



Terbit online pada laman web jurnal: <https://edubio.ftk.uinjambi.ac.id>

EDU-BIO Jurnal Pendidikan Biologi

ISSN: E-ISSN: 2598-4284

Pemanfaatan Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) sebagai Indikator Alami untuk Deteksi Boraks pada Berbagai Sampel Pangan

**Ezra Sijabat¹, Yohana Putri Girsang², Muhammad Rio Adinatha³, Gloria Caroline Siahaan⁴,
Larasati Arum Utami^{5*}, Nurbaity Situmorang⁶**

^{1,2,3,4,5,6} Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Indonesia

Diterima: 21 Mei 2026, Disetujui: 20 Juni 2026, Dipublikasikan: 31 Juli 2026

Korespondensi: larastiarum@unimed.ac.id

ABSTRAK

Keamanan pangan di Indonesia masih menghadapi tantangan akibat penyalahgunaan bahan tambahan pangan yang dilarang, salah satunya boraks, yang sering digunakan secara ilegal untuk meningkatkan tekstur dan daya simpan produk pangan. Berbagai metode deteksi telah dikembangkan menggunakan indikator sintesis maupun indikator alami, namun sebagian besar penelitian masih terbatas pada penggunaan satu jenis sumber indikator atau pengujian pada matriks pangan tertentu. Pemanfaatan pigmen betalain dari kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) sebagai indikator alami untuk mendeteksi boraks pada berbagai karakteristik pangan masih perlu dikaji lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan ekstrak kulit buah naga merah sebagai indikator alami dalam mendeteksi keberadaan boraks secara kualitatif pada berbagai sampel pangan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan pendekatan deskriptif kualitatif berdasarkan perubahan warna indikator akibat perubahan kondisi pH setelah bereaksi dengan sampel uji. Sebanyak tujuh jenis sampel pangan yang diperoleh melalui teknik purposive sampling dari beberapa lokasi penjualan diuji menggunakan ekstrak kulit buah naga merah, meliputi bakso ayam, bakso ikan, tahu putih, mie kuning, mie bihun, pempek, dan kerupuk. Setiap sampel dilakukan pengujian sebanyak tiga kali pengulangan untuk memastikan konsistensi hasil pengamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah naga merah menghasilkan perubahan warna yang berbeda pada sampel yang terindikasi mengandung senyawa basa, ditandai dengan perubahan warna pigmen betalain dari merah keunguan menjadi warna yang lebih pucat setelah berinteraksi dengan boraks. Penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah naga merah berpotensi digunakan sebagai indikator alami berbasis pigmen betalain yang sederhana, ekonomis, dan ramah lingkungan untuk skrining awal keamanan pangan. Kebaruan penelitian ini terletak pada evaluasi konsistensi respons pigmen betalain dari limbah kulit buah naga merah terhadap berbagai matriks pangan dengan karakteristik berbeda sebagai metode deteksi boraks berbasis bahan lokal.

Kata Kunci: *Hylocereus polyrhizus*, Betalain Pigment, Natural pH Indicator, Borax Detection, Food Adulteration

ABSTRACT

Food safety in Indonesia continues to face challenges due to the misuse of prohibited food additives, particularly borax, which is illegally added to food products to improve texture and shelf life. Several detection methods have been developed using synthetic and natural indicators; however, previous studies are generally limited to specific indicator sources or certain food matrices. The utilization of betalain pigments from red dragon fruit peel (*Hylocereus polyrhizus*) as a natural indicator for borax detection across various food characteristics requires further investigation. This study aimed to evaluate the potential of red dragon fruit peel extract as a natural indicator for qualitative borax detection in different food samples. A laboratory experimental method with a descriptive qualitative approach was applied based on visual color changes of the indicator due to pH alterations after interaction with tested samples. Seven types of food samples obtained through purposive sampling from several food-selling locations were examined using red dragon fruit peel extract, including chicken meatballs, fish meatballs, white tofu, yellow noodles, rice vermicelli, pempek, and crackers. Each sample was tested through three independent repetitions to ensure observation consistency. The results showed that red dragon fruit peel extract produced different color responses in samples suspected of containing alkaline compounds, indicated by the transformation of betalain pigment from reddish-purple into a lighter color after interaction with borax. These findings demonstrate that red dragon fruit peel extract has potential as a simple, economical, and environmentally friendly betalain-based natural indicator for preliminary food safety screening. The novelty of this study lies in evaluating the consistency of betalain pigment responses from red dragon fruit peel waste across various food matrices with different characteristics as a local-based method for borax detection.

