

**PERBANDINGAN KARAKTERISTIK WARNA MERAH EKSTRAK
ANTOSIANIN KULIT UBI JALAR UNGU (*Ipomoea batatas* L.)
PADA PRODUK DONAT DAN ES KRIM**

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Tugas Akhir
di Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh:

Muhammad Rakai Panghegar

21.302.0102



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2026**

ABSTRAK
PERBANDINGAN KARAKTERISTIK WARNA MERAH EKSTRAK
ANTOSIANIN KULIT UBI JALAR UNGU (*Ipomoea batatas* L.)
PADA PRODUK DONAT DAN ES KRIM

Oleh:

Muhammad Rakai Panghegar
NPM : 213020102
(Program Studi Teknologi Pangan)

Penggunaan pewarna sintetis dalam produk pangan menimbulkan kekhawatiran terkait dampak negatifnya terhadap kesehatan, sehingga mendorong pengembangan pewarna alami sebagai alternatif yang lebih aman dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan stabilitas warna merah antosianin kulit ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) pada produk donat dan es krim melalui analisis pH, kadar antosianin, intensitas warna, serta uji statistik Independent T-test.

Metode penelitian terdiri atas empat tahap, meliputi penelitian pendahuluan, penelitian utama, analisis T-test, dan deskriptif kuantitatif. Analisis kimia dilakukan terhadap nilai pH, kadar antosianin, dan intensitas warna (L^* , a^* , b^*), yang kemudian diuji secara statistik menggunakan Independent T-test untuk membandingkan sampel dengan larutan kontrol pada saat sebelum dan sesudah dilakukan proses pengolahan.

Hasil uji Independent T-test menunjukkan bahwa seluruh nilai t-hitung lebih besar dari t-tabel, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang berarti terdapat perbedaan kadar antosianin yang sangat signifikan antara kedua jenis sampel. Produk donat mengalami degradasi antosianin yang jauh lebih terdegradasi, dengan penurunan kadar dari 5,95 mg/L (fase adonan) menjadi 0,95 mg/L (produk akhir) atau sekitar 84%, disertai penurunan kecerahan (L^*) dan nilai a^* . Sebaliknya, es krim menunjukkan stabilitas yang relatif lebih baik dengan penurunan antosianin hanya sekitar 13% (dari 10,63 mg/L menjadi 9,24 mg/L), serta parameter warna L^* , a^* , dan b^* yang hampir tidak berubah.

Dapat disimpulkan bahwa karakteristik produk pangan berpengaruh besar terhadap stabilitas antosianin sebagai pewarna alami. Proses pemanasan tinggi pada pembuatan donat menyebabkan degradasi pigmen yang signifikan, sementara kondisi dingin pada es krim mampu mempertahankan warna merah antosianin dengan lebih baik.

Kata kunci : antosianin, kulit ubi jalar ungu, pewarna alami, donat, es krim, karakteristik fisikokimia

ABSTRACT

COMPARISON OF THE RED COLOR CHARACTERISTICS OF PURPLE SWEET POTATO PEEL ANTHOCYANIN EXTRACT (*Ipomoea batatas* L.) IN DOUGHNUT AND ICE CREAM PRODUCTS

By:

Muhammad Rakai Panghegar
NPM : 213020102
(Department of Food Technology)

*The use of synthetic dyes in food products has raised concerns about their potential adverse health effects, prompting the development of natural colorants as safer and more sustainable alternatives. This study aimed to compare the stability of red anthocyanin color from purple sweet potato peel (*Ipomoea batatas* L.) extract in doughnut and ice cream products through chemical analyses of pH, anthocyanin content, and color intensity, as well as statistical analysis using the Independent T-test.*

The research comprised four stages: preliminary research, experimental trials, main research, T-test analysis, and quantitative descriptive analysis. Chemical analyses covered pH value, anthocyanin content, and color parameters (L^ , a^* , b^*), which were then statistically tested using an independent t-test to compare the samples with the control solution before and after the treatment process was carried out.*

The Independent T-test results showed that all calculated t-values exceeded the critical t-table values, leading to rejection of H_0 and acceptance of H_1 , confirming highly significant differences in anthocyanin content between the two sample types. Doughnut products exhibited severe anthocyanin degradation, declining from 5.95 mg/L in the dough stage to 0.95 mg/g in the final product ($\pm 84\%$ reduction), accompanied by decreases in lightness (L^) and redness (a^*). In contrast, ice cream showed considerably better stability, with only a $\pm 13\%$ reduction in anthocyanin content (from 10.63 mg/L to 9.24 mg/L) and minimal changes in L^* , a^* , and b^* values.*

In conclusion, the characteristics of the food product significantly influence the stability of anthocyanins as natural colorants. The high-heat processing involved in doughnut production leads to substantial pigment degradation, whereas the cold conditions of ice cream processing better preserve the red anthocyanin color.

Keywords: anthocyanin, purple sweet potato peel, natural colorant, doughnut, ice cream, physicochemical characteristics

**PERBANDINGAN KARAKTERISTIK WARNA MERAH EKSTRAK
ANTOSIANIN KULIT UBI JALAR UNGU (*Ipomoea batatas* L.)
PADA PRODUK DONAT DAN ES KRIM**

Oleh :

Muhammad Rakai Panghegar

NPM : 21.302.0102

(Progran Studi Teknologi Pangan)

Fakultas Teknik

Universitan Pasundan

Menyetujui:

Pembimbing,

(Dr. Ir. Dede Zainal Arief, M.Sc.)

Tanggal :....

**PERBANDINGAN KARAKTERISTIK WARNA MERAH EKSTRAK
ANTOSIANIN KULIT UBI JALAR UNGU (*Ipomoea batatas* L.)
PADA PRODUK ES DONAT DAN ES KRIM**

Oleh :

Muhammad Rakai Panghegar

NPM : 21.302.102

(Progran Studi Teknologi Pangan)

Fakultas Teknik

Universitan Pasundan

Menyetujui:

A.N Ketua Program Studi Teknologi Pangan Universitas Pasundan,
Koordinator Bidang Kemahasiswaan, Alumni dan Budaya (BELMAWABUD),

(Rizal Maulana Ghaffar, S.T., M.T)

Tanggal :

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Fakultas dan Universitas, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Universitas Pasundan. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat di tulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut:

Panghegar, Muhammad Rakai. (2026). Perbandingan Karakteristik Warna Merah Ekstrak Antosianin Kulit Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.) Pada Produk Donat dan Es Krim. Tugas Akhir Program Sarjana, Universitas Pasundan.

dan dalam Bahasa Inggris sebagai berikut:

Panghegar, Muhammad Rakai. (2026). *Comparison of the Red Color Characteristics of Purple Sweet Potato Peel Anthocyanin Extract (ipomoea batatas l.) in Doughnut and Ice Cream Products. Bachelor's Thesis, Pasundan University.*

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tugas akhir haruslah seizin Dekan Fakultas Teknik Universitas Pasundan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberi rahmat dan ridho-Nya atas terselesaikannya laporan tugas akhir dengan judul **“Perbandingan Karakteristik Warna Merah Ekstrak Antosianin Kulit Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.) Pada Produk Donat dan Es Krim”**. Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan mata kuliah tugas akhir di Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan.

Melalui penyusunan laporan ini, penulis berharap dapat menambah wawasan dan pemahaman di bidang industri pangan. Sebagai bentuk ungkapan syukur, ungkapan terima kasih penulis sampaikan kepada kedua orang tua, terkhusus untuk ibu tercinta yaitu Popi Apriliana atas doa, motivasi, kasih sayang, serta dukungan yang diberikan tiada henti. Penulis juga menyadari bahwa keberhasilan ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak lainnya, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada pihak-pihak berikut:

1. Dr. Ir. H. Dede Zainal Arief, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
2. Dr. Ir. Tantan Widianara, MT. selaku Dosen Penguji I.
3. Jaka Rukmana, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II.
4. Prof. Dr. Ir. Yusman Taufik, M.P. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Pasundan.

5. Jaka Rukmana, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknologi Pangan Universitas Pasundan, beserta jajarannya.
6. Rizal Maulana Ghaffar, S.T., M.T. selaku koordinator Bidang Kemahasiswaan, Alumni dan Budaya (BELMAWABUD).
7. Kepada Leni Nur Octavia S.T., Nabella Suci Wulandari S.T., Rizqan Karima Mulia S.T., Silovisha Abramios Sayida S.T, Rizki Muhammad Ramdan, Olivio Pascalis S.T, Muhamad Daris Abdurahmat S.T, Leonardus Calvin Wicaksana S.T, Seluruh teman-teman angkatan 2021, serta teman-teman Laboratorium Biokimia Pangan, penulis menyampaikan terimakasih atas kebersamaan, bantuan, dan dukungan yang senantiasa diberikan sepanjang proses ini.
8. Kepada Amelia Julianti, terimakasih yang mendalam atas segala pengorbanan waktu, motivasi tiada henti, dan bantuan teknis yang sangat berarti bagi penulis dalam menyelesaikan seluruh tahapan skripsi ini.
9. Kepada M Hisyam Mudhafar Mughits, terimakasih atas bantuan peminjaman fasilitas berupa laptop dari awal hingga akhir penyusunan skripsi ini.
10. Kepada semua pihak yang namanya tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, demi penyempurnaan laporan tugas akhir ini kritik dan saran dari semua pihak sangat penulis harapkan. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan umumnya bagi semua pihak yang membaca.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	5
1.3 Maksud dan Tujuan	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Kerangka Pemikiran	6
1.6 Hipotesis Penelitian	12
1.7 Tempat dan Waktu Penelitian	12
II TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1 Pewarna	13
2.1.1 Pewarna Sintetik.....	13
2.1.2 Pewarna Alami.....	15

2.2	Ubi Jalar Ungu (<i>Ipomoea batatas</i> L.)	18
2.2.1	Kulit Ubi Jalar Ungu.....	21
2.3	Ekstraksi Maserasi.....	22
III METODOLOGI PENELITIAN.....		25
3.1	Bahan dan Alat Penelitian.....	25
3.1.1	Bahan Penelitian	25
3.1.2	Bahan Analisis	25
3.1.3	Alat Penelitian	26
3.1.4	Alat Analisis	26
3.2	Metode Penelitian.....	26
3.2.1	Penelitian Pendahuluan.....	26
3.2.3	Penelitian Utama.....	27
3.3	T-Test	27
3.4	Deskriptif Kuantitatif.....	29
3.4.1	Metode Pendekatan.....	30
3.4.2	Metode Pengumpulan Data	30
3.4.3	Sumber Data	30
3.4.4	Metode Analisis Data.....	31
3.5	Prosedur Penelitian.....	32
3.3.1	Ekstraksi Antosianin Dari Kulit Ubi Jalar Ungu Sebagai Pewarna Alami Dengan Metode Maserasi	33
3.3.2	Pembuatan Produk Pangan	34
3.3.3	Diagram Alir	37
3.6	Jadwal Penelitian	39
IV HASIL DAN PEMBAHASAN		40
4.1	Hasil dan Pembahasan Penelitian Pendahuluan	40

4.1.1 Ekstraksi Pewarna Alami Antosianin Kulit Ubi Jalar Ungu.....	40
4.1.2 Analisis Pewarna Alami Ekstrak Antosianin Kulit Ubi Jalar Ungu	47
4.3 Hasil dan Pembahasan Penelitian Utama	49
4.3.1 Pembahasan Perubahan pH Terhadap Zat Warna Antosianin.....	50
4.3.2 Pembahasan Perubahan Kadar Antosianin Terhadap Zat Warna Antosianin.....	56
4.3.3 Pembahasan Perubahan Intensitas Warna Terhadap Zat Warna Antosianin.....	65
4.4 Rekapitulasi Data Hasil Penelitian	72
V KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA.....	75
LAMPIRAN.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi Ubi Jalar Ungu	19
2. Jenis-jenis Antosianin.....	19
3. Komposisi Kadar Antosianin Ubi Jalar Ungu	20
4. Komposisi Kandungan Antosianin.....	20
5. Komposisi Kulit Ubi Jalar Ungu.....	21
6. Perbandingan Waktu Ekstraksi Maserasi	23
7. Macam-macam Ekstraksi	24
8. Jadwal Penelitian.....	39
9. Hasil Ekstraksi Kulit Ubi Jalar Ungu Berdasarkan Perbandingan Simplisia dan Etanol	40
10. Perbandingan Pengaruh Waktu Maserasi terhadap Karakteristik dan Kualitas Ekstrak Antosianin	46
11. Hasil Uji Nilai pH Pewarna Alami Ekstrak Antosianin Kulit Ubi Jalar Ungu.....	47
12. Hasil Uji Nilai Kadar Antosiain Pewarna Alami Ekstrak Antosianin Kulit Ubi Jalar Ungu	47
13. Hasil Uji Nilai Colorimetri Pewarna Alami Ekstrak Antosianin Kulit Ubi Jalar Ungu	48
14. Hasil Uji Nilai pH Sampel	50
15. Hasil Uji Independent T-test Nilai pH.....	54
16. Hasil Uji Nilai Kadar Antosianin Sampel	56
17. Hasil Uji Independent T-test Nilai Kadar Antosianin	63

18. Hasil Uji Nilai Colorimetri Sampel.....	66
19. Hasil Uji Independent T-test Nilai L*	68
20. Hasil Uji Independent T-test Nilai a*.....	69
21. Hasil Uji Independent T-test Nilai b*.....	69
22. Hasil Data Rekapitulasi Penelitian Pendahuluan	72
23. Hasil Data Rekapitulasi Penelitian Utama	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur Antosianin	17
2. Ubi Jalar Ungu	18
3. Kulit Ubi Jalar Ungu	21
4. Diagram Alir Pembuatan Pewarna Alami Ekstrak Antosianin Kulit Ubi Jalar Ungu	37
5. Diagram Alir Analisis.....	38
6. Diagram Alir Pembuatan Produk Es Krim.....	89
7. Diagram Alir Pembuatan Produk Donat.....	90
8. T-Tabel.....	135

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Analisis Statistik dengan Independent T-test	84
2. Analisis pH produk dengan pH Meter	85
3. Analisis Intensitas Warna produk dengan Colorimeter	86
4. Analisis Kadar Antosianin produk dengan Spektrofotometri Uv-vis Metode pH Differensial.....	87
5. Diagram alir produk	89
6. Perhitungan Rendemen	91
7. Perhitungan Independent T-test pH.....	92
8. Perhitungan Kadar Antosianin	98
9. Perhitungan Independent T-test Kadar Antosianin.....	114
10. Perhitungan Independent T-test Intensitas Warna	120
11. Hasil Analisis pH.....	130
12. Hasil Analisis Kadar Antosianin	131
13. Hasil Analisis Intensitas Warna.....	133
14. T- Tabel.....	135
15. Dokumentasi Penelitian	136

I PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan dasar pemikiran serta arah dari pelaksanaan penelitian. Memuat uraian mengenai hal-hal yang melatarbelakangi dilaksanakannya penelitian, perumusan persoalan yang diangkat, serta tujuan dan manfaat yang ingin dicapai. Bagian ini juga menggambarkan landasan teoritis yang mendasari kajian, dugaan sementara terhadap hasil yang diharapkan, serta informasi mengenai lokasi dan waktu pelaksanaan penelitian.

1.1 Latar Belakang Penelitian

Penggunaan pewarna sintetis dalam pangan masih banyak dijumpai di masyarakat karena harganya terjangkau, warnanya menarik, dan mudah diaplikasikan. Namun, penggunaan pewarna sintetis secara berlebihan dapat menimbulkan berbagai dampak negatif bagi kesehatan, seperti gangguan fungsi hati, alergi, hingga potensi karsinogenik. Kondisi ini menimbulkan kekhawatiran masyarakat dan mendorong munculnya tren gaya hidup sehat serta meningkatnya minat terhadap produk pangan yang lebih alami, aman, dan berkelanjutan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menjawab tren tersebut adalah pemanfaatan pewarna alami yang berasal dari sumber nabati (Santoso & Estiasih, 2014).

Pewarna alami merupakan zat pewarna yang berasal dari sumber hayati seperti tanaman, hewan, dan mikroorganisme yang digunakan untuk memberikan warna pada produk pangan tanpa menimbulkan efek samping bagi kesehatan (Santoso & Estiasih, 2014). Sumber pewarna alami dari tumbuhan umumnya diperoleh dari bagian buah, bunga, daun, batang, umbi, maupun kulitnya yang mengandung pigmen alami seperti antosianin, karotenoid, klorofil, dan betasianin (Samber et al., 2013). Dibandingkan dengan pewarna sintetis, pewarna alami lebih aman dikonsumsi karena tidak mengandung senyawa toksik dan bersifat biodegradable, sehingga lebih ramah terhadap lingkungan (Kurniasari, 2021).

Salah satu sumber pewarna alami yang ramah lingkungan dan berpotensi adalah ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.), terutama bagian kulitnya yang kaya akan pigmen antosianin. Pigmen ini berperan dalam menghasilkan warna merah hingga ungu dan memiliki karakteristik larut air, sehingga mudah diekstraksi untuk diaplikasikan sebagai pewarna alami pada berbagai produk pangan (Sarofa, 2012). Pemanfaatan kulit ubi jalar ungu tidak hanya mendukung diversifikasi sumber pewarna alami, tetapi juga memiliki nilai tambah karena mampu mengurangi limbah pertanian dan mendukung konsep *zero waste* dalam pengolahan pangan (Kurniasari, 2021). Selain itu, antosianin dari kulit ubi jalar ungu memiliki potensi sebagai pewarna alami yang lebih sehat karena tidak menimbulkan efek toksik seperti pewarna sintetis serta memiliki nilai fungsional yang baik bagi tubuh (Santoso & Estiasih, 2014).

Antosianin yang terkandung dalam kulit ubi jalar ungu merupakan pigmen golongan flavonoid yang berperan dalam memberikan warna merah, ungu, hingga biru pada jaringan tanaman (Zahroh & Agustini, 2021). Pigmen ini bersifat larut air dan stabil dalam kondisi asam, namun sangat sensitif terhadap pengaruh lingkungan seperti suhu, pH, cahaya, oksigen, dan keberadaan ion logam (Wiyono, 2022). Kestabilan struktur antosianin dapat mengalami perubahan kimia tergantung pada kondisi pH, di mana pada kondisi asam antosianin membentuk kation flavilium yang menghasilkan warna merah cerah, sedangkan pada kondisi basa berubah menjadi bentuk kuinonoidal berwarna biru atau tidak berwarna (Lestario et al., 2014).

Kestabilan antosianin menjadi faktor penting dalam penerapannya sebagai pewarna alami karena perubahan kondisi penyimpanan maupun proses pengolahan pangan dapat menyebabkan degradasi warna. Seperti, suhu tinggi dapat mempercepat proses hidrolisis glikosida dan oksidasi antosianin, sedangkan paparan cahaya dapat menyebabkan pemudaran warna akibat kerusakan struktur kromofor. Kestabilan antosianin juga menentukan keberhasilan penggunaannya dalam industri pangan, karena stabilitas warna sangat memengaruhi penampilan

visual, mutu, dan daya terima konsumen terhadap produk (Yumas, 2020). Dibandingkan dengan pewarna sintesis, pigmen alami umumnya memiliki kestabilan yang lebih rendah dan mudah mengalami degradasi akibat pengaruh lingkungan (Lestario et al., 2014).

Kestabilan pigmen alami akan berpengaruh terhadap berbagai jenis makanan dan minuman memiliki karakteristik yang beragam tergantung pada komposisi bahan penyusun, kadar air, pH, dan proses pengolahannya. Produk minuman umumnya memiliki kadar air tinggi, tekstur cair, serta nilai pH yang cenderung asam karena banyak mengandung senyawa organik seperti asam sitrat dan asam malat. Sementara itu, produk pangan semi-padat seperti eskrim, yogurt, atau jelly memiliki viskositas lebih tinggi dengan kandungan gula atau protein yang berperan dalam pembentukan tekstur dan cita rasa. Di sisi lain, produk pangan padat seperti roti, bolu, atau makanan olahan umumnya memiliki kadar air rendah, struktur lebih kompleks, dan sering kali melalui proses pemanasan yang memengaruhi warna serta tekstur akhir.

Antosianin bergantung pada kesesuaian antara sifat fisik, kimia, dan mikrobiologi dengan karakteristik proses pengolahan produk. Secara fisik, antosianin larut dalam air sehingga cocok untuk minuman ringan dan produk berbasis air, namun stabilitasnya dipengaruhi oleh suhu pengolahan dimana pemanasan di atas 70°C dapat menyebabkan degradasi warna (Wrolstad et al., 2005). Sifat kimia antosianin yang sangat sensitif terhadap pH menjadi pertimbangan utama dalam aplikasinya, dimana warna merah stabil pada pH asam (pH 1-3), ungu pada pH netral (pH 4-7), dan biru pada pH basa (pH 8-9), sehingga antosianin lebih sesuai untuk produk dengan pH rendah seperti sirup, selai, dan minuman berkarbonat (Munawaroh & Handayani, 2010). Dari aspek mikrobiologi, antosianin memiliki aktivitas antimikroba yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen seperti *E. coli* dan *S. aureus*, sehingga tidak hanya berfungsi sebagai pewarna tetapi juga berkontribusi pada keamanan pangan terutama pada produk fermentasi dan produk minimal processing (Hidayat & Saati, 2015). Proses

pengolahan termal yang tinggi seperti sterilisasi dan pasteurisasi juga dapat mengurangi kandungan antosianin hingga 50%, sehingga aplikasinya lebih optimal pada produk dengan proses pengolahan minimal seperti jus segar, yogurt, dan produk ekstrusi dingin (Suzery et al., 2010).

Es krim merupakan produk pangan beku yang digemari oleh berbagai kalangan masyarakat. Warna merah yang menarik pada es krim dapat dihasilkan melalui penambahan pewarna alami yang mengandung antosianin. Antosianin adalah pigmen flavonoid yang memberikan warna merah, ungu, dan biru pada berbagai jenis buah dan bunga, serta bersifat larut air sehingga mudah dicampurkan ke dalam sistem pangan (Waladi et al., 2015; Alicia, 2024). Penambahan pewarna alami berbasis antosianin seperti tepung kulit buah naga merah pada es krim terbukti berpengaruh signifikan terhadap karakteristik organoleptik terutama warna, sekaligus meningkatkan aktivitas antioksidan produk (Alicia, 2024). Penggunaan antosianin sebagai pewarna alami es krim tidak hanya menghasilkan warna yang menarik secara visual, tetapi juga memberikan nilai tambah kesehatan karena sifat antioksidannya yang dapat menangkal radikal bebas dalam tubuh (Handito et al., 2022; Prasetyani et al., 2020). Stabilitas warna antosianin pada produk es krim dipengaruhi oleh tingkat keasaman (pH), dimana pada kondisi asam antosianin menghasilkan warna merah yang optimal (Hermawati et al., 2015).

Warna merupakan salah satu atribut sensori yang sangat mempengaruhi kualitas dan penerimaan konsumen terhadap produk pangan, termasuk produk bakery seperti donat. Penambahan pewarna pada makanan bertujuan untuk memperbaiki penampilan produk yang warnanya berubah atau memucat selama proses pengolahan sehingga dapat meningkatkan daya tarik visual dan nilai jual produk (Samber et al., 2013). Salah satu jenis warna yang banyak digunakan pada berbagai produk pangan adalah warna merah, yang dapat diperoleh dari pigmen alami antosianin (Warsiki & Setiautami, 2012). Antosianin merupakan pigmen alami yang larut dalam air dan dapat digunakan sebagai pewarna alami dalam berbagai produk pangan seperti minuman penyegar, kembang gula, produk susu,

roti, kue, dan jelli, sehingga berpotensi menggantikan pewarna sintetik yang bersifat karsinogenik dan beracun (Samber et al., 2013). Degradasi antosianin meningkat pada suhu tinggi dan terhadap paparan cahaya, dimana laju kerusakan degradasi termal menyebabkan hilangnya warna pada antosianin yang akhirnya terjadi pencoklatan (Simanjuntak et al., 2014). Proses penggorengan donat pada suhu 170-190°C dapat menyebabkan kerusakan struktur antosianin melalui mekanisme hidrolisis, oksidasi, polimerisasi, dan dekarboksilasi, sehingga proses pengolahan pangan sebaiknya dilakukan pada suhu 50-60°C untuk menjaga kestabilannya (Samber et al., 2013). Penggunaan antosianin sebagai pewarna alami pada produk donat tidak hanya memberikan warna merah yang menarik, tetapi juga dapat memberikan manfaat kesehatan sebagai antioksidan yang mampu menangkalkan radikal bebas dalam tubuh (Febrianti et al., 2021).

Dengan demikian pada akhirnya berbagai produk pangan memiliki beragam jenis proses pengolahan berbeda yang dapat mempengaruhi antosianin. Oleh karena itu, pada penelitian ini, penulis akan membandingkan karakteristik warna merah dari ekstrak antosianin kulit ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) sebagai pewarna alami pada produk es krim dan donat.

1.2 Identifikasi Masalah

Bagaimana perbedaan karakteristik fisikokimia warna merah ekstrak antosianin kulit ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) pada dua sistem pengolahan pangan yang berbeda yaitu donat (proses panas) dan es krim (proses dingin).

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menguji perbedaan karakteristik fisikokimia warna merah ekstrak antosianin kulit ubi jalar ungu sebagai pewarna alami pada produk donat dan es krim.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui perbedaan karakteristik fisikokimia warna merah ekstrak antosianin kulit ubi jalar ungu, yang ditinjau dari nilai pH, kadar antosianin, dan intensitas warna (L^* , a^* , b^*), pada produk donat dan

es krim, sehingga dapat diketahui jenis produk pangan yang lebih sesuai menggunakan pewarna alami tersebut.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mendorong produsen pangan untuk menyajikan makanan dan minuman yang lebih sehat dengan menggunakan pewarna alami yang murah.
2. Mengurangi atau mengganti penggunaan pewarna sintetis ke pewarna alami yang lebih aman terhadap produk pangan.
3. Memanfaatkan limbah kulit ubi jalar ungu menjadi produk pewarna alami yang dapat meningkatkan nilai ekonomi, kesehatan dan estetika produk.

1.5 Kerangka Pemikiran

Antosianin merupakan pigmen alami golongan flavonoid yang memiliki karakteristik fisik, kimia, dan stabilitas biologis yang spesifik sebagai pewarna alami. Secara fisik, antosianin bersifat hidrofilik sehingga mudah larut dalam air dan pelarut polar seperti etanol dan metanol (Hambali et al., 2014), dengan pola spektrum absorpsi pada panjang gelombang 250-700 nm yang menunjukkan dua puncak karakteristik yaitu gugus gula pada 278 nm dan gugus aglikon pada 490-535 nm (Mahmudatussa'adah et al., 2014). Secara kimia, antosianin memiliki struktur dasar 2-fenil-benzopirilium dengan kerangka karbon $C_6C_3C_6$ yang sangat dipengaruhi oleh pH lingkungan, dimana pada kondisi sangat asam (pH 1-2) membentuk kation flavilium merah yang stabil, namun mengalami perubahan warna menjadi ungu pada pH 5-6 dan biru pada pH 7-8 akibat pergeseran kesetimbangan struktur molekulnya (Priska et al., 2018). Dari aspek mikrobiologi dan enzimatis, kestabilan antosianin rentan terhadap degradasi oleh enzim glukosidase yang terdapat dalam preparasi enzim pengolahan makanan, serta mudah mengalami oksidasi dan hidrolisis pada ikatan glikosidik yang menyebabkan cincin aglikon terbuka membentuk gugus karbinol dan kalkon tidak berwarna (Priska et al., 2018).

Suhu tinggi merupakan faktor kritis yang mempengaruhi stabilitas antosianin sebagai pewarna alami dalam berbagai proses pengolahan pangan. Perlakuan suhu tinggi menyebabkan degradasi antosianin melalui mekanisme dekomposisi struktur molekul, dimana kation flavilium yang berwarna merah mengalami transformasi menjadi basa karbinol dan kemudian berubah menjadi kalkon yang tidak berwarna, serta pada akhirnya membentuk alfa diketon yang berwarna coklat (Fathinatullabibah et al., 2014). Menurut penelitian Husna et al. (2013) menunjukkan bahwa pengolahan ubi jalar ungu dengan berbagai metode pemanasan menghasilkan tingkat degradasi antosianin yang bervariasi, dimana produk keripik yang digoreng pada suhu 177-221°C mengalami penurunan kadar antosianin tertinggi mencapai 95,21%, sedangkan ubi jalar kukus pada suhu 70°C hanya mengalami penurunan 34,14%, menandakan bahwa semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu pemanasan maka stabilitas antosianin semakin menurun. Menurut penelitian Nasrullah et al. (2020) pigmen antosianin dari kulit buah naga merah masih stabil pada rentang suhu 40-50°C dengan lama pemanasan hingga 60 menit, namun mengalami degradasi signifikan pada suhu 60°C yang ditandai dengan penurunan intensitas warna merah. Fenomena degradasi ini terjadi karena suhu tinggi mempercepat hidrolisis ikatan glikosidik antosianin pada posisi 3 menghasilkan aglikon-aglikon yang labil, serta membuka cincin aglikon sehingga terbentuk gugus karbinol dan kalkon yang menyebabkan hilangnya warna karakteristik antosianin (Husna et al., 2013).

Menurut penelitian Fajri (2015), stabilitas antosianin sangat dipengaruhi oleh kondisi penyimpanan, di mana penyimpanan pada suhu dingin (5-15°C) dapat meningkatkan stabilitas antosianin sehingga waktu paruhnya 6 kali lebih lama dibandingkan penyimpanan pada suhu ruang (25-35°C), dengan aktivitas antioksidan yang dinyatakan dalam % RSA DPPH dan nilai FRAP pada penyimpanan suhu dingin juga lebih baik dibandingkan suhu ruang. Menurut penelitian Nalawati (2022) yang menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan lama penyimpanan, maka stabilitas antosianin ekstrak semakin menurun, dan perlakuan

yang paling dapat menjaga stabilitas antosianin adalah perlakuan suhu 4°C pada penyimpanan minggu pertama. Selain itu, menurut penelitian Meganingtyas dan Alauhdin (2021) bahwa ekstrak antosianin relatif stabil dan masih layak digunakan dengan hasil yang akurat setelah penyimpanan ekstrak selama 30 hari dalam botol tertutup dan suhu rendah. Mekanisme perlindungan ini terjadi karena suhu rendah dapat menghambat laju reaksi degradasi antosianin, sehingga struktur antosianin dapat terjaga lebih lama dan karakteristik warnanya tetap stabil untuk aplikasi sebagai pewarna alami.

Stabilitas dan intensitas warna antosianin sebagai pewarna alami sangat dipengaruhi oleh tingkat keasaman (pH) lingkungan karena pH dapat mengubah struktur molekul antosianin. Menurut Kunnaryo & Wikandari (2021), antosianin akan lebih stabil dan memiliki aktivitas antioksidan tertinggi pada pH asam (1-4) dalam bentuk kation flavilium yang berwarna merah, sedangkan pada pH 5-6 antosianin berubah menjadi bentuk karbinol pseudobasa dan kalkon yang tidak berwarna atau berwarna pucat. Menurut penelitian Fathinatullabibah et al. (2014) menunjukkan bahwa stabilitas ekstrak antosianin daun jati paling baik pada pH 3, dimana semakin tinggi nilai pH maka stabilitas pigmen antosianin dilihat dari kadar total antosianin dan kualitas warna yang semakin menurun. Menurut penelitian Surianti et al. (2019) menunjukkan bahwa ekstrak pigmen antosianin dari daun jati muda pada pH 1 berwarna kuning, pH 3 berwarna merah pH 5 dan pH 7 berwarna oranye, menjelaskan bahwa perubahan pH menyebabkan degradasi warna akibat perubahan struktur dari kation flavilium menjadi struktur quinoidal dan kalkon yang kurang stabil.

Pewarna alami dari antosianin dipengaruhi oleh komposisi karakteristik pangan yang mengandung lemak, air, karbohidrat, dan protein. Menurut Priska et al. (2018), antosianin memiliki sifat hidrofilik yang memudahkannya larut dalam air, namun kestabilannya dalam air dapat menurun apabila terpapar kondisi lingkungan yang tidak optimal. Kadar air yang tinggi dalam suatu produk dapat mempercepat degradasi antosianin karena air dapat menyebabkan hidrolisis pada

ikatan glikosidik dan membuka cincin aglikon, sehingga membentuk berbagai aglikon yang labil serta gugus karbinol dan kalkon yang tidak berwarna. Selain itu, interaksi antosianin dengan protein dapat mengakibatkan pembentukan uap atau endapan, dimana peristiwa ini lebih dipengaruhi oleh pigmen non fenolik yang bereaksi dengan protein seperti gelatin. Menurut penelitian Hanura et al. (2021) menunjukkan bahwa produk pangan dengan komposisi tinggi karbohidrat dan kadar air yang tinggi menghasilkan stabilitas antosianin yang berbeda-beda, di mana jeli buah naga merah dengan kadar air 71,96% dan karbohidrat 6,94 g mampu mempertahankan kandungan antosianin sebesar 15,277 mg. Menurut Iznillillah et al. (2023) menjelaskan bahwa perbedaan nilai proksimat termasuk kandungan protein, lemak, dan karbohidrat dapat mempengaruhi stabilitas antosianin pada produk pangan, dimana proses pengolahan dan interaksi antara antosianin dengan komponen makanan tersebut berperan penting dalam menjaga kestabilan warna antosianin sebagai pewarna alami. Antosianin dapat berpengaruh terhadap tingkat kandungan lemak yang tinggi seperti coklat atau es krim, di mana antosianin cenderung terdegradasi akibat interaksi dengan lipid oksidatif (Utami et al., 2021). Menurut penelitian Sari dan Wulandari (2020) menunjukkan bahwa antosianin dari kulit ubi jalar ungu yang diaplikasikan pada minuman berbasis air seperti jus memiliki tingkat kestabilan warna hingga 87% setelah 7 hari penyimpanan, sedangkan pada produk tinggi lemak seperti es krim hanya 62%.

Proses fermentasi merupakan salah satu faktor yang berpengaruh signifikan terhadap kestabilan antosianin, karena aktivitas mikroorganisme selama fermentasi dapat mengubah pH, menghasilkan enzim oksidatif, dan memodifikasi struktur senyawa fenolik (Widyastuti et al., 2020). Aktivitas enzim polifenol oksidase (PPO) juga dapat menyebabkan degradasi senyawa antosianin sehingga menurunkan intensitas warna dan aktivitas biologisnya (Kunnaryo & Wikandari, 2021). Antosianin diketahui lebih stabil pada lingkungan asam, sehingga selama fermentasi asam laktat seperti pada yogurt atau minuman probiotik senyawa ini dapat tetap mempertahankan warna merah keunguan (Kusumawati & Rahmawati,

2021). Fermentasi menggunakan bakteri asam laktat (BAL) dapat meningkatkan kestabilan antosianin sebagai pewarna alami karena fermentasi mampu menurunkan pH media menjadi kondisi asam (pH 2-4) dimana antosianin lebih stabil dalam bentuk kation flavilium, serta menghambat aktivitas enzim PPO yang bertanggung jawab terhadap degradasi antosianin (Kunnaryo & Wikandari, 2021). Namun, aktivitas enzim seperti β -glukosidase yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat juga dapat memecah gugus glikosidik antosianin menjadi aglikon yang kurang stabil terhadap oksidasi (Sari et al., 2019). Menurut penelitian Hunaefi et al. (2013) menunjukkan bahwa fermentasi kubis merah menggunakan *Lactobacillus plantarum* selama 7 hari mampu menurunkan pH dari 6,1 menjadi 3,8 dan meningkatkan aktivitas antioksidan antosianin dari 154,87 ppm menjadi 43,56 ppm. Selain itu, menurut Suhartatik et al. (2019) juga menjelaskan bahwa fermentasi beras ketan hitam dengan *Pediococcus pentosaceus* N11.16 selama 24 jam dapat mempertahankan kandungan antosianin dan meningkatkan aktivitas antioksidan hingga 70%.

Es krim merupakan produk pangan beku yang kompleks dengan komposisi utama meliputi lemak susu (10-16%), padatan susu tanpa lemak (9-12%), gula (12-16%), bahan penstabil (0,2-0,5%), dan emulsifier (0,2-0,3%) yang membentuk sistem emulsi dengan struktur kristal es, gelembung udara, dan karakteristik fase kontinu (Padaga dan Sawitri, 2005). Proses pengolahan es krim melalui tahapan pencampuran, pasteurisasi (63-85°C), homogenisasi, aging (2-4°C selama 4-24 jam), pembekuan (-5 hingga -6°C), dan pengerasan (-25 hingga -30°C) yang dapat mempengaruhi stabilitas pigmen pewarna alami (Arbuckle, 2000; Eckles et al., 1998). Antosianin sebagai pewarna alami yang menghasilkan warna merah hingga ungu berasal dari ekstrak buah-buahan seperti ubi jalar ungu, rosella, atau buah naga merah, sangat sensitif terhadap perubahan pH, suhu, cahaya, dan keberadaan ion logam (Winarti, 2010; Giusti dan Wrolstad, 2003). Degradasi antosianin dalam es krim dapat terjadi akibat pH produk yang umumnya berkisar 6,0-6,5, paparan suhu tinggi selama pasteurisasi, serta interaksi dengan komponen lain seperti gula yang

dapat menyebabkan glikosilasi dan asam askorbat yang dapat mengoksidasi struktur antosianin (Markakis, 1982; Wilska-Jeszka dan Korzuchowska, 1996). Penggunaan bahan tambahan pangan seperti asam sitrat untuk menurunkan pH (4,0-5,0), kopigmentasi dengan senyawa fenolik, enkapsulasi dengan maltodekstrin atau kitosan, serta penambahan antioksidan dapat meningkatkan stabilitas dan retensi warna antosianin dalam produk es krim hingga 70-85% selama penyimpanan (Saati, 2014; Rein dan Heinonen, 2004; Ersus dan Yurdagel, 2007).

Donat merupakan produk bakery berbahan dasar tepung terigu yang melalui proses pencampuran, fermentasi, pembentukan, penggorengan pada suhu tinggi (170-190°C), dan finishing, dengan komposisi meliputi tepung terigu (100%), gula (10-20%), ragi (1-3%), telur (10-15%), lemak/mentega (5-10%), garam (1-2%), susu (5-10%), dan air (40-50%) yang membentuk struktur berongga khas donat. Pewarna alami antosianin yang berasal dari berbagai sumber seperti kulit buah naga merah, ubi jalar ungu, beras hitam, bunga rosella, atau bunga telang dapat diaplikasikan pada produk donat baik dalam adonan maupun sebagai topping/glazing untuk memberikan warna merah hingga ungu yang menarik. Penelitian Samber et al. (2013) menyatakan bahwa antosianin dapat digunakan sebagai pewarna alami dalam berbagai produk pangan termasuk roti dan kue, namun suhu pemanasan menjadi faktor kritis yang mempengaruhi stabilitasnya. Menurut Harborne (1987), proses pengolahan pangan sebaiknya dilakukan pada suhu 50-60°C untuk menjaga stabilitas antosianin, sedangkan suhu yang lebih panas dapat menyebabkan kerusakan struktur antosianin. Estiasih dan Ahmadi (2009) membuktikan bahwa pemanasan di atas 70°C menyebabkan degradasi antosianin yang signifikan, dimana penyimpanan pada pH 7,0 dapat menurunkan kadar antosianin dari 25 menjadi 1,87 mg/100 mL. Menurut Fathinatullabibah et al. (2014) stabilitas antosianin semakin menurun seiring peningkatan pH dan suhu, dengan kondisi pH 3 dan suhu 75°C memberikan stabilitas terbaik bagi pigmen antosianin. Mengingat proses penggorengan donat pada suhu 170-190°C, maka aplikasi pewarna antosianin lebih disarankan pada tahap akhir seperti glazing atau

topping yang tidak mengalami pemanasan ekstrem, atau dengan penambahan bahan penstabil seperti asam sitrat untuk menurunkan pH, kopigmentasi, dan enkapsulasi untuk mempertahankan intensitas warna merah selama dan setelah proses pengolahan donat.

1.6 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran diatas, diduga terdapat perbedaan karakteristik fisikokimia warna merah ekstrak antosianin kulit ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) sebagai pewarna alami pada produk donat dan es krim.

1.7 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan Jalan Dr. Setiabudi No. 193 Bandung, dengan waktu penelitian mulai pada bulan Februari – April 2026.

II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menyajikan landasan teoretis yang berkaitan dengan objek dan variabel penelitian. Pembahasan disusun secara sistematis mencakup tentang pewarna pangan serta pemanfaatan limbah organik berupa kulit ubi jalar ungu sebagai bahan baku alternatif. Kemudian dijelaskan mengenai prinsip dasar ekstraksi maserasi sebagai metode yang digunakan dalam penelitian ini.

2.1 Pewarna

Pewarna pangan adalah zat atau campuran yang ditambahkan pada makanan untuk memberikan atau memperbaiki warna (BPOM, 2019). Warna merupakan faktor penting yang dapat digunakan sebagai indikator kesegaran atau kematangan suatu produk dan merupakan daya tarik terbesar untuk menikmati aroma makanan setelah penampilan visual (Sumarlin, 2010). Penampakan dari makanan dan minuman merupakan hal yang paling banyak mempengaruhi preferensi dan kesukaan konsumen sebelum faktor cita rasa, tekstur, dan nilai gizi dipertimbangkan (Nasution, 2014). Pewarna pangan dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu pewarna alami dan pewarna sintetis (BPOM, 2019).

2.1.1 Pewarna Sintetis

Pewarna sintetis adalah pewarna yang diperoleh secara sintesis kimiawi di laboratorium (BPOM, 2019). Pewarna sintetis diproduksi untuk menghasilkan warna yang lebih stabil, cerah, dan seragam dibandingkan pewarna alami. Secara komersial, pewarna sintetis sangat menguntungkan karena dapat dengan mudah dicampurkan untuk mendapatkan warna yang ideal dan memiliki biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan pewarna alami (Sumarlin, 2010).

Pewarna sintetis banyak diaplikasikan dalam industri makanan dan minuman, terutama pada produk yang ditargetkan untuk anak-anak seperti permen, jelly, sereal, dan dekorasi kue. Pewarna sintetis dibagi menjadi beberapa jenis

berdasarkan struktur kimianya, antara lain tartrazin (warna kuning), sunset yellow (warna jingga), ponceau 4R (warna merah), dan brilliant blue (warna biru).

Pewarna sintetik dapat dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan kelarutannya, yaitu dyes dan lakes. Dyes adalah zat warna yang larut air dan diperjualbelikan dalam bentuk granula, cairan, campuran warna dan pasta, digunakan untuk mewarnai minuman berkarbonat, minuman ringan, roti, kue-kue, produk susu, pembungkus sosis, dan lain-lain. Sedangkan lakes adalah pigmen yang dibuat melalui pengendapan dari penyerapan dye pada bahan dasar, biasa digunakan pada pelapisan tablet, campuran adonan kue, cake dan donat (Cahyadi, 2009 dalam Nasution, 2014).

BPOM telah menetapkan peraturan terkait penggunaan pewarna dalam pangan melalui Peraturan Kepala BPOM Nomor 11 Tahun 2019 tentang Bahan Tambahan Pangan. Setiap pewarna memiliki ambang batas maksimal penggunaannya untuk mencegah efek toksik. Pewarna yang dilarang meliputi pewarna non-pangan seperti rhodamin B dan methanil yellow, dan penggunaan pewarna non-pangan dapat dikenai sanksi hukum (Pertiwi, 2020).

Penggunaan pewarna sintetik dalam makanan dapat menimbulkan berbagai risiko kesehatan. Pewarna seperti tartrazin dan sunset yellow dapat memicu reaksi alergi dengan gejala gatal-gatal, ruam kulit, hingga kesulitan bernapas. Selain itu, penelitian yang diterbitkan Jurnal Neurotherapeutics pada 2012 menunjukkan bahwa pewarna sintetis menunjukkan pengaruh yang berbahaya walaupun rendah tetapi signifikan terhadap anak-anak (Rahmayanti & Muniroh, 2024).

Pewarna sintetis seperti rhodamin B merupakan zat warna golongan xanthenes yang digunakan pada industri tekstil dan kertas, namun masih ditemukan digunakan dalam produk pangan. Rhodamin B dapat dimetabolisme oleh sitokrom P450 di dalam tubuh untuk menghasilkan radikal bebas yang berbahaya bagi kesehatan. Pewarna sintetis dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti iritasi saluran pernapasan, iritasi kulit, kerusakan otak, dan tumor (Sunu, 2018). Oleh karena itu dalam penggunaan pewarna makanan dan minuman sebagai bahan

tambahan pangan, lebih baik menggunakan pewarna alami dibandingkan dengan pewarna sintetik.

2.1.2 Pewarna Alami

Pewarna alami merupakan zat warna yang berasal dari ekstrak tumbuhan (seperti bagian daun, bunga, biji), hewan dan mineral yang telah digunakan sejak dahulu sehingga sudah diakui bahwa aman jika masuk kedalam tubuh (KnK Land, 2018). Pewarna alami telah dimanfaatkan secara tradisional maupun komersial sebagai pewarna makanan untuk meningkatkan organoleptik suatu produk pangan dan tergolong aman karena rendahnya efek samping yang diakibatkan oleh konsumsi makanan yang mengandung pigmen (Himalogista, 2024).

Menurut Food and Drugs Administration (FDA) Amerika Serikat, zat warna alami digolongkan ke dalam golongan zat pewarna yang tidak perlu mendapat sertifikasi atau dianggap masih aman untuk dikonsumsi (KnK Land, 2018). Indonesia merupakan negara yang kaya akan zat warna alami seperti karotenoid, antosianin, betalain dan klorofil yang bukan hanya berfungsi sebagai pewarna tetapi juga memiliki kemampuan untuk menjaga kesehatan serta mencegah dan mengurangi terjadinya berbagai penyakit seperti diabetes, hiperkolesterolemia dan kanker (Al Kausar et al., 2022).

Pewarna alami yang berasal dari tumbuhan mempunyai berbagai macam warna yang dihasilkan, hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis tumbuhan, umur tanaman, tanah, waktu pemanenan dan faktor-faktor lainnya (KnK Land, 2018). Berdasarkan sumbernya, zat pewarna alami dapat dibagi menjadi tiga kelompok utama yaitu pewarna alami dari tanaman, pewarna alami dari aktivitas mikrobial, dan pewarna alami dari hewan atau serangga.

Pewarna alami yang berasal dari tanaman meliputi antosianin, karotenoid, betalain, klorofil, dan kurkumin (KnK Land, 2018). Indonesia sebagai negara tropis memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah untuk menghasilkan pewarna alami. Menurut penelitian Yuniati et al. (2024) menjelaskan berbagai tanaman Indonesia yang berpotensi sebagai sumber pewarna alami, antara lain bunga telang,

bunga telang, bunga rosella, kunyit, bunga kenop, daun suji, buah pandan, daun miana, buah naga, dan ubi jalar ungu. Pewarna yang dihasilkan dari aktivitas mikroorganisme, seperti zat pewarna dari aktivitas *Monascus* sp. yang menghasilkan pewarna angkak dan zat pewarna dari aktivitas ganggang (KnK Land, 2018). Pewarna yang berasal dari sumber hewani seperti cochineal dan zat pewarna heme (KnK Land, 2018).

Klorofil merupakan zat warna alami hijau yang bersumber dari daun hijau seperti daun katuk, pandan, daun suji, daun muda jati, buah-buahan seperti alpukat, rumput laut, dan bakteri fotosintetik (bakterioklorofilik) (Himalogista, 2024). Klorofil dapat ditemukan pada sayuran atau buah-buahan yang berwarna hijau seperti bayam, parsley, dan kiwi (Himalogista, 2024).

Karotenoid merupakan zat warna alami orange sampai kemerahan yang memberikan warna kuning, merah, dan oranye (Himalogista, 2024). Karotenoid merupakan pigmen pada tumbuhan yang menghasilkan warna-warna hangat seperti merah, orange, dan kuning dengan lebih dari 600 jenis yang telah diidentifikasi (Yuniati et al., 2024). Karotenoid dapat bersumber dari wortel, jeruk, paprika merah, kunyit, tomat, ubi jalar kuning, dan buah pandan (Yuniati et al., 2024). Karotenoid juga dapat diperoleh dari sumber laut seperti alga dan mikroorganisme laut (STMJ, 2021).

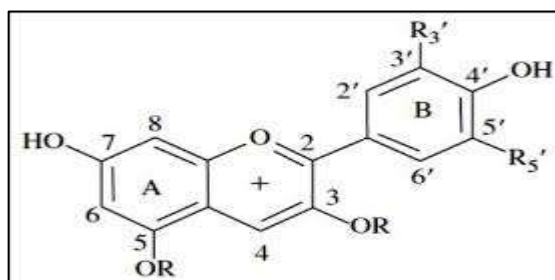
Kurkumin merupakan pigmen nonfotosintetik berwarna kuning yang bersifat lebih stabil terhadap suhu dan cahaya, juga dalam tubuh manusia (Himalogista, 2024). Kurkumin berasal dari jenis rempah keluarga *Zingiberaceae* seperti kunyit (*Curcuma longa*) dan temu lawak.

Betalain merupakan bahan pewarna alami yang memberikan warna merah gelap atau merah muda (Yuniati et al., 2024). Betalain terdapat pada beberapa jenis sayuran, seperti ubi bit merah atau pada buah yaitu buah naga. Selain berguna untuk memberikan warna, betalain juga mengandung antioksidan, sehingga bahan ini sering terdapat dalam suplemen makanan. Betalain dapat diekstraksi dari bit merah

(*Beta vulgaris* L.) dan buah naga merah yang merupakan tanaman yang banyak tumbuh di Indonesia (Yuniati et al., 2024).

Antosianin merupakan salah satu jenis pewarna alami yang paling potensial. Antosianin telah memenuhi persyaratan sebagai zat pewarna makanan tambahan, sehingga secara Internasional telah diizinkan sebagai zat pewarna makanan. Antosianin adalah pigmen warna yang larut dalam air bertanggung jawab terhadap warna biru, ungu, violet, magenta, merah dan orange tergantung pada pH dan suhu lingkungannya. Antosianin aman dikonsumsi, tidak beracun, dan tidak menimbulkan mutasi genetika (Kurniawan et al., 2018). Antosianin berasal dari bunga berwarna seperti bunga rosella, bunga telang, dan sumber lainnya seperti buah duwet, ubi ungu, beras hitam, kulit manggis, blueberry, stroberi, anggur hitam, dan buah delima (Himalogista, 2024).

Struktur kimia antosianin terdiri dari inti aglikon (antosianidin) yang terikat dengan gula (glikosida). Struktur dasar antosianin memiliki cincin benzen yang tersubstitusi dengan gugus hidroksil dan metoksil pada posisi R1, R2, dan R3. Perbedaan substitusi pada ketiga gugus ini menghasilkan berbagai jenis antosianin dengan warna yang berbeda. Struktur antosianin pada ubi jalar ungu didominasi oleh peonidin dan sianidin yang memberikan warna ungu pekat karakteristik.



Gambar 1. Struktur Antosianin
Sumber: (PubChem, 2010)

Antosianin mengalami transformasi struktural yang signifikan pada berbagai tingkat pH, yang mengakibatkan perubahan warna seperti pada pH 1-2 antosianin stabil membentuk kation flavilium (warna merah cerah), pH 3-4 membentuk campuran kation flavilium dan karbinol (warna merah pudar), pH 5-6 membentuk basa kuinonoidal (warna ungu), pH 7-8 membentuk basa kuinonodial dominan

(warna ungu), dan pada pH >8 terjadi degradasi antosianin (warna hijau kekuningan hingga tidak berwarna). Perubahan warna ini terjadi karena perubahan struktur molekul antosianin yang dipengaruhi oleh konsentrasi ion H⁺. Pada pH rendah, antosianin membentuk kation flavilium yang stabil dan berwarna merah, sedangkan pada pH tinggi terbentuk struktur basa kuinonoidal yang berwarna biru-ungu (Wibowo et al., 2018). Salah satu pangan yang memiliki pigmen warna antosianin yaitu ubi jalar ungu.

2.2 Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.)

Ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) merupakan pangan dengan kemampuan adaptasi yang baik, dapat tumbuh baik di daerah sejuk maupun panas. Ubi jalar ungu memiliki kulit dan daging umbi yang berwarna ungu kehitaman. Ubi jalar ungu mengandung pigmen antosianin yang lebih tinggi daripada ubi jalar jenis lain (Yuliana, 2013).



Gambar 2. Ubi Jalar Ungu

Ubi jalar ungu pekat mengandung antosianin 61,85 mg/100 g, 17 kali lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan antosianin ubi jalar ungu muda 3,51 mg/100 g. Kandungan antosianin yang tinggi ini menyebabkan ubi jalar ungu memiliki warna ungu yang khas dan pekat. Antosianin merupakan pigmen hidrofilik golongan flavonoid yang terdapat pada tumbuhan yang berwarna merah, biru dan ungu (El Husna et al., 2013).

Tabel 1. Komposisi Ubi Jalar Ungu

Parameter	Ubi Jalar Ungu Muda	Ubi Jalar Ungu Pekat
Kadar Air (%)	68-72	65-70
Kadar Abu (%)	0,8-1,2	1,0-1,5
Protein (%)	1,5-2,0	1,8-2,5
Lemak (%)	0,3-0,5	0,4-0,6
Karbohidrat (%)	24-28	25-30
Serat (%)	1,5-2,0	2,0-2,5
Antosianin (mg/100g)	3,51	61,85
Aktivitas Antioksidan (%)	56,64	59,25

Sumber: (El Husna et al., 2013)

Tabel 2. Jenis-jenis Antosianin

No	Jenis Antosianin	Gugus R1	Gugus R2	Gugus R3
1	Peonidin-3-sophoroside-5-glucoside	H	OCH3	H
2	Cyanidin-3-sophoroside-5-glucoside	OH	H	H
3	Peonidin-3-caffeoyl-sophoroside-5-glucoside	H	OCH3	Caffeoyl
4	Cyanidin-3-caffeoyl-sophoroside-5-glucoside	OH	H	Caffeoyl
5	Peonidin-3-feruloyl-sophoroside-5-glucoside	H	OCH3	Feruloyl

Sumber: (El Husna et al., 2013)

Ubi jalar ungu potensial sebagai salah satu sumber antosianin yang dapat berfungsi sebagai pewarna alami, antioksidan, antimutagenik dan antikarsinogen. Ubi jalar ungu pekat memiliki aktivitas antioksidan 59,25%, lebih besar dibandingkan dengan ubi jalar ungu muda 56,64%. Aktivitas antioksidan yang tinggi ini bermanfaat untuk menangkap radikal bebas sehingga berperan mencegah terjadinya penuaan, kanker, dan penyakit degeneratif (Rijal et al., 2019).

Antosianin dapat rusak akibat suhu tinggi (pemanasan) yang biasa digunakan dalam pembuatan sejumlah produk olahan ubi jalar. Produk olahan ubi jalar ungu yang paling mampu mempertahankan kandungan antosianin diperoleh pada ubi kukus yaitu 34,14% (ungu pekat) dan 42,16% (ungu muda), sedangkan tingkat

penurunan tertinggi diperoleh pada produk keripik yaitu 95,21% (ungu pekat) dan 88,47% (ungu muda) (El Husna et al., 2013).

Tabel 3. Komposisi Kadar Antosianin Ubi Jalar Ungu

Jenis Olahan	Ubi Jalar Ungu Pekat	Ubi Jalar Ungu Muda
Ubi Kukus	34,14%	42,16%
Ubi Rebus	68,50%	71,23%
Ubi Goreng	82,35%	79,88%
Tepung	87,65%	85,32%
Keripik	95,21%	88,47%

Sumber: (El Husna et al., 2013)

Salah satu sumber antosianin yang murah dan banyak terdapat di Indonesia adalah kulit ubi jalar ungu dimana kulit ubi jalar ungu memiliki kadar antosianin rata-rata sebesar 521,84-729,74 mg/100 g. Kandungan antosianin pada kulit ubi jalar ungu bahkan lebih tinggi dibandingkan daging umbinya, namun kebanyakan masyarakat hanya mengolah umbinya saja dan kulit ubi jalar ungu jarang dimanfaatkan (Gumbara et al., 2015).

Tabel 4. Komposisi Kandungan Antosianin

Bagian Ubi Jalar	Kandungan Antosianin (mg/100g)	Presentase
Kulit	521,84-729,74	100%
Daging Umbi Bagian Luar	61,85	8-12%
Daging Umbi Bagian Tengah	45,23	6-9%
Daging Umbi Bagian Dalam	28,56	4-6%

Sumber: (Gumbara et al., 2015)

2.2.1 Kulit Ubi Jalar Ungu

Kulit ubi jalar ungu merupakan limbah padat yang dihasilkan dari proses pengupasan dan pengolahan ubi jalar ungu menjadi berbagai produk makanan. Kulit ini memiliki warna ungu seperti daging umbinya karena mengandung pigmen antosianin (Kusumawati & Suryandono, 2014).



Gambar 3. Kulit Ubi Jalar Ungu

Kulit ubi jalar ungu memiliki ketebalan berkisar antara 1-3 mm dan berat kulit yang dihasilkan dari proses pengupasan mencapai 10-20% dari total berat ubi jalar segar. Selama ini, kulit ubi jalar ungu jarang dimanfaatkan dan hanya menjadi limbah yang dibuang tanpa pengolahan lebih lanjut, sedangkan kulitnya memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber pewarna alami, pakan ternak, maupun produk bernilai ekonomis lainnya.

Tabel 5. Komposisi Kulit Ubi Jalar Ungu

Komponen	Kandungan
Kadar Air	65-75%
Karbohidrat	15-20%
Protein	2-3%
Lemak	0,5-1%
Serat Kasar	8-12%
Kadar Abu	2-4%
Antosianin	80-150 mg/100 gram
Total Fenol	150-250 mg GAE/100g

Sumber: (Dewi et al., 2014)

Kandungan antosianin kulit ubi jalar ungu telah dibuktikan secara ilmiah memiliki kadar yang lebih tinggi dibandingkan daging umbinya (Dewi et al., 2014). Hal ini disebabkan karena pigmen antosianin lebih terkonsentrasi pada bagian kulit

sebagai bentuk perlindungan tanaman terhadap radiasi ultraviolet dan stres oksidatif. Antosianin merupakan kelompok metabolit sekunder yang dapat berperan sebagai antioksidan. Pemanfaatan kulit ubi jalar ungu sebagai sumber pewarna alami dapat memberikan nilai tambah ekonomis sekaligus mengurangi limbah pertanian (Laksmiani et al., 2014).

Warna ungu pada kulit ubi jalar disebabkan oleh adanya pigmen ungu antosianin yang menyebar dari bagian daging sampai dengan kulit umbinya. Kandungan antosianin kulit ubi jalar tergantung pada intensitas warna pada umbi tersebut, semakin ungu warna umbinya maka kandungan antosianinnya semakin tinggi (Wibowo et al., 2018).

Stabilitas antosianin dipengaruhi oleh faktor pH, suhu, cahaya yang perlu diperhatikan dalam proses ekstraksi dan aplikasinya (Wibowo et al., 2018). Metode maserasi merupakan metode ekstraksi yang paling umum dan optimal digunakan. Proses ekstraksi dilakukan dengan cara merendam bahan yang telah dikeringkan menjadi simplisia dalam pelarut organik pada suhu kamar selama 24-48 jam (Kusumawati & Suryandono, 2014).

2.3 Ekstraksi Maserasi

Maserasi adalah salah satu metode pemisahan senyawa dengan cara perendaman menggunakan pelarut organik pada temperatur tertentu. Proses maserasi sangat menguntungkan dalam isolasi senyawa bahan alam karena selain murah dan mudah dilakukan, dengan perendaman sampel tumbuhan akan terjadi pemecahan dinding dan membran sel akibat perbedaan tekanan antara di dalam dan di luar sel, sehingga metabolit sekunder yang ada dalam sitoplasma akan terlarut dalam pelarut (Suzery et al., 2010).

Proses maserasi dipengaruhi oleh suhu, waktu, dan juga jenis pelarut maserasi yang digunakan. Pemilihan suhu yang tepat akan menghasilkan rendemen yang tinggi, sebaliknya penggunaan suhu yang terlalu tinggi dapat merusak senyawa aktif. Hasil rendemen yang terbaik didapat 4,87% pada suhu 50°C dengan tekanan

2 atm dan pada waktu maserasi 30 jam untuk ekstraksi antosianin dari ubi jalar ungu (Armanzah & Hendrawati, 2016).

Tabel 6. Perbandingan Waktu Ekstraksi Maserasi

Waktu Maserasi	Rendemen (%)	Kadar Antosianin (mg/100g)
24 jam	3,50	42,15
48 jam	4,87	58,32
72 jam	4,92	59,78
96 jam	4,85	58,91

Sumber: (Armanzah & Hendrawati, 2016)

Ekstraksi maserasi dalam proses penyarian dan alat yang digunakan cukup sederhana dan baik untuk senyawa yang bersifat termolabil seperti antosianin. Pemilihan pelarut yang tepat sangat penting untuk mengoptimalkan hasil ekstraksi. Ekstraksi antosianin menggunakan pelarut polar seperti etanol dan metanol sering digunakan karena antosianin bersifat larut dalam pelarut polar. Antosianin diperoleh dari sel tanaman dengan maserasi dan pelarut etanol yang diasamkan dengan asam sitrat (Fakhruzy et al., 2020).

Metode maserasi juga memiliki beberapa keterbatasan. Waktu ekstraksi yang dibutuhkan relatif lama dibandingkan metode modern seperti *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE) atau *Microwave-Assisted Extraction* (MAE). Selain itu, jumlah pelarut yang dibutuhkan cukup banyak karena proses perendaman yang dilakukan dalam waktu lama.

Tabel 7. Macam-macam Ekstraksi

Aspek	Maserasi	Refluks	Sokletasi	MAE	UAE
Suhu Ekstraksi	Ruang (25-30°C)	60-80°C	Titik didih pelarut	50-100°C	Ruang - 50°C
Waktu Ekstraksi	24-72 jam	2-6 jam	4-8 jam	5-30'	15-60'
Volume Pelarut	Banyak	Sedang	Sedikit	Sedikit	Sedang
Rendemen	Rendah- sedang	Sedang- tinggi	Tinggi	Sangat tinggi	Sangat Tinggi
Konsumsi Energi	Sangat rendah	Sedang	Tinggi	Tinggi	Sedang
Senyawa Termolabil	Sangat cocok	Kurang cocok	Tidak cocok	Kurang cocok	Cocok
Operasional	Sangat mudah	Sedang	Sedang	Perlu alat khusus	Perlu alat khusus
Biaya	Sangat Murah	Murah	Murah	Mahal	Mahal

Sumber: (Fakhruzy et al., 2020)

Dengan metode maserasi ini, ekstraksi antosian dapat dimaksimalkan dan mencegah kerusakan struktur antosianin terhadap beberapa faktor yang dapat mempengaruhi stabilitas antosianin.

III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memaparkan secara rinci mengenai bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian, metode yang diterapkan untuk mencapai tujuan penelitian, prosedur pelaksanaan penelitian secara sistematis, serta jadwal pelaksanaan penelitian yang mengatur waktu kegiatan secara terstruktur

3.1 Bahan dan Alat Penelitian

3.1.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam pembuatan pewarna alami adalah kulit ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) yang didapatkan di pasar Ciroyom, Kelurahan Ciroyom, Kecamatan Andir, Kota Bandung.

Bahan kimia yang digunakan untuk ekstraksi antosianin kasar dari kulit ubi jalar ungu dalam pembuatan pewarna alami adalah pelarut etanol 96% dan asam sitrat.

Bahan yang digunakan dalam pembuatan produk es krim adalah susu UHT *Full Cream*, *Whipping cream*, gula dan pewarna alami kulit ubi jalar ungu.

Bahan yang digunakan dalam pembuatan produk donat adalah tepung terigu protein tinggi, ragi (*Saccharomyces cerevisiae*), gula, susu, telur, margarin, *Baking Powder* dan pewarna alami kulit ubi jalar ungu.

3.1.2 Bahan Analisis

Bahan yang digunakan untuk analisis pH metode elektroda terdiri dari sampel, Larutan pH Buffer dan aquadest.

Bahan yang digunakan untuk analisis Intensitas Warna metode colorimetri yakni, sampel.

Bahan yang digunakan untuk analisis Kadar Antosianin Metode pH differensial terdiri dari sampel, Larutan pH buffer 1, Larutan pH buffer 4, KCl, HCl, asam asetat, Na-asetat dan aquadest.

3.1.3 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian pembuatan pewarna alami yaitu, timbangan digital, spatula, gelas kimia, wadah, pisau, blender, corong, kertas saring, labu erlenmeyer, labu evaporasi dan *rotary vacuum evaporator*.

Alat yang digunakan dalam pembuatan produk pangan yaitu, timbangan, kompor, spatula, wadah, *ice cream maker*, *freezer*, gelas ukur, pisau, inkubator, kain, *mixer*, wajan.

3.1.4 Alat Analisis

Alat yang digunakan untuk analisis pH metode elektroda terdiri dari timbangan digital, spatula, gelas kimia, elektroda meter dan pH meter.

Alat yang digunakan untuk analisis Intensitas Warna metode colorimetri terdiri dari timbangan digital, spatula, gelas kimia, dan *Colorimeter*.

Alat yang digunakan untuk analisis Kadar Antosianin metode pH differensial terdiri dari timbangan digital, spatula, gelas kimia, labu erlenmeyer, corong kaca, labu ukur, dan Spektrofometri UV-Vis.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi 4, yaitu: (1) Penelitian pendahuluan, (2) Penelitian utama, (3) T-Test dan (4) Deskriptif Kuantitatif.

3.2.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan melalui 2 tahap, yaitu:

1. Ekstraksi antosiain dari kulit ubi jalar ungu sebagai pewarna alami.
2. Analisis kimia intensitas merah pada pewarna alami yang sudah di encerkan meliputi pH, Intensitas Warna dan Kadar Antosianin.

3.2.3 Penelitian Utama

Penelitian utama dilakukan setelah penelitian pendahuluan telah dilaksanakan, penelitian ini dilakukan melalui 4 tahap, yaitu:

1. Pembuatan produk donat dan es krim dengan penambahan pewarna alami untuk sampel yang akan di uji.
2. Pembuatan larutan kontrol masing-masing produk dengan pewarna alami yang di encerkan dalam aquadest.
3. Pengujian intensitas warna merah antosianin pada produk pangan sesaat sebelum diolah dan sesudah diolah dengan analisis fisikokimia meliputi pH, Intensitas Warna, dan Kadar Antosianin.
4. Membandingkan intensitas warna merah antosianin pada produk donat dan es krim dengan larutan kontrol masing-masing produk menggunakan uji T-Test kemudian dilanjutkan dengan deskriptif kuantitatif.

3.3 T-Test

Uji t-test merupakan salah satu metode pengujian statistik parametrik yang digunakan untuk membandingkan rata-rata dari dua kelompok data. Menurut Sugiyanto et al. (2019), uji statistik t menunjukkan seberapa jauh pengaruh satu variabel independen secara individual dalam menerangkan variabel dependen. Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata satu atau dua kelompok sampel yang dibandingkan.

Menurut Putri et al. (2023) menjelaskan bahwa t-test dapat digunakan dalam penelitian eksperimen untuk menguji hipotesis. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan tingkat signifikan tertentu, umumnya sebesar 0,05 ($\alpha=5\%$), untuk

menentukan apakah perbedaan yang terjadi merupakan perbedaan yang signifikan atau hanya terjadi karena faktor kebetulan semata.

Menurut Sugiyanto et al. (2009) menjelaskan bahwa kriteria hipotesis adalah jika nilai signifikan lebih besar dari 0,05 maka hipotesis H_0 diterima dan hipotesis H_1 ditolak. Sebaliknya, jika nilai signifikan kurang dari 0,05 maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok yang dibandingkan. Rumus hipotesis dalam uji t-test yaitu:

$H_0 = \mu_1 = \mu_2$ $H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$
--

Keterangan :

$H_0 = \mu_1 = \mu_2$ (Tidak terdapat perbedaan signifikan pada sampel dengan Larutan Kontrol)

$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$ (Terdapat perbedaan signifikan pada sampel dengan Larutan Kontrol)

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan metode *Independent Sample T-Test* untuk membandingkan rata-rata dari dua kelompok data yang tidak saling bergantung. Penggunaan *Independent Sample T-Test* bertujuan untuk menguji ada tidaknya perbedaan signifikan pada karakteristik fisikokimia warna merah dari ekstrak antosianin kulit ubi jalar ungu yang diaplikasikan pada produk es krim dan donat dengan larutan kontrol. Uji ini dipilih karena kedua kelompok sampel berasal dari subjek yang berbeda dengan perlakuan yang independen satu sama lain (Sugiyono, 2019). Dengan rumus untuk *Independent Sample T-Test* yaitu:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Keterangan :

t = Nilai t hitung

$\bar{x}_1$ = Rata-rata sampel 1

$\bar{x}_2$ = Rata-rata sampel 2

s = Standar deviasi sampel

n_1 = Jumlah sampel 1

n_2 = Jumlah sampel 2

Kemudian dibandingkan hasil nilai t hitung dengan nilai t tabel, sehingga didapatkan kesimpulan, yaitu: jika t hitung $> t$ tabel atau nilai signifikan $< 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Jika t hitung $< t$ tabel atau nilai signifikan $> 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.

3.4 Deskriptif Kuantitatif

Dalam penelitian ini juga, peneliti menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Penelitian deskriptif kuantitatif adalah mendeskripsikan, meneliti dan menjelaskan sesuatu yang dipelajari apa adanya, dan menarik kesimpulan dari fenomena yang dapat diamati dengan menggunakan angka-angka. Menurut Sugiyono (2019), Deskriptif kuantitatif yaitu konsisten dengan variabel penelitian, fokus pada permasalahan aktual dan fenomena yang sedang terjadi, serta menyajikan hasil penelitian dalam bentuk angka-angka bermakna. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui dan menyesuaikan karakteristik warna merah pewarna alami dari ekstrak antosianin kulit ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L.*) dengan membandingkan pada produk pangan yang mengalami proses pengolahan yang berbeda.

3.4.1 Metode Pendekatan

Penelitian ini berfokus pada pendekatan eksperimental laboratorium sebagai data primer. Pelaksanaan penelitian yang dilakukan yaitu, ekstraksi antosianin dari kulit ubi jalar ungu sebagai pewarna alami, kemudian pembuatan produk pangan untuk sampel yang akan di uji dengan penambahan pewarna alami, serta pengolahan dan penyajian data. Dalam proses eksperimental laboratorium, berbagai parameter seperti proses pengolahan, pH, komposisi produk akan di perhatikan untuk mengevaluasi stabilitas antosianin dalam menghasilkan warna. Selain itu, produk pendekatan sekunder juga diterapkan melibatkan pengumpulan data dari literatur jurnal dan buku untuk mendukung analisis dan pemahaman tentang proses serta karakteristik produk yang dihasilkan.

3.4.2 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini melibatkan hasil penelitian laboratorium yang diperoleh melalui produk pangan yang di uji, dengan pengamatan terhadap sifat fisik dan kimia yang dihasilkan. Selain itu, penelitian ini juga mengadopsi kepustakaan (*Library Research*), yaitu pendekatan yang mengandalkan studi literatur untuk memperoleh informasi. Sumber-sumber yang digunakan mencakup buku, jurnal, dan artikel-artikel relevan yang kemudian hasil penelitian akan di deskripsikan dengan merujuk pada jurnal-jurnal acuan yang sesuai

3.4.3 Sumber Data

Dalam menjalan penelitian ini, penulis memakai jenis data primer, sekunder, dan tersier.

1. Data Primer

Data primer diperoleh melalui penelitian laboratorium yang melalui tahapan ekstraksi pewarna alami, pembuatan produk, dan analisis kimia. Pengamatan dilakukan terhadap sifat fisik dan kimia, serta karakteristik produk yang dihasilkan.

2. Data Sekunder

Data sekunder dikumpulkan dari literatur jurnal yang terkait dan relevan, yang membahas tentang karakteristik antosianin, stabilitas antosianin, serta karakteristik berbagai produk pangan dengan proses pengolahan berbeda. Jurnal-jurnal ini memberikan konteks ilmiah dan mendukung analisis hasil penelitian dengan informasi yang sudah teruji dan diakui dalam komunitas akademis.

3. Data Tersier

Data tersier juga digunakan dengan mengacu pada ensiklopedia dan sumber referensi lain yang memberikan informasi umum tentang antosianin, karakteristik sifat fisik, kimia dan mikrobiologi antosianin, stabilitas antosianin serta proses pengolahan berbagai produk pangan. Sumber ini berfungsi untuk melengkapi pemahaman tentang topik penelitian dan memberikan latar belakang yang lebih luas mengenai pewarna alami dari ekstrak antosianin kasar kulit ubi jalar ungu terhadap berbagai produk pangan yang mengalami proses pengolahan dan karakteristik berbeda.

3.4.4 Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengkaji hasil pengujian laboratotium secara sistematis. Analisis data dibagi menjadi 2, yaitu: (1) Analisis kimia dan (2) Analisis statistik.

3.4.4.1 Analisis Kimia

1. Analisis pH

Untuk mengetahui pH yang dihasilkan dinilai dari tingkat keasaman atau kebasaan sampel dalam produk pangan menggunakan pH meter elektroda. Dengan prinsip potensiometri yaitu, pengukuran aktivitas ion hidrogen berdasarkan perbedaan potensial antara elektroda gelas dan elektroda referensi yang kemudian dikonversi secara langsung menjadi nilai pH.

2. Analisis Intensitas Warna

Untuk mengetahui data kuantitatif dan objektif terhadap warna antar perlakuan dalam produk pangan yang dihasilkan menggunakan colorimeter. Dengan prinsipnya yaitu, pengukuran reflektansi atau transmitansi cahaya pada permukaan sampel untuk memperoleh nilai warna dalam ruang CIE L^* (kecerahan), a^* (merah-hijau), b^* (kuning-biru).

3. Analisis Kadar Antosianin

Uji kadar antosianin pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode pH differensial, untuk menentukan kadar antosianin pada produk, serta mengevaluasi perubahan konsentrasi pigmen warna akibat proses perlakuan. Analisis ini menggunakan spektrofometri Uv-Vis yang mengukur konsentrasi antosianin berdasarkan perbedaan absorbansi pada dua kondisi pH yaitu, pH 1,0 dan pH 4,5.

3.4.4.2 Analisis Statistik

1. Analisis T-test

Untuk memvalidasi perbedaan stabilitas warna merah dari ekstrak antosianin kasar kulit ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L.*) pada produk pangan donat dan es krim yang mengalami proses pengolahan berbeda menggunakan *independent sample t-test*. Sehingga memperoleh data kuantitatif berupa nilai perbandingan dan rata-rata dalam berbagai produk pangan.

Dengan membandingkan hasil analisis ini dengan data referensi yang ada dalam literatur, peneliti dapat menilai intensitas warna merah antosianin sebagai pewarna alami terhadap produk pangan yang mengalami perlakuan proses pengolahan dan karakteristik yang berbeda.

3.5 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari 2 tahap, yaitu: (1) Ekstraksi antosianin dari kulit ubi jalar ungu sebagai pewarna alami dengan metode maserasi, (2) Pembuatan produk pangan.

3.5.1 Ekstraksi Antosianin Dari Kulit Ubi Jalar Ungu Sebagai Pewarna Alami Dengan Metode Maserasi

Ekstraksi antosianin dari kulit ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L.*) terdiri dari beberapa tahapan, yakni:

1. *Size Reduction*

Kulit ubi jalar ungu akan melalui proses size reduction, untuk memperkecil dimensi dari bahan. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam tahap pengeringan, karena dengan ukuran lebih kecil, permukaan bahan akan lebih luas, sehingga mempercepat penguapan air.

2. Pengeringan

Kulit ubi jalar ungu kemudian menjalani proses pengeringan menggunakan *cabinet dryer* pada suhu 45°C dengan durasi waktu 1 jam. Pengeringan pada suhu 45°C selama 1 jam dipilih untuk menjaga kualitas bahan, serta memastikan penguapan air berjalan efektif dan efisien dengan pengeringan dapat dilakukan secara merata.

3. Penghancuran

Kulit ubi jalar ungu yang telah dikeringkan akan dihancurkan menggunakan blender untuk mempermudah proses penimbangan dan memastikan bahan yang digunakan sesuai dengan formulasi yang telah ditentukan, sehingga didapatkan simplisia bahan

4. Penimbangan

Simplisia yang sudah halus akan ditimbang menggunakan timbangan digital untuk memastikan akurasi berat yang tepat sesuai dengan kebutuhan formulasi. Penimbangan dilakukan dengan cermat sebesar 2500 gram, yang merupakan jumlah yang telah ditentukan.

5. Ekstraksi Maserasi

Simplisia yang sudah ditimbang kemudian dimasukan direndam menggunakan etanol 96% dan asam sitrat selama 24 jam pada suhu ruang dalam botol maserasi. Etanol 96% bertujuan untuk mengekstraksi antosianin dari simplisia dan asam sitrat untuk mempertahankan kestabilan pH asam.

6. Penyaringan

Setelah dilakukan perendaman selama 24 jam kemudian disaring untuk mendapatkan filtratnya menggunakan penyaring dan kertas saring.

7. Pemanasan

Filtrat kulit ubi jalar ungu yang diperoleh kemudian dipanaskan dengan suhu 45°C selama 50 menit menggunakan *rotary vacuum evaporator*, yang bertujuan untuk pengentalan dengan cara penguapan sehingga didapatkan ekstrak antosianin kasar dari kulit ubi jalar ungu yang sudah kental sebagai pewarna alami.

3.5.2 Pembuatan Produk Pangan

Ekstrak antosianin dari kulit ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L.*) sebagai pewarna alami dapat diaplikasikan pada produk pangan antara lain :

3.5.2.1 Eskrim

1. Penimbangan

Semua bahan dilakukan penimbangan sesuai dengan formulasi dan jumlah total bahan yang telah ditentukan.

2. Pencampuran I

Susu UHT *Full Cream* kemudian dicampurkan dengan bahan-bahan yang lain yaitu *whipcream* dan gula.

3. Pencampuran II

Pada proses ini kemudian bahan ditambahkan pewarna alami ekstrak kulit ubi jalar ungu yang telah dibuat.

4. Agitasi

Setelah suhu bahan menjadi suhu kamar, dilakukan agitasi dengan menghomogenisasi menggunakan *ice cream maker*.

5. Aging

Bahan yang telah di agitasi dilakukan proses aging dengan memasukan bahan ke dalam *freezer* untuk pendinginan dan pembekuan. Sehingga didapatkan produk pangan yaitu es krim.

3.5.2.2 Donat

1. Penimbangan

Semua bahan dilakukan penimbangan sesuai dengan formulasi dan jumlah total bahan yang telah ditentukan.

2. Pencampuran I

Pada proses ini bahan-bahan yang dicampurkan yaitu tepung, ragi, gula dan susu untuk pembentukan adonan awal.

3. Pencampuran II

Setelah semua bahan tercampur kemudian bahan dicampurkan lagi dengan bahan-bahan lain yaitu telur, margarin dan *Baking Powder* untuk pembentukan adonan akhir, serta pewarna alami ekstrak kulit ubi jalar ungu yang sudah dibuat.

4. Kneading

Adonan yang sudah terbentuk dilakukan proses *kneading* yaitu pengulenan hingga kalis elastis untuk membentuk jaringan gluten pada adonan.

5. Fermentasi I

Setelah adonan kalis elastis kemudian dilakukan proses fermentasi selama 45-60 menit untuk menumbuhkan gas CO₂ dari ragi.

6. Pencetakan

Adonan kemudian di cetak sesuai dengan bentuk yang di inginkan yaitu berbentuk bulat.

7. Fermentasi II

Fermentasi dilakukan kembali selama 15-20 menit untuk menghasilkan pembentukan yang sempurna.

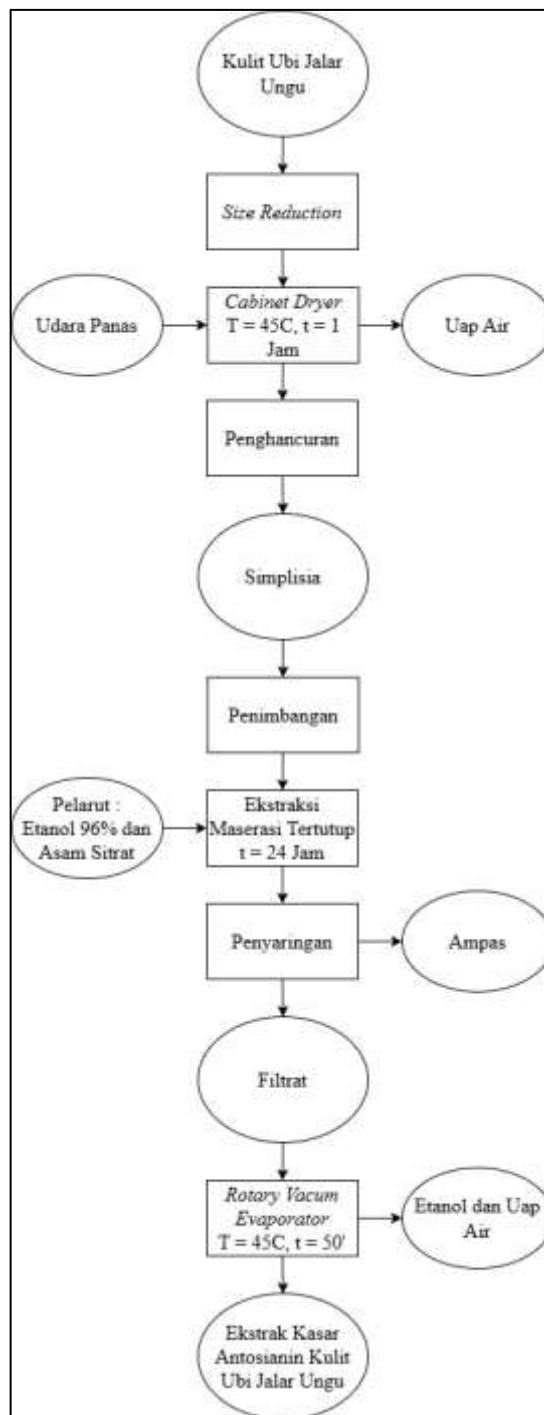
8. Penggorengan

Adonan cetakan yang sudah siap kemudian dilakukan proses penggorengan dalam minyak dengan suhu 160-170°C selama 2-3 menit untuk pematangan dan pembentukan tekstur.

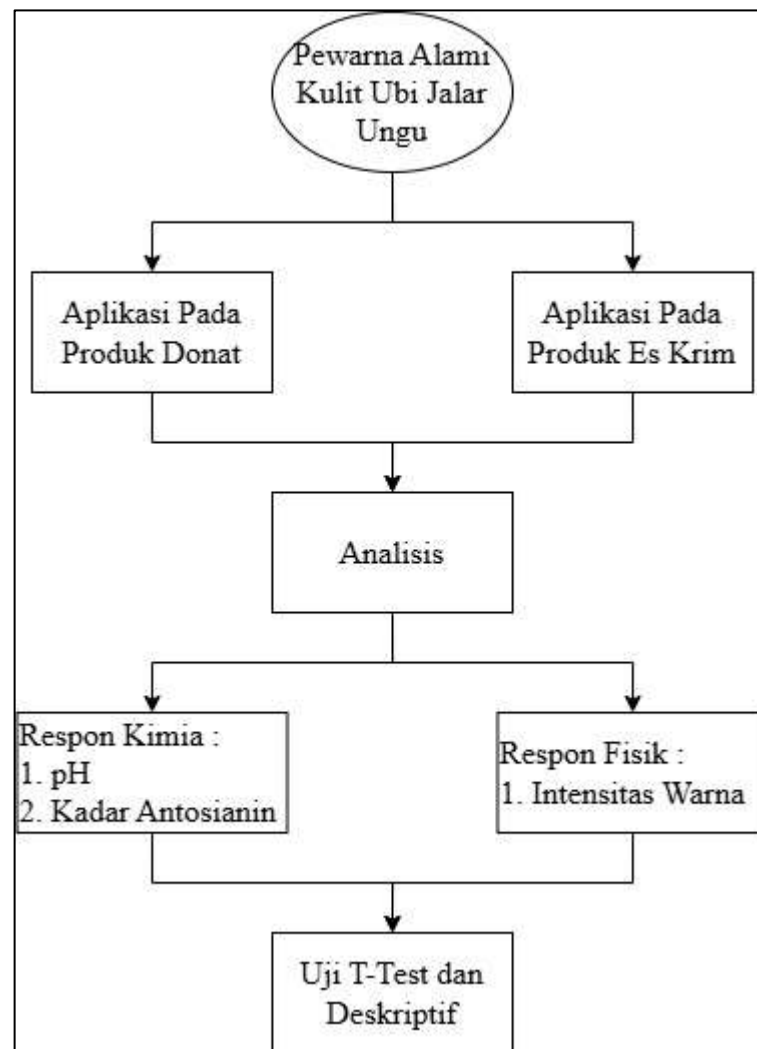
9. Pendinginan

Setelah dilakukan penggorengan kemudian di dinginkan selama 5-10 menit sampai suhu menjadi suhu kamar 25-27°C. Sehingga didapatkan produk pangan yaitu donat.

3.5.3 Diagram Alir



Gambar 4. Diagram Alir Pembuatan Pewarna Alami Ekstrak Antosianin Kulit Ubi Jalar Ungu



Gambar 5. Diagram Alir Analisis

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil-hasil analisis yang menjadi fokus utama penelitian. Uraian dimulai dengan pembahasan mengenai hasil ekstraksi antosianin sebagai pewarna alami dari simplisia kulit ubi jalar ungu, hasil analisis ekstraksi antosianin, serta hasil analisis sampel saat sebelum dan sesudah diolah, kemudian setiap sampel dibandingkan dengan larutan kontrol untuk memvalidasi perbedaan yang dihasilkan. Keseluruhan bagian ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai efektivitas dan keberhasilan penggunaan pewarna alami pada masing-masing sampel dalam penelitian ini.

4.1 Hasil dan Pembahasan Penelitian Pendahuluan

4.1.1 Ekstraksi Pewarna Alami Antosianin Kulit Ubi Jalar Ungu

Penelitian pendahuluan diawali dengan proses pembuatan pewarna alami dari kulit ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) menggunakan metode ekstraksi maserasi dengan pelarut campuran etanol 95% dan asam sitrat pada waktu maserasi 24 jam. Untuk menentukan rasio perbandingan simplisia dan pelarut yang paling efisien, dilakukan tiga variasi rasio (b/v), yaitu 1:2, 1:3, dan 1:4. Hasil penelitian pendahuluan tersebut disajikan pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Hasil Ekstraksi Kulit Ubi Jalar Ungu Berdasarkan Perbandingan Simplisia dan Etanol

Perlakuan Simplisia : Etanol 96%	Berat (gram)	Rendemen (%)
1:2	112	4,48
1:3	128	5,12
1:4	120	4,80

Berdasarkan data pada Tabel 9 di atas dan dapat dilihat data pada tabel 22 rekapitulasi hasil penelitian, nilai rendemen tertinggi diperoleh pada rasio simplisia : pelarut 1:3, yaitu sebesar 5,12% dengan berat ekstrak kental sebesar 128 gram,

sedangkan rasio 1:2 dan 1:4 menghasilkan rendemen yang lebih rendah secara berturut-turut sebesar 4,48% dan 4,80%.

Rentang nilai rendemen pada penelitian ini sejalan dengan karakteristik ekstrak ubi jalar ungu pada umumnya. Penelitian yang dilakukan oleh Base et al. (2026) melaporkan bahwa ekstraksi kulit ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L. Poir) menggunakan pelarut etanol yang diasamkan menghasilkan ekstrak kental dengan nilai rendemen sebesar 7,86%. Di sisi lain, proses maserasi ubi jalar ungu menggunakan pelarut etanol dengan rasio dan campuran yang lebih pekat dapat menghasilkan persentase rendemen ekstrak yang jauh lebih tinggi, yakni mencapai 46,98% (Dini, 2022). Persentase rendemen antara penelitian ini dengan literatur dipengaruhi oleh efektivitas rasio bahan terhadap pelarut serta metode ekstraksi, dan merepresentasikan total berat ekstrak yang berhasil ditarik.

Perbedaan nilai rendemen yang signifikan ini terjadi karena hasil maserasi yang diperoleh dalam penelitian ini masih berupa ekstrak kasar (*crude extract*), bukan senyawa isolat antosianin murni. Pelarut etanol yang digunakan memiliki sifat polar, sehingga tidak hanya menarik pigmen antosianin, tetapi juga melarutkan senyawa metabolit primer dan sekunder lainnya yang memiliki tingkat kepolaran serupa (Diniyah et al., 2020).

Senyawa-senyawa penyerta (pengotor) yang turut terekstrak dari jaringan kulit ubi jalar ungu di antaranya meliputi karbohidrat (gula larut air), asam organik, protein terlarut, serta golongan senyawa fenolik lain seperti tanin dan flavonoid non-antosianin. Akumulasi dari makromolekul larut air inilah yang menyumbang proporsi bobot terbesar pada ekstrak kental, sehingga persentase rendemen akhir melambung tinggi melebihi kadar murni antosianin itu sendiri. Temuan ini sejalan dengan penelitian Anggraini (2022) yang menegaskan bahwa tingginya rendemen ekstrak etanol sangat dipengaruhi oleh banyaknya ragam komponen polar dari bahan baku yang ikut terlarut selama proses maserasi.

Lebih lanjut, tingginya massa rendemen ini disebabkan oleh tahapan ekstraksi dalam penelitian pendahuluan ini yang hanya dibatasi hingga proses pemekatan evaporasi menggunakan *rotary evaporator*. Tahapan ini murni hanya berfungsi untuk menguapkan pelarut dan menghasilkan ekstrak pekat, tanpa adanya mekanisme pemisahan antara pigmen antosianin target dengan senyawa-senyawa pengotornya. Untuk memisahkan dan mendapatkan kadar murni antosianin, ekstrak kasar tersebut secara teoritis harus melalui serangkaian tahapan purifikasi (pemurnian) lanjutan. Tahapan purifikasi ini umumnya dimulai dengan proses fraksinasi cair-cair (partisi) menggunakan pelarut non-polar seperti *n*-heksana untuk mengikat dan membuang komponen lipid serta lilin, yang kemudian dilanjutkan dengan pelarut etil asetat untuk mengeliminasi senyawa fenolik non-antosianin.

Pemurnian tahap akhir biasanya mengaplikasikan kromatografi kolom atau *Solid Phase Extraction* (SPE) dengan menggunakan resin makropori seperti Amberlite XAD-7. Pada tahap kromatografi ini, akuades dialirkan untuk mencuci pengotor mayor seperti gula dan asam organik yang tidak terikat kuat oleh resin, lalu antosianin murni dilepaskan (dielusi) dengan pelarut alkohol terasamkan (Husna *et al.*, 2013). Karena tahapan purifikasi spesifik ini tidak dilakukan pada tahap pendahuluan, maka berat rendemen yang ditimbang merupakan gabungan kumulatif dari seluruh biomolekul kulit ubi jalar ungu yang terekstrak pelarut.

Metode maserasi dipilih sebagai teknik ekstraