa Konsentrasi Asam Tartarat

Penambahan asam tartarat dapat menurunkan nilai pH ekstrak kulit buah naga karena sifat asamnya. Asam tartarat merupakan salah satu jenis asam karboksilat yang memiliki dua gugus hidroksil dan dua gugus karboksilat (Atika et al., 2021). Asam karboksilat mengandung gugus karboksil yang mampu mentransfer ion dalam larutan sehingga menghasilkan ion karboksilat dan proton yang dapat menurunkan pH suatu larutan (Lepar et al., 2023).

Total Antosianin

Antosianin merupakan bagian dari kelompok pigmen warna yang terkandung dalam tanaman (Hasanah et al., 2022) dan dapat dimanfaatkan sebagai zat warna dalam pembuatan pewarna alami. Antosianin termasuk dalam salah satu jenis senyawa flavonoid yang dapat berperan sebagai sumber antioksidan alami (Saneto, 2005). Total antosianin pada ekstrak kulit buah naga menunjukkan perbedaan yang signifikan pada penambahan asam tartarat 4% dibandingkan dengan 0%, 2%, dan 8%, namun tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan konsentrasi asam tartarat 6% (Gambar 4).



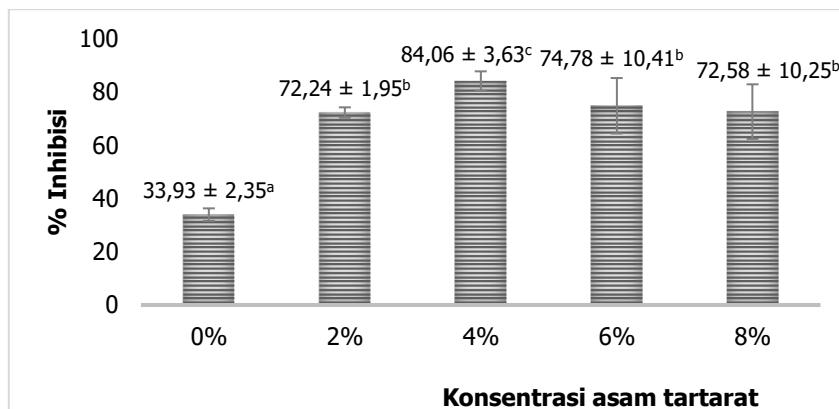
Gambar 4. Grafik Total Antosianin Ekstrak Kulit Buah Naga dengan Penambahan Beberapa Konsentrasi Asam Tartarat

Hasil penelitian menunjukkan total antosianin terendah pada konsentrasi 0% dan mengalami kenaikan hingga total antosianin tertinggi pada konsentrasi 4%. Penambahan asam organik seperti asam tartarat dalam proses ekstraksi berfungsi untuk memecah dinding sel kulit buah naga sehingga pigmen antosianin terekstrak secara maksimal (Unawah et al., 2022). Akan tetapi, kondisi pelarut yang terlalu asam seperti pada konsentrasi 6% dan 8% justru menurunkan total antosianin. Penambahan asam yang terlalu tinggi akan menurunkan efektivitas pelarut dalam proses ekstraksi, karena penambahan asam yang tinggi pada pelarut aquades dapat mempercepat proses koagulasi protein menjadi kental sehingga antosianin tidak terekstrak secara maksimal (Mirsky & Pauling, 1936). Kondisi pelarut yang terlalu asam juga akan menyebabkan ikatan glikosida pada antosianin terhidrolisis sehingga antosianin kurang stabil dan terdegradasi yang menyebabkan kandungan antosianin semakin rendah (Nizori et al., 2020). Kondisi yang sangat asam akan menyebabkan gugus gula (glikosida) pada antosianin akan mengalami pemutusan akibat proses hidrolisis. Proses ini diawali dengan protonasi pada ikatan glikosidik, yang kemudian memicu serangan oleh molekul air sehingga ikatan antara gula dan aglikon (antosianidin) terputus. Aglikon yang terbentuk bersifat tidak stabil dan mudah terdegradasi, sehingga menyebabkan penurunan kadar antosianin serta perubahan atau hilangnya warna pada larutan (Jackman et al., 1987).

Aktivitas Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa yang mampu menyerap atau menetralisir radikal bebas serta dapat mencegah penyakit-penyakit degenertif (Pratiwi et al., 2023). Kulit buah naga memiliki

keunggulan sebagai sumber antioksidan karena kaya akan senyawa polifenol, senyawa-senyawa tersebut antara lain yaitu antosianin, betalain, fitoalbumin, fenolik, karoten, flavonoid, terpenoid, alkaloid, vitamin C, vitamin A, dan vitamin E (Wu et al., 2006; Jaafar et al., 2009). Aktivitas antioksidan pewarna kulit buah naga diuji berdasarkan persen inhibisi senyawa antioksidan yang mampu menangkal radikal bebas (DPPH). Aktivitas antioksidan pada ekstrak kulit buah naga menunjukkan perbedaan yang signifikan pada penambahan asam tartarat 4% dibandingkan dengan 0%, 2%, 6% dan 8% (Gambar 5).



Gambar 5. Grafik Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Buah Naga dengan Penambahan Beberapa Konsentrasi Asam Tartarat

Hasil penelitian menunjukkan aktivitas terendah pada konsentrasi 0% sebesar 33,93%, mengalami kenaikan hingga aktivitas antioksidan tertinggi pada konsentrasi 4% sebesar 84,06%. Persentase inhibisi menunjukkan seberapa besar kemampuan sampel dalam mereduksi radikal bebas DPPH dan nilai yang lebih tinggi menandakan aktivitas antioksidan yang lebih kuat (Rozi et al., 2023). Berdasarkan metode pengujinya, aktivitas antioksidan yang dimaksud dalam penelitian ini termasuk ke dalam jenis antioksidan sekunder, karena mampu menetralkan atau mengubah senyawa radikal bebas menjadi senyawa non-radikal (Kurniawati & Suyatno, 2021). Oleh karena itu, penggunaan asam tartarat termasuk baik karena mampu menetralkan radikal bebas 72,24% – 84,06%.

Penambahan asam dalam pelarut ekstraksi dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dan menstabilkannya (Basito, 2011). Penambahan asam sebagai pelarut akan memecah dinding sel pada vakuola sehingga senyawa-senyawa yang dapat berperan sebagai antioksidan dapat teresektrik maksimal (Moulana et al., 2012). Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan keasaman larutan pada konsentrasi 6% dan 8% dapat menyebabkan penurunan aktivitas antioksidan (Gambar 6). Hasil pengujian aktivitas antioksidan berbanding lurus dengan hasil pengujian total antosianin yang mengalami penurunan dengan konsentrasi asam yang semakin meningkat. Kondisi pelarut yang terlalu asam akan menyebabkan antosianin terhidrolisis karena pecahnya ikatan glikosidik pada ekstrak kulit buah naga sehingga antosianin kurang stabil dan terdegradasi, pelarut yang semakin asam akan memperoleh aktivitas antioksidan yang menurun (Nizori et al., 2020).

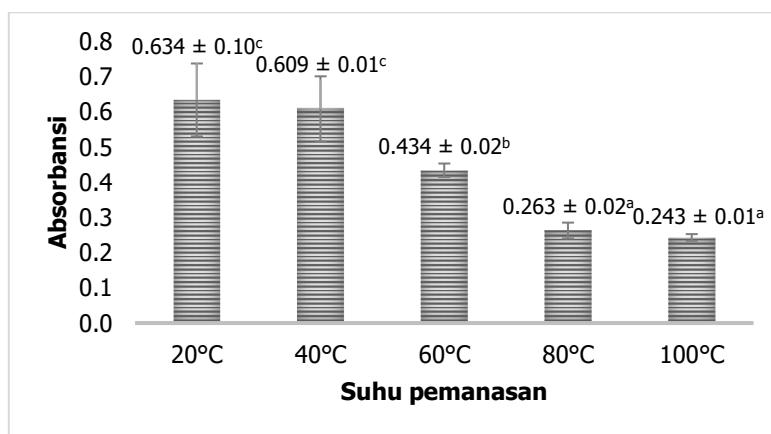
Penentuan Konsentrasi Terbaik

Penentuan konsentrasi terbaik pada pengaruh variasi konsentrasi asam tartarat terhadap ekstrak kulit buah naga diamati secara objektif yaitu rendemen, intensitas warna, total antosianin dan aktivitas antioksidan. Hasil pengujian terhadap rendemen, intensitas warna, total antosianin, dan aktivitas antioksidan selanjutnya dianalisis untuk menentukan konsentrasi terbaik menggunakan metode *Multiple Attribute*, yaitu, metode perhitungan setiap nilai perlakuan berdasarkan perbandingan antarparameter (Zeleny, 1982). Hasil uji metode Zeleny *Multiple Attribute* menunjukkan bahwa konsentrasi 4% menjadi yang paling baik dengan nilai L1, L2, dan Loo paling rendah, yang menunjukkan derajat kerapatan yang

paling sempit. Penambahan konsentrasi 4% asam tartarat memperoleh rendemen 22,58%, total antosianin 7,87 mg/100gram, intesitas warna dengan absorbansi 2,776, dan aktivitas antioksidan 84,06%.

Kestabilan Warna Terhadap Suhu

Pigmen warna antosianin merupakan senyawa yang tidak stabil dan mengalami kerusakan pada suhu tinggi (Nizori et al., 2020). Pengujian kestabilan terhadap warna dilakukan sebagai simulasi sederhana dalam proses pengolahan pangan dengan melibatkan variasi suhu pemanasan. Dalam penelitian pengujian dilakukan proses pemanasan ekstrak pewarna kulit buah naga berdasarkan konsentrasi terbaik dengan suhu 20°C, 40°C, 60°C, 80°C, dan 100°C selama 30 menit. Kestabilan ekstrak kulit buah naga terhadap suhu dapat dilihat pada Gambar 6.

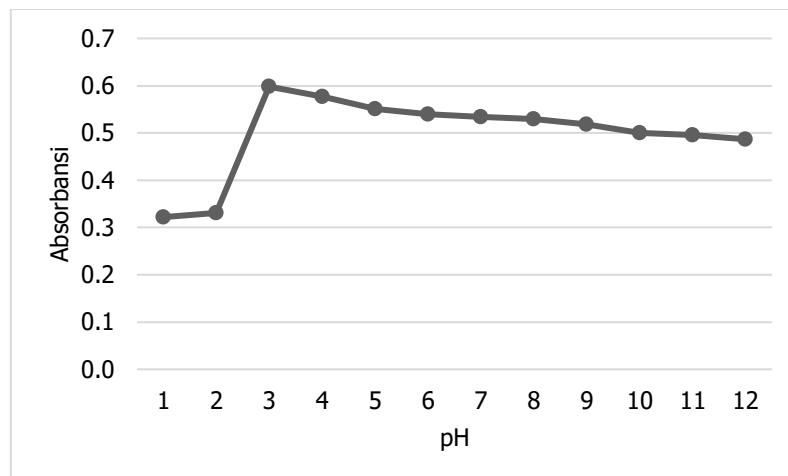


Gambar 6. Grafik Kestabilan Warna Terhadap Suhu Ekstrak Kulit Buah Naga dengan Pemanasan Beberapa Suhu

Hasil penelitian menunjukkan warna paling pekat dengan absorbansi tertinggi pada suhu 20°C dan absorbansi terendah yaitu pada suhu 100°C. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa pemanasan pada suhu 40°C tidak menyebabkan perubahan warna yang signifikan, yang artinya sampel masih mampu mempertahankan stabilitas warnanya. Kerusakan warna mulai terjadi pada penggunaan suhu 60°C hingga kehilangan warna merah pada suhu 80°C dan 100°C. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa penggunaan suhu diatas 40°C pada proses pengolahan akan menyebabkan stabilitas warna pada pewarna ekstrak kulit buah naga akan berkurang. Penurunan warna (absorbansi) disebabkan terjadinya kerusakan gugus kromofor antosianin saat penggunaan suhu tinggi sehingga warna merah akan berkurang (Hidayah et al., 2014). Kromofor merupakan bagian dari senyawa organik yang terdiri atas gugus atau atom tertentu yang mampu menyerap cahaya pada spektrum ultraviolet dan tampak, sehingga berperan penting dalam proses absorpsi cahaya dan menunjukkan warna (Wiweka & Zulkarnain, 2015). Penurunan stabilitas warna merah juga disebabkan karena pada suhu tinggi akan men-dekomposisi antosianin dari bentuk aglikon menjadi kalkon (tidak berwarna) (Markakis, 1982), (Wijaya et al., 2001), sehingga akan menurunkan energi yang diserap oleh eksrak kulit buah naga saat cahaya berinteraksi dengan molekulnya.

Pengaruh pH Terhadap Warna

Pigmen warna antosianin merupakan senyawa yang tidak stabil dan akan terhidrolisis pada pH tinggi (Hidayah et al., 2014). Pengujian pengaruh pH terhadap kestabilan warna dilakukan sebagai simulasi sederhana dalam proses pengolahan pangan dengan melibatkan variasi pH 1-12 pada konsentrasi terbaik penambahan asam tartarat. Kestabilan ekstrak kulit buah naga terhadap pH dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Kestabilan Ekstrak Kulit Buah Naga terhadap Berbagai pH

Hasil uji pengaruh pH terhadap stabilitas warna ekstrak kulit buah naga menunjukkan kondisi sangat asam pada pH 1 dan pH 2 menyebabkan kehilangan warna yang signifikan dengan nilai absorbansi 0,332 dan 0,330. Ekstrak kulit buah naga mengalami perubahan atau kehilangan warna karena pigmen warna mengalami pemutusan ikatan antosianin dengan glikosida (deglikolisasi) (Agne et al., 2010). Ikatan tersebut merupakan ikatan asetal yang akan mengalami pemutusan oleh asam kuat seperti HCl, sehingga akan menyebabkan kehilangan warna merah (Agne et al., 2010). Proses hidrolisis diawali ketika ikatan glikosidik mendapatkan proton, lalu diserang oleh molekul air sehingga gula terlepas dari senyawa induknya (antosianidin). Aglikon yang terbentuk menjadi tidak stabil dan mudah rusak, sehingga kadar antosianin menurun dan warna larutan bisa berubah atau hilang. (Ackman et al., 1987).

Warna paling pekat dengan absorbansi tertinggi yaitu pada pH 3 dengan absorbansi 0,598 dan mengalami penurunan nilai absorbansi seiring peningkatan nilai pH, hingga mencapai nilai absorbansi terendah pada pH 12 sebesar 0,487 (Gambar 8). Pigmen warna antosianin merupakan pigmen yang stabil pada kondisi pH rendah atau kondisi asam dibandingkan dalam kondisi netral dan alkali (Markakis, 1982). Pada pH yang semakin tinggi atau kondisi semakin basa kesetimbangan antosianin terdegradasi membentuk struktur karbinol dan kalkon sehingga terjadi pengurangan warna dan penurunan nilai absorbansi (Ayun et al., 2022).

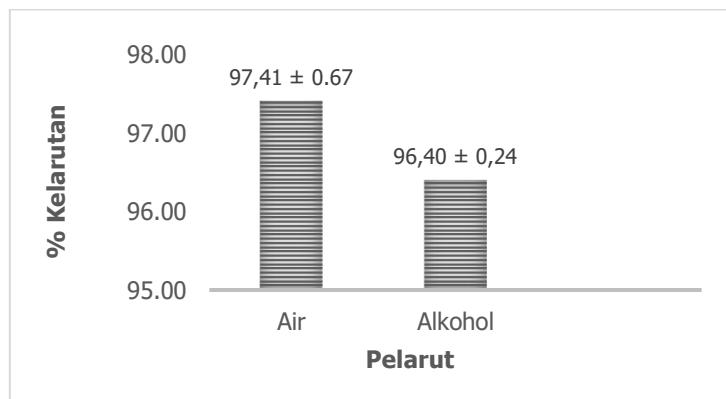
Kelarutan Terhadap Jenis Pelarut

Kelarutan merupakan kemampuan maksimum suatu zat atau senyawa yang dapat larut dalam pelarut tertentu (Astuti et al., 2022). Ekstrak kulit buah naga yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk dijadikan sebagai bahan tambahan pangan (BTP) pewarna alami, sehingga perlu diketahui kandidat bahan pelarut yang paling baik untuk melarutkan ekstrak kulit buah naga. Pengujian kelarutan dilakukan sebagai simulasi sederhana dalam proses pengolahan pangan dengan menggunakan bahan-bahan pelarut yang sering digunakan pada pembuatan produk pangan. Pelarut-pelarut yang digunakan antara lain yaitu air, alkohol 15% (produk wine), dan minyak pada konsentrasi terbaik penambahan asam tartarat. Hasil pengujian diamati secara kualitatif, jika hasil pengujian menunjukkan terjadi kelarutan maka akan dilakukan uji lanjutan untuk menentukan persentase kelarutan pada pelarut tersebut. Kelarutan ekstrak kulit buah naga terhadap jenis pelarut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Kelarutan Kualitatif Ekstrak Kulit Buah Naga terhadap Berbagai Pelarut

Dokumentasi	Pelarut	Hasil
	Air	Larut
	Alkohol 15%	Larut
	Minyak	Tidak Larut

Hasil pengujian kelarutan ekstrak kulit buah naga dengan asam tartarat secara kualitatif menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah naga larut dengan baik dalam pelarut air dan alkohol 15%, sedangkan dengan pelarut minyak tidak menunjukkan kelarutan. Air merupakan senyawa yang bersifat polar (Alfauzi et al., 2022) sehingga mampu melarutkan senyawa antosianin yang bersifat polar. Antosianin juga mampu larut pada pelarut yang bersifat universal seperti alkohol. Alkohol merupakan larutan yang bersifat universal yang mampu melarutkan senyawa polar, semi polar, dan non-polar (Alfauzi et al., 2022). Berdasarkan hasil pengujian tersebut, maka pelarut air dan alkohol 15% dipilih untuk uji lanjutan guna mengetahui persentase kelarutan melalui metode penyaringan, pengeringan, dan penimbangan residu pada kertas saring. Persentase kelarutan dari pelarut air dan alkohol 15% disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Kelarutan Esktrak Kulit Buah Naga pada Jenis Pelarut

Hasil pengujian persentase kelarutan terhadap ekstrak kulit buah naga menunjukkan bahwa kelarutan tertinggi pada pelarut air sebesar 97,41%, sedangkan pelarut alkohol sebesar 96,40%. Pigmen warna antosianin merupakan senyawa yang bersifat polar sehingga pelarut air yang memiliki

tingkat kepolaran yang lebih tinggi memperoleh persentase yang lebih tinggi. Hasil penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah naga tidak sepenuhnya (100%) larut dalam pelarut air. Hasil tersebut dapat disebabkan adanya kandungan senyawa selain senyawa flavonoid seperti mineral, abu, maupun abu tidak larut asam (Aliya et al., 2024). Penelitian oleh Aliya et al (2024) menyebutkan bahwa dalam 2 gram eksrak pekat kulit buah naga basah memiliki 8,15% kadar abu dan 5,85% kadar abu tidak larut asam. Kandungan senyawa tersebut yang mempengaruhi ekstrak kulit buah naga tidak sepenuhnya larut dalam air. Hasil pengujian tersebut menunjukkan alkohol 15% memperoleh kelarutan yang lebih rendah sebesar 96,40%. Selain tingkat kepolaran alkohol sebagai pelarut serta kandungan mineral, abu, dan abu tidak larut asam, dalam ekstrak kulit buah naga juga mengandung pektin. Kulit buah naga mengandung 10,8% pektin (Yati et al., 2017). Pencampuran ekstrak kulit buah naga dengan alkohol akan membentuk endapan pektin, dimana alkohol akan mendehidrasi pektin yang menyebabkan terganggunya kestabilan larutan koloidalnya, sehingga pektin akan terkoagulasi dan tidak lagi larut dalam air (Fauzan et al., 2022). Hasil ini sesuai dengan penelitian Kurniawan dan Adenia (2022) yang memperoleh pektin kulit buah naga berwarna coklat transparan.

KESIMPULAN

Penambahan asam tartarat 4% merupakan kondisi optimum untuk menghasilkan ekstrak kulit buah naga merah sebagai pewarna alami makanan dengan rendemen tertinggi, intensitas warna maksimal (absorbansi 2,774), kandungan total antosianin tertinggi, serta aktivitas antioksidan paling tinggi (84,06%). Stabilitas ekstrak terjaga pada suhu $\leq 40^{\circ}\text{C}$ dan pH 3, sedangkan uji kelarutan menunjukkan tingkat kelarutan sangat baik dalam pelarut air (97,41%) dan etanol 15% (96,40%), namun tidak larut dalam minyak. Ekstrak kulit buah naga merah berpotensi diaplikasikan sebagai pewarna alami sekaligus sumber antioksidan yang aman dan stabil terhadap kondisi pengolahan pangan. Penelitian ini memiliki keterbatasan pewarna ekstrak kulit buah naga yang dihasilkan belum diaplikasikan pada produk nyata, sehingga stabilitasnya dalam matriks produk belum dapat dievaluasi secara menyeluruh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada program Indofood Riset Nugraha (IRN) oleh PT. Indofood Sukses Makmur TBK yang telah mendanai penelitian penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Agne, E. B. P., Hastuti, R., & Khabibi. (2010). Ekstraksi dan uji kestabilan zat warna betasianin dari kulit buah naga (*Hylocereus polyrhizus*) serta aplikasinya sebagai pewarna alami pangan. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 13(2), 51–56.
- Alfauzi, R. A., Hartati, L., Suhendra, D., Rahayu, T. P., & Hidayah, N. (2022). Ekstraksi senyawa bioaktif kulit jengkol (*Archidendron jiringa*) dengan konsentrasi pelarut metanol berbeda sebagai pakan tambahan ternak ruminansia. *Jurnal Ilmu Nutrisi Dan Teknologi Pakan*, 20(3), 95–103. <https://doi.org/10.29244/jintp.20.3.95-103>
- Aliya, N. N., Riyanta, A. B., & Muldiyana, T. (2024). Uji aktivitas antioksidan ekstrak kulit dan daging buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) dan penentuan parameter non spesifik. *Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia*, 6(1), 1–15.
- AOAC. (2023). Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL (22nd edition). Latimer, G. W. (ed.). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>.
- Arimpi, A., & Pandia, S. (2019). Pembuatan pektin dari limbah kulit jeruk (*Citrus sinensis*) dengan metode ekstraksi gelombang ultrasonik menggunakan pelarut asam sulfat (H_2SO_4). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 8(1), 18–24.

- Astuti, S. I., Lestari, P., Aprianingsih, T., Sumardani, T. Z., Wicaksana, G. C., & Sholiah, A. (2022). Pengaruh suhu terhadap kelarutan dan viskositas pada gula pasir. *Jurnal Pendidikan IPA*, 11(1), 19–21. <https://doi.org/10.20961/inkuir.v11i1.52179>
- Atika, V., Rahayuningsih, E., & Budhijanto. (2021). Pengaruh penambahan asam organik terhadap perubahan kualitas ekstrak daun noja (*Peristrophe Bivalvis*) karena terjadinya reaksi oksidasi. *Dinamika Kerajinan Dan Batik: Majalah Ilmiah*, 38(1), 101–108. <https://doi.org/10.22322/dkb.V36i1.4149>
- Ayun, Q., Khomsiyah, & 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), 1–36. <https://doi.org/10.365xx/jc.vxxxxxxxx>
- Bahri, S., Jalaludin, & Rosnita. (2017). Pembuatan zat warna alami dari kulit batang jamblang (*Syzygium cumini*) sebagai bahan dasar pewarna tekstil. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 6(1), 10–19.
- Basito. (2011). Efektivitas penambahan etanol 95% dengan variasi asam dalam proses ekstraksi pigmen antosianin kulit manggis (*Garcinia mangostana L.*). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, IV(2), 84–93.
- Berlin, S. W., Linda, R., & Mukarlina. (2017). Pemanfaatan tumbuhan sebagai bahan pewarna alami oleh suku Dayak Bidayuh di Desa Kenaman Kecamatan Sekayam Kabupaten Sanggau. *Journal Protobiont*, 6(3), 303–309.
- Clement, H., Dölp, A., Schneider-Momm, K., Clement, C., Blazynski, N., Schulz, E., & Fleischhaker, C. (2019). Food intolerance and attention deficit hyperactivity disorder. *Abstracts of the 1st Symposium of the Arbeitsgemeinschaft Für Neuropsychopharmacologie Und Pharmakopsychiatrie (AGNP) and Deutsche Gesellschaft Für Biologische Psychiatrie (DGBP)*.
- Dhora, A., Hariani, R., & Wahyuni, S. (2024). Isolasi pektin dari kulit kakao menggunakan metode ekstraksi dengan variasi konsentrasi HCl. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian (AGROTECHNO)*, 9(1), 1–7.
- Fauzan, A., Risnandar, T. D., Anisa, V. R., & Sihombing, R. P. (2022). Karakteristik kadar metoksil dan kadar asam galakturonat pada ekstrak pektin dari kulit jeruk manis pacitan pada suhu 90°C. *Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 13–14.
- Fitriansari, S., Argadireja, D., & Yuniarti, L. (2015). Gambaran kandungan pewarna makanan jajanan sekolah dasar di Kelurahan Tamansari tahun 2015. *Prosiding Pendidikan Dokter*, 134–140.
- Harvyandha, A., Kusumawardani, M., & Rosyid, A. (2019). Telemetri pengukuran derajat keasaman secara realtime menggunakan raspberry PI. *Jurnal JARTEL*, 4, 519–524.
- Hasanah, A., Nurrahman, & Suyatno, A. (2022). Penambahan ekstrak kulit buah naga terhadap derajat warna, kadar antosianin, aktivitas antioksidan dan sifat sensoris cendol. *Jurnal Pangan Dan Gizi*, 12(1), 25–31. <https://doi.org/10.26714/jpg.12.1.2022.25-31>
- Hidayah, T., Pratjojo, W., & Widiarti, N. (2014). Uji stabilitas pigmen dan antioksidan ekstrak zatwarna alami kulit buah naga. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2), 135–140. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Jaafar, A. R., Nazri, M., & Khairuddin, W. (2009). Proximate analysis of dragon fruit (*Hylecereus polyhizus*). *American Journal of Applied Sciences*.

- Jackman, R. L., Yada, R. Y., Tung, M. A., & Speers, R. A. (1987). Anthocyanins as food colorants—a review. *Journal of Food Biochemistry*, 11(3), 201–247. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.1987.tb00123.x>
- Kementerian Pertanian. (2024). Angka tetap hortikultura tahun 2023. In Sa'i (Ed.), *Buku Atap Hortikultura* (2024th ed.). Direktorat Jenderal Hortikultura, Kementerian Pertanian.
- Kurniawan, M. F., & Adenia, D. Z. (2022). Ekstraksi pektin kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) dengan pelarut asam sitrat dan aplikasinya sebagai polimer plastik biodegradable. *Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, 9(1), 10–18.
- Kurniawati, I. F., & Sutoyo Suyatno. (2021). Review artikel: potensi bunga tanaman sukun (*Artocarpus altilis* [PARK. I] fosberg) sebagai bahan antioksidan alami. *UNESA Journal of Chemistry*, 10(1), 1–11.
- Kwartiningsih, E., Prastika, A., & Triana, D. L. (2016). Ekstraksi dan uji stabilitas antosianin dari kulit buah naga super merah (*Hylocereus costaricensis*). *Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, 1–7.
- Lepar, D. M. E., Oessoe, Y. Y. E., & Sumual, M. F. (2023). Pengaruh konsentrasi asam sitrat terhadap sifat fisik dan kimia tepung kentang (*Solanum tuberosum L.*). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 14, 99–109.
- Markakis, P. (1982). *Anthocyanin as Food Colours*. Academic Press.
- Meganingtyas, W., Alauhdin, M., & Kimia, J. (2021). Ekstraksi antosianin dari kulit buah naga (*Hylocereus costaricensis*) dan pemanfaatannya sebagai indikator alami titrasi asam-basa. *AgriTECH*, 41(3), 278–284. <https://doi.org/10.22146/agritech.52197>
- Miarti, A., & Legasari, L. (2022). Ketidakpastian pengukuran analisa kadar biuret, kadar nitrogen, dan kadar oil pada pupuk urea di laboratorium kontrol produksi PT Pupuk Sriwidjaja Palembang. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(3), 861–874.
- Mirsky, A. E., & Pauling, L. (1936). On the structure of native, denatured, and coagulated proteins. *Easton*, 22(7), 439–447.
- Moulana, R., Rohaya, S., & Rosika, R. (2012). Efektivitas penggunaan jenis pelarut dan asam dalam proses ekstraksi pigmen antosianin kelopak bunga rosella (*Hibiscus sabdariffa L.*). *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 4(4), 20–25.
- Nahor, E. M., Rumagit, B. I., & YTou, H. (2022). Perbandingan rendemen ekstrak etanol daun andong (*Cordyline fruticosa L.*) menggunakan metode ekstraksi maserasi dan sokhletasi. *Politeknik Kesehatan Kemenkes Manado*, 1(1), 40–44.
- Nizori, A., Sihombing N., & Surhaini. (2020). Karakteristik ekstrak kulit buah naga merah (*Hylocereus Polyrhizus*) dengan penambahan berbagai kosentrasi asam sitrat sebagai pewarna alami makanan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 30(2), 228–233. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2020.30.2.228>
- Nurliyana, R., Zahir, I. S., Suleiman, K. M., Aisyah, M. R., & Rahim, K. A. (2010). Antioxidant study of pulps and peels of dragon fruits: A comparative study. *International Food Research Journal*, 17(2), 367–375.
- Pratiwi, A. H., Yusran, Islawati, & Artati. (2023). Analisis kadar antioksidan pada ekstrak daun binahong hijau *Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis. *BIOMA: Jurnal Biologi Makassar*, 2, 66–74. <https://journal.unhas.ac.id/index.php/bioma>

- Priska, M., Peni, N., Carvallo, L., & Ngapa, Y. D. (2018). Review: antosianin dan pemanfaatannya. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 6(2), 79–97.
- Riansyah, H., Maharani, D. M., & Nugroho, A. (2021). Intensitas dan stabilitas warna ekstrak daun pandan, suji, katuk, dan kelor sebagai sumber pewarna hijau alami. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 15(1), 103–112.
- Rozi, F., Siddiq, M. N. A. A., & Majiding, C. M. (2023). Analisis kapasitas antioksidan minuman sumber vitamin c. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 4(4), 6105–6111.
- Saneto, B. (2005). Karakteristik kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). *Jurnal Agrika*, 2(1), 143–149.
- Saputra, M. Y., Raffi Zakaria, M., Silalahi, D., Sartika, W., Fuola, Z. H. H., Kurniawan, R., & Ashari, A. (2022). Potensi kandungan antioksidan dari daun *Rhizophora apiculata* mangrove khas Lempasing, Pesisir Lampung Selatan. *Stannum: Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, 4(2), 60–67. <https://doi.org/10.33019/jstk.v4i2>
- Sari, E. M. (2020). Identifikasi kestabilan pigmen antosianin dari ketan hitam (*Oryza sativa L forma Glutinosa*) menggunakan metode akselerasi kerusakan. *Biolearning Journal*, 7(1), 25–30.
- Sulhidayat, Muzakkar, M., & Mariani. (2024). Analisis kandungan zat pewarna sintetik rhodamin b dan methanyl yellow pada jajanan tradisional dan terasi yang ada di Pasar Kota Kendari. *Jurnal Riset Pangan (JRP)*, 1(2), 83–88.
- Sumarlin, L. (2010). Identifikasi pewarna sintetis pada produk pangan yang beredar di Jakarta dan Ciputat. *Jurnal Kimia Valensi*, 1(6), 274–283.
- Sutisna, N., Asep, A., Sutrisno, D., & Fauziah, A. (2018). Pengaruh bahan pengekstrak terhadap karakteristik ekstrak senyawa fungsional dari kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). *Pasundan Food Technology Journal*, IV(1), 23–30.
- Tama, J. B., Kumalaningsih, S., & Mulyadi, A. F. (2014). Studi pembuatan bubuk pewarna alami dari daun suji (*Pleomele angustifolia N.E.BR.*). kajian konsentrasi maltodekstrin dan MgCO₃. *Jurnal Industria*, 3(1), 73–82.
- Tensiska, Sukarminah, E., & Natalia, D. (2007). Ekstraksi pewarna alami dari buah arben (*Rubusidaeus Linn.*) dan aplikasinya pada sistem pangan. *Jurnal Telnol dan Industri Pangan*, 18(1), 25–31.
- Unawahi, S., WidyaSanti, A., & Rahimah, S. (2022). Ekstraksi antosianin bunga telang (*Clitoria ternatea Linn*) dengan metode ultrasonik menggunakan pelarut aquades dan asam asetat. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 10(1), 1–9. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2022.010.01.01>
- Widyasanti, A., Arsyad, M. Z., & Wulandari, E. (2021). Ekstraksi antosianin kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) menggunakan metode maserasi. *Jurnal Agroindustri*, 11(2), 72–81. <https://doi.org/10.31186/j.agroind.11.2.72-81>
- Wijaya, L. S., Wijanarko, & Susanto, T. (2001). Ekstraksi dan karakterisasi pigmen dari kulit buah rambutan (*Nephelium lappaceum*) var Binjai. *Biosain*, 1(2), 1–8.
- Wiweka, A. P., & Zulkarnain. (2015). Uji SPF in vitro dan sifat fisik beberapa produk tabir surya yang beredar di pasaran. *Majalah Farmaseutik*, 11(1), 275.

- Wu, L. C., Chen, Y., Chiu, C. C., & Ho, Y. I. (2006). Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. *Food Chemistry*, 95, 319–327.
- Yati, K., Ladeska, V., & Wirman, A. P. (2017). Isolasi pektin dari kulit buah naga (*Hylocereus polyrhizus*) dan pemanfaatannya sebagai pengikat pada sediaan pasta gigi. *Jurnal Media Farmasi*, 14(1), 1–16.
- Yuniati, R., Nurtari, R. Y., Annaafi, A. D., Priguna, T. M., Anggita, V. D., Kusumaningrum, N., Saraswati, I., Muslimin, Putra, F. E., & Hardian. (2024). Pengaruh waktu pemanasan dan pengasaman terhadap kadar albumin ekstrak ikan gabus. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(2), 104–111. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i2.46448>
- Zeleny, M. (1982). *Multiple Criteria Decision Making*. McGraw-Hill Book Company.