Keywords: *Hylocereus polyrhizus*, Betalain Pigment, Natural pH Indicator, Borax Detection, Food Adulteration

1. PENDAHULUAN

Pangan merupakan kebutuhan primer manusia yang harus dipenuhi setiap hari guna mendukung keberlangsungan hidup, pertumbuhan, dan aktivitas fisik. Seiring dengan perkembangan industri dan teknologi pangan, penggunaan Bahan Tambahan Pangan (BTP) menjadi semakin umum untuk meningkatkan cita rasa, memperbaiki karakteristik fisik, serta memperpanjang masa simpan produk pangan (Fitriani *et al.*, 2025). Meskipun demikian, aspek keamanan pangan tetap menjadi perhatian utama karena penggunaan bahan tambahan yang tidak sesuai standar dapat menimbulkan risiko kesehatan bagi masyarakat (Suprihatin *et al.*, 2025).

Di Indonesia, fenomena penyalahgunaan bahan kimia industri sebagai pengawet pangan masih menjadi permasalahan yang ditemukan pada berbagai produk makanan olahan. Salah satu bahan yang sering disalahgunakan adalah natrium tetraborat atau boraks. Secara komersial, boraks digunakan pada sektor nonpangan seperti industri kertas, kaca, bahan pembersih, dan pengawet kayu, sehingga penggunaannya dalam produk makanan tidak diperbolehkan (Andriani & Utami, 2023). Namun, beberapa produsen pangan masih menambahkan boraks secara ilegal pada produk seperti bakso, mie basah, tahu, dan kerupuk karena mampu meningkatkan tekstur kenyal, mempertahankan bentuk produk, serta memperpanjang masa simpan dengan biaya produksi yang lebih rendah (Fitriani *et al.*, 2025). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keberadaan metode deteksi sederhana yang dapat diterapkan secara praktis masih diperlukan untuk mendukung pengawasan keamanan pangan masyarakat.

Bahaya kesehatan akibat konsumsi pangan yang mengandung boraks berkaitan dengan sifat

toksiknya yang dapat terakumulasi dalam tubuh. Paparan boraks dalam jumlah tertentu dapat menyebabkan gangguan sistem pencernaan, kerusakan fungsi hati dan ginjal, gangguan metabolisme, hingga gangguan sistem reproduksi apabila terjadi secara terus-menerus (Andriani & Utami, 2023; Suprihatin *et al.*, 2025). Oleh karena itu, diperlukan metode skrining awal yang tidak hanya memiliki sensitivitas terhadap keberadaan senyawa basa, tetapi juga mudah digunakan, ekonomis, dan dapat diaplikasikan pada tingkat masyarakat.

Berbagai metode deteksi boraks telah dikembangkan, baik melalui pendekatan instrumental maupun pemanfaatan indikator alami berbasis senyawa bioaktif tumbuhan. Metode instrumental seperti spektrofotometri dan analisis kimia kuantitatif memiliki tingkat akurasi yang tinggi, tetapi penerapannya masih terbatas karena membutuhkan peralatan khusus, biaya relatif mahal, dan tenaga ahli. Sebagai alternatif, beberapa penelitian mulai mengembangkan indikator alami dari sumber tumbuhan yang mengandung pigmen responsif terhadap perubahan pH.

Beberapa indikator alami yang telah dikaji memiliki karakteristik dan keterbatasan masing-masing. Ekstrak kunyit (*Curcuma longa*) banyak digunakan karena mengandung kurkumin yang mampu memberikan perubahan warna pada kondisi basa serta bahan bakunya mudah diperoleh. Namun, perubahan warna yang dihasilkan cenderung kurang kontras apabila diaplikasikan pada matriks pangan dengan warna dasar kuning atau komponen kompleks lainnya sehingga interpretasi visual dapat menjadi kurang optimal (Lestari *et al.*, 2022).

Selain kunyit, bunga telang (*Clitoria ternatea*) juga banyak diteliti karena mengandung antosianin yang mampu menghasilkan variasi warna luas akibat perubahan struktur molekul pada kondisi pH tertentu. Keunggulan indikator ini terletak pada rentang perubahan warna yang jelas, tetapi kestabilan pigmennya sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti cahaya, suhu, dan metode ekstraksi sehingga dapat memengaruhi konsistensi hasil pengamatan (Chen *et al.*, 2023). Sementara itu, kubis ungu (*Brassica oleracea*) memiliki kemampuan sebagai indikator pH alami karena kandungan antosianinnya yang tinggi, tetapi stabilitas warna dan sensitivitasnya dapat mengalami penurunan akibat proses degradasi pigmen selama penyimpanan (Rahmadhia *et al.*, 2023).

Berbeda dengan sumber indikator tersebut, kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) memiliki potensi sebagai bahan indikator alami karena mengandung pigmen betalain yang memberikan warna merah keunguan dan memiliki respons terhadap perubahan kondisi kimia lingkungan. Selain itu, pemanfaatan kulit buah naga memberikan nilai tambah karena bagian tersebut umumnya menjadi limbah organik setelah konsumsi buah. Betalain diketahui memiliki sensitivitas terhadap perubahan pH melalui perubahan struktur molekul yang menyebabkan pergeseran warna, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai sensor kimia alami berbasis bahan lokal (Azlim *et al.*, 2022; Fatjria *et al.*, 2023). Namun, dibandingkan dengan indikator alami lain seperti kunyit dan antosianin, kajian mengenai pemanfaatan betalain dari kulit buah naga merah untuk mendeteksi boraks pada berbagai jenis pangan masih relatif terbatas.

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu tersebut, dapat diketahui bahwa sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada pemanfaatan indikator alami untuk mendeteksi perubahan pH secara umum atau hanya menguji satu jenis matriks pangan tertentu. Penelitian berbasis betalain dari kulit buah naga merah juga masih lebih banyak diarahkan pada pengembangan pewarna alami dan indikator pH, sementara aplikasinya sebagai alat skrining boraks pada berbagai produk pangan belum banyak dievaluasi. Selain itu, belum banyak penelitian yang mengkaji

konsistensi perubahan warna indikator kulit buah naga merah pada beberapa jenis pangan dengan karakteristik berbeda, seperti pangan berbasis protein, pati, maupun produk olahan lainnya.

Dengan demikian, research gap dalam penelitian ini terletak pada masih terbatasnya informasi mengenai kemampuan ekstrak kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) dalam memberikan respons visual yang konsisten terhadap keberadaan senyawa basa yang berkaitan dengan boraks pada berbagai matriks pangan. Penelitian sebelumnya belum secara komprehensif mengevaluasi penggunaan limbah kulit buah naga sebagai indikator ekonomis yang dapat diaplikasikan pada beberapa jenis makanan secara bersamaan serta belum banyak menguji validitas respons warna melalui pengulangan pengamatan.

Kebaruan penelitian ini tidak hanya terletak pada penggunaan ekstrak kulit buah naga merah sebagai indikator alami, tetapi juga pada pendekatan evaluasi respons pigmen betalain terhadap berbagai karakteristik pangan yang berbeda. Penelitian ini memberikan kontribusi melalui tiga aspek utama, yaitu pemanfaatan limbah kulit buah naga merah sebagai sumber pigmen alami bernilai tambah, pengujian kemampuan indikator pada berbagai matriks pangan yang umum dikonsumsi masyarakat, serta pengembangan metode skrining boraks sederhana berbasis bahan lokal yang divalidasi melalui pengulangan pengujian. Pendekatan tersebut diharapkan dapat memperluas pemanfaatan pigmen betalain tidak hanya sebagai pewarna alami, tetapi juga sebagai sensor kimia sederhana untuk mendukung keamanan pangan berbasis masyarakat.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan indikasi boraks pada berbagai jenis sampel makanan melalui pengamatan perubahan warna menggunakan ekstrak kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan respons pigmen betalain sebagai indikator alami dalam mendukung pengembangan metode deteksi awal bahan tambahan pangan berbahaya yang praktis, ekonomis, dan ramah lingkungan.

2. METODE

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Seluruh rangkaian penelitian dilakukan melalui eksperimen laboratoris dengan setiap pengujian pada masing-masing sampel dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan (triplo). Pengulangan dilakukan untuk memastikan konsistensi perubahan warna indikator serta meningkatkan keandalan hasil pengamatan kualitatif.

2.2. Alat dan Bahan

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi blender untuk proses penghancuran bahan ekstraksi, tabung reaksi sebagai wadah pengujian, pipet tetes untuk penambahan indikator secara terukur, neraca analitik untuk penimbangan sampel, gelas ukur, gelas beker, kertas saring untuk memperoleh filtrat, serta stopwatch untuk mengontrol waktu reaksi. Bahan penelitian terdiri atas kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) sebagai sumber pigmen betalain, boraks murni sebagai larutan kontrol positif, akuades sebagai pelarut ekstraksi, serta tujuh jenis sampel pangan yang diperoleh dari pasar tradisional, yaitu bakso ayam, bakso ikan, pempek, mie bihun, mie kuning, tahu putih, dan kerupuk.

Pemilihan kulit buah naga merah sebagai indikator alami didasarkan pada kandungan pigmen betalain yang bersifat responsif terhadap perubahan kondisi kimia, khususnya perubahan pH

lingkungan. Penggunaan akuades sebagai pelarut dipilih karena memiliki sifat polar yang mampu membantu proses pelarutan senyawa betalain serta lebih aman digunakan dibandingkan pelarut organik untuk aplikasi indikator pangan. Sampel pangan diperoleh menggunakan teknik purposive sampling dengan pertimbangan bahwa jenis makanan tersebut merupakan produk yang umum dikonsumsi masyarakat dan termasuk kelompok pangan yang pada penelitian sebelumnya sering dikaji terkait kemungkinan penggunaan bahan tambahan pangan ilegal. Setiap jenis pangan diambil sebanyak tiga unit sampel dari lokasi penjualan yang berbeda untuk memperoleh variasi karakteristik produk dan mengurangi kemungkinan bias akibat perbedaan sumber sampel.

2.3. Prosedur Ekstraksi Kulit Buah Naga

Tahap ekstraksi dilakukan untuk memperoleh larutan indikator alami berbasis pigmen betalain dari kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). Kulit buah naga merah terlebih dahulu dicuci menggunakan air mengalir untuk menghilangkan kotoran yang menempel, kemudian dipotong menjadi bagian kecil untuk memperluas permukaan kontak selama proses ekstraksi. Sebanyak 100 gram kulit buah naga merah ditimbang dan kemudian diekstraksi menggunakan 200 mL akuades dengan perbandingan bahan dan pelarut sebesar 1:2 (b/v). Campuran tersebut kemudian dihaluskan menggunakan blender hingga diperoleh suspensi yang homogen. Proses ekstraksi dilakukan selama 30 menit pada suhu ruang untuk memberikan waktu yang cukup bagi pelepasan pigmen betalain dari jaringan kulit buah.

Akuades digunakan sebagai pelarut karena betalain merupakan senyawa pigmen yang bersifat polar sehingga lebih mudah diekstraksi menggunakan pelarut berbasis air. Selain itu, penggunaan akuades lebih sesuai untuk aplikasi indikator pangan karena tidak meninggalkan residu toksik yang dapat memengaruhi keamanan penggunaan indikator. Setelah proses ekstraksi selesai, campuran disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan residu padatan dengan filtrat ekstrak. Filtrat berwarna merah keunguan yang diperoleh kemudian digunakan sebagai larutan indikator alami. Ekstrak disimpan dalam wadah tertutup pada kondisi suhu ruang dan terlindung dari paparan cahaya langsung untuk mempertahankan kestabilan pigmen betalain sebelum digunakan pada tahap pengujian.

2.4. Prosedur Pengujian Sampel Makanan

Pengujian kandungan boraks dilakukan dengan mengekstraksi terlebih dahulu masing-masing sampel pangan. Sebanyak 10 gram sampel makanan dihaluskan menggunakan alat preparasi, kemudian ditambahkan 20–30 mL akuades dan diaduk hingga homogen. Campuran tersebut selanjutnya disaring untuk memperoleh filtrat sampel yang digunakan dalam pengujian. Sebanyak 5 mL filtrat sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 10 tetes ekstrak kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) sebagai indikator alami. Jumlah 10 tetes indikator digunakan untuk memastikan jumlah pigmen betalain yang bereaksi cukup terhadap komponen kimia dalam sampel, namun tetap berada pada volume yang memungkinkan perubahan warna diamati secara jelas tanpa menyebabkan pengenceran berlebihan.

Campuran kemudian dikocok perlahan dan diamati selama ± 5 menit pada suhu ruang. Setiap sampel diuji sebanyak tiga kali pengulangan untuk melihat konsistensi perubahan warna yang dihasilkan. Sebagai pembanding hasil pengujian, digunakan kontrol positif berupa larutan boraks dengan konsentrasi 1% dan kontrol negatif berupa akuades tanpa kandungan boraks. Larutan boraks

1% digunakan sebagai kontrol positif karena konsentrasi tersebut mampu menghasilkan kondisi basa yang cukup untuk memicu perubahan respons pigmen betalain secara visual sehingga dapat digunakan sebagai standar pembandingan perubahan warna indikator.

2.5. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Data penelitian diperoleh melalui observasi langsung terhadap perubahan warna ekstrak kulit buah naga merah setelah bereaksi dengan masing-masing sampel pangan. Parameter utama yang diamati meliputi perubahan warna indikator, intensitas perubahan warna, serta kesesuaian hasil pengamatan dengan kontrol positif dan kontrol negatif. Analisis data dilakukan menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan mengelompokkan hasil berdasarkan karakteristik perubahan warna yang terjadi. Sampel dikategorikan memberikan respons positif apabila menunjukkan perubahan warna yang mendekati pola perubahan pada kontrol positif boraks, yaitu perubahan warna merah keunguan menjadi warna yang lebih pucat, ungu muda, atau kekuningan akibat perubahan kondisi basa.

Sebaliknya, sampel dikategorikan negatif apabila tidak menunjukkan perubahan warna yang berarti atau mempertahankan karakteristik warna awal indikator seperti yang terlihat pada kontrol negatif. Validasi indikator dilakukan melalui perbandingan respons ekstrak kulit buah naga merah terhadap kontrol positif dan kontrol negatif sehingga perubahan warna yang diamati dapat dibedakan antara pengaruh keberadaan senyawa basa dan perubahan alami pigmen.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Pengujian kualitatif terhadap tujuh jenis sampel makanan olahan dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan ekstrak kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) sebagai indikator alami dalam mendeteksi kondisi basa yang mengindikasikan keberadaan boraks. Pengamatan dilakukan berdasarkan perubahan warna pigmen betalain setelah indikator diaplikasikan pada masing-masing sampel pangan.

Seluruh pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan ($n=3$) untuk setiap jenis sampel guna memastikan konsistensi respons warna yang dihasilkan. Hasil pengamatan perubahan warna indikator dibandingkan dengan kontrol positif berupa larutan boraks 1% dan kontrol negatif berupa akuades. Data hasil pengujian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Kualitatif Kandungan Boraks Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*)

No	Sampel Makanan	Ulangan (n)	Warna Awal Indikator	Warna Setelah Reaksi	Kontrol Positif (Boraks 1%)	Kontrol Negatif (Akuades)	Interpretasi
1	Bakso ayam	3 kali	Merah keunguan	Tetap merah keunguan	Ungu muda pucat	Tetap merah keunguan	Negatif (-)
2	Bakso ikan	3 kali	Merah keunguan	Tetap merah keunguan	Ungu muda pucat	Tetap merah keunguan	Negatif (-)
3	Pempek	3 kali	Merah keunguan	Tetap merah keunguan	Ungu muda pucat	Tetap merah keunguan	Negatif (-)

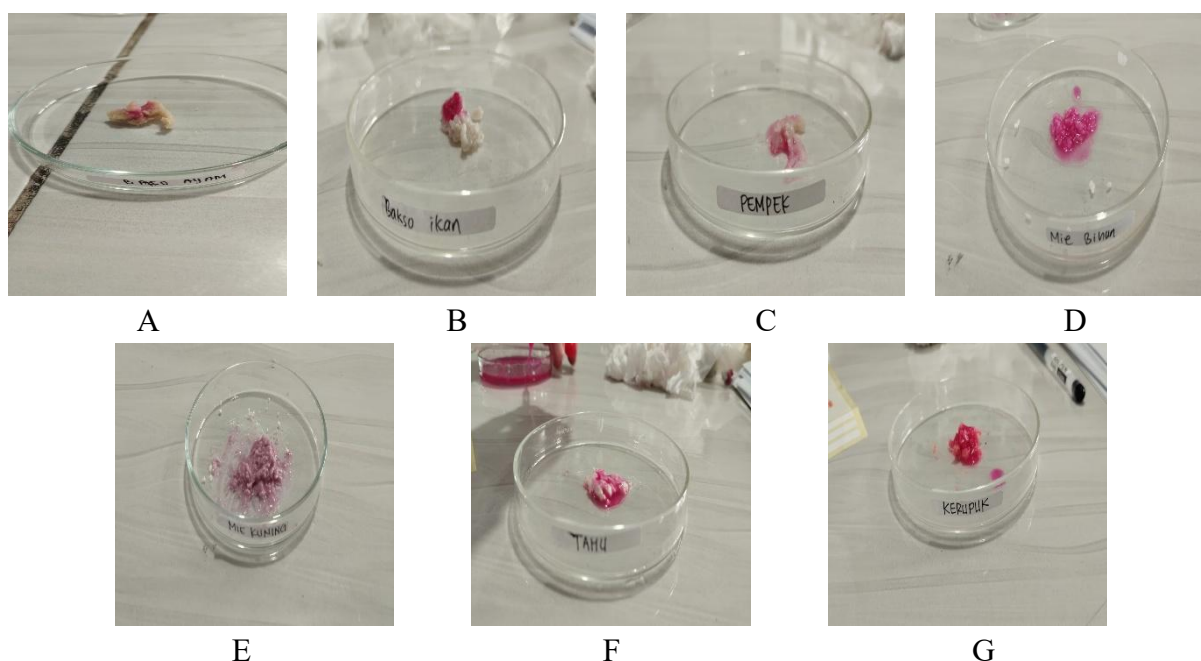
4	Mie bihun	3 kali	Merah keunguan	Tetap merah keunguan	Ungu muda pucat	Tetap merah keunguan	Negatif (-)
5	Mie kuning	3 kali	Merah keunguan	Ungu muda pucat	Ungu muda pucat	Tetap merah keunguan	Positif (+)
6	Tahu putih	3 kali	Merah keunguan	Tetap merah keunguan	Ungu muda pucat	Tetap merah keunguan	Negatif (-)
7	Kerupuk	3 kali	Merah keunguan	Tetap merah keunguan	Ungu muda pucat	Tetap merah keunguan	Negatif (-)

Sumber: Data primer diolah, 2026

Berdasarkan Tabel 1, sebagian besar sampel tidak menunjukkan perubahan warna setelah diberikan indikator ekstrak kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). Sampel bakso ayam, bakso ikan, pempek, mie bihun, tahu putih, dan kerupuk tetap mempertahankan warna merah keunguan awal indikator selama proses pengamatan. Hal tersebut menunjukkan bahwa sampel tersebut tidak memberikan respons basa yang cukup kuat untuk menyebabkan perubahan struktur pigmen betalain secara visual.

Berbeda dengan sampel lainnya, mie kuning menunjukkan perubahan warna yang konsisten pada seluruh pengulangan, yaitu dari merah keunguan menjadi ungu muda pucat. Perubahan tersebut memiliki pola yang sama dengan kontrol positif boraks 1%, sehingga dikategorikan sebagai sampel dengan respons positif terhadap indikator alami kulit buah naga merah.

Dokumentasi hasil pengujian disajikan pada Gambar 1 dengan pemberian label pada setiap sampel untuk memperjelas perbedaan respons warna antara sampel yang memberikan respons positif dan negatif.



Gambar 1. Dokumentasi hasil uji kualitatif boraks menggunakan ekstrak kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*): (A) Bakso ayam, (B) Bakso ikan, (C) Pempek, (D) Mie bihun, (E) Mie kuning, (F) Tahu putih, dan (G) Kerupuk.

3.2. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) mampu memberikan respons perubahan warna terhadap sampel yang memiliki karakteristik basa. Perubahan warna paling jelas ditemukan pada sampel mie kuning yang mengalami perubahan dari merah keunguan menjadi ungu muda pucat setelah pemberian indikator. Respons tersebut menunjukkan adanya interaksi antara pigmen betalain dengan kondisi lingkungan kimia yang lebih basa.

Perubahan warna tersebut berkaitan dengan sifat betalain sebagai pigmen alami yang memiliki sensitivitas terhadap perubahan pH. Pada kondisi asam hingga netral, struktur betalain berada dalam kondisi relatif stabil sehingga menghasilkan warna merah keunguan. Namun, pada kondisi basa, struktur molekul betalain mengalami ketidakstabilan akibat perubahan konfigurasi kimia yang menyebabkan degradasi pigmen menjadi bentuk turunan seperti asam betalamat dan siklo-DOPA-5-O-glukosida sehingga intensitas warna mengalami pemudaran (Fatjria *et al.*, 2023). Boraks atau natrium tetraborat memiliki karakteristik basa yang dapat meningkatkan pH lingkungan sehingga mampu memicu perubahan respons visual pada indikator berbasis betalain.

Respons positif pada mie kuning juga dapat dikaitkan dengan karakteristik produk tersebut yang sering menjadi objek pengawasan keamanan pangan karena memiliki tekstur yang membutuhkan tingkat elastisitas tertentu. Beberapa produsen ilegal diketahui menggunakan bahan tambahan terlarang seperti boraks untuk meningkatkan kekenyalan dan memperpanjang masa simpan produk pangan berbasis tepung. Meskipun demikian, hasil penelitian ini hanya menunjukkan indikasi awal keberadaan kondisi basa yang menyerupai respons kontrol positif, sehingga diperlukan analisis instrumental lebih lanjut untuk memastikan kadar boraks secara kuantitatif.

Hasil penelitian ini sejalan dengan beberapa penelitian terbaru mengenai pemanfaatan pigmen alami sebagai indikator kimia. Penelitian (Chen *et al.*, 2023) menunjukkan bahwa pigmen alami berbasis antosianin memiliki kemampuan memberikan perubahan warna yang jelas akibat perubahan struktur molekul pada kondisi pH berbeda. Meskipun menggunakan sumber pigmen yang berbeda, penelitian tersebut memperkuat konsep bahwa pigmen alami dapat digunakan sebagai sensor sederhana untuk mendeteksi perubahan lingkungan kimia.

Selain itu, penelitian mengenai pemanfaatan betalain dari kulit buah naga merah juga menunjukkan potensi besar sebagai bahan indikator alami. Studi (Fitriyani *et al.*, 2024) melaporkan bahwa ekstrak kulit buah naga merah memiliki kestabilan warna yang cukup baik serta dapat dimanfaatkan sebagai bahan berbasis pigmen alami karena kandungan betalainnya yang tinggi. Hasil tersebut mendukung temuan penelitian ini bahwa limbah kulit buah naga merah tidak hanya berpotensi sebagai bahan buangan organik, tetapi juga dapat dikembangkan menjadi material sensor sederhana.

Selanjutnya, penelitian (Agustin *et al.*, 2025) mengenai penggunaan indikator alami untuk mendeteksi bahan tambahan pangan berbahaya menunjukkan bahwa metode berbasis bahan alam memiliki keunggulan dari sisi biaya, kemudahan aplikasi, dan potensi penerapan pada masyarakat. Namun, penelitian tersebut juga menekankan bahwa indikator alami memiliki keterbatasan karena respons warna dapat dipengaruhi oleh karakteristik matriks pangan, sehingga diperlukan penggunaan kontrol pembanding seperti yang diterapkan dalam penelitian ini.

Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya mengevaluasi satu jenis

indikator atau satu kelompok sampel pangan, penelitian ini memberikan kontribusi melalui pengujian respons ekstrak kulit buah naga merah pada beberapa jenis pangan dengan karakteristik berbeda, yaitu produk berbasis protein (bakso dan pempek), pati (mie dan kerupuk), serta produk berbahan kedelai (tahu). Pengujian berulang sebanyak tiga kali pada setiap sampel juga dilakukan untuk melihat konsistensi perubahan warna indikator.

Pemanfaatan kulit buah naga merah sebagai indikator alami memiliki nilai tambah karena menggunakan bagian tanaman yang sering dianggap sebagai limbah. Kandungan betalain pada kulit buah naga memberikan peluang pengembangan metode deteksi sederhana yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan dibandingkan indikator sintesis. Selain itu, pendekatan ini mendukung prinsip green chemistry melalui pemanfaatan biomassa lokal sebagai bahan fungsional (Fitriyani *et al.*, 2024).

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan karena metode yang digunakan masih bersifat deskriptif kualitatif. Perubahan warna hanya menunjukkan adanya respons terhadap kondisi basa, tetapi belum mampu menentukan konsentrasi boraks secara pasti. Selain itu, faktor seperti pencahayaan, suhu penyimpanan ekstrak, serta komposisi kimia setiap matriks pangan dapat memengaruhi intensitas perubahan warna. Oleh karena itu, penelitian lanjutan menggunakan metode analisis instrumental seperti spektrofotometri UV-Vis atau kromatografi diperlukan untuk memperoleh validasi kuantitatif mengenai sensitivitas dan batas deteksi indikator berbasis kulit buah naga merah.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa ekstrak kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) efektif digunakan sebagai indikator alami untuk mendeteksi kandungan boraks pada produk pangan olahan. Hal ini dibuktikan melalui kemampuan pigmen betalain dalam memberikan respon visual berupa pemudaran warna dari merah keunguan menjadi ungu muda pucat pada sampel yang positif mengandung boraks, seperti yang teramati pada sampel mie kuning. Kontribusi ilmiah dari penelitian ini terletak pada optimalisasi limbah kulit buah naga sebagai sensor pH alami yang aplikatif dan selaras dengan prinsip *green chemistry*, yang meminimalisir penggunaan bahan kimia berbahaya dalam pengujian keamanan pangan. Kebaruan penelitian ini menawarkan metode deteksi mandiri yang praktis, ekonomis, dan ramah lingkungan bagi masyarakat untuk melakukan skrining awal terhadap bahan tambahan pangan ilegal.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, M., Elyanti, E., Al, S., Langkat, M., Program, Pendidikan Guru Sekolah Dasar, S., & Hasanah, I. N. (2025). Detecting borax and formalin content in food using natural indicators. *JINU: Journal of Innovation and New Understanding*, 2(6), 5–15. <https://doi.org/10.61722/jinu.v2i6.6130>
- Andriani, D., & Utami, N. (2023). Efek konsumsi boraks dan formalin dalam makanan bagi tubuh. *JPPM (Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat)*, 7(1), 19–24. <https://doi.org/10.30595/jppm.v7i1.9720>
- Azlim, N. A., Nafchi, A. M., Oladzadabbasabadi, N., Ariffin, F., Ghalambor, P., Jafarzadeh, S., & Al-Hassan, A. A. (2022). Fabrication and characterization of a pH-sensitive intelligent film incorporating dragon fruit skin extract. *Food Science & Nutrition*, 10(2), 597–608.

<https://doi.org/10.1002/fsn3.2680>

- Chen, X., Li, Z., Zhang, Y., & Wang, H. (2023). Natural pigments as pH-responsive indicators: Structural transformation and applications in intelligent sensing systems. *Food Chemistry*, 405, 134832.
- Fatjria, R. B., Nurtiana, W., Ningtias, A., Risma, A., Subianto, D., Alhazazie, N., Kurniauli, N., & Siburian, G. (2023). Review: Pigmen betalain sebagai sumber pewarna alami dan stabilitasnya terhadap pengaruh lingkungan. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 13(1), 1–7. <https://doi.org/10.26714/jpg.13.1.2023.1-7>
- Fitriani, D., Karyadi, B., & Nursaadah, E. (2025). Qualitative and quantitative detection of borax in food using butterfly pea flower extract. *Al-Jahiz: Journal of Biology Education Research*, 6(2). <https://doi.org/10.32332/al-jahiz.v6i2.11116>
- Fitriyani, F., Ardiansyah, A., Nurazkiah, R., Sabrina, F., Kinaro, N. M., Novaliyosi, Seprian, M., Rohimat, S., Oktavia, E. D., Hendriyastuti, & Sugiarti, E. (2024). Pelatihan pembuatan indikator asam basa dari bahan alam. *Jurnal Kabar Masyarakat*, 2(4), 276–283. <https://doi.org/10.54066/jkb.v2i4.2685>
- Khan, M. I., Giridhar, P., & Prakash, D. (2024). Betalains: Chemistry, stability, and applications as natural pigments and functional ingredients in food systems. *Food Research International*, 176, 113859.
- Lestari, D., Rahmawati, Y., & Pratiwi, N. (2022). Natural indicators from turmeric extract for acid-base detection and their application in food analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 2165, 012021. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2165/1/012021>
- Miarta, D. P., Triamanda, S., Sa'diyah, H., Rosalita, A., & Kristianto, S. (2023). Identify acid-base with extract dragon fruit and turmeric. *Journal of Natural Science and Learning*, 2(1), 11–15.
- Rahmadhia, N., Putri, S. E., & Handayani, R. (2023). Anthocyanin stability and potential application of purple cabbage extract as a natural pH indicator. *Journal of Chemical Education and Learning*, 7(1), 1–8.
- Suprihatin, Triana, N. W., Andriani, F. D., & Husodo, A. S. (2025). Peningkatan literasi keamanan pangan melalui deteksi boraks dan formalin berbasis bahan alami pada masyarakat. *JATEK: Jurnal Abdimas Teknik Kimia*, 6(2), 45–52.
- Zhang, Y., Liu, Y., Wang, X., & Li, J. (2025). Natural pigment-based pH indicators for food safety monitoring: Recent advances and future perspectives. *Trends in Food Science & Technology*, 147, 104520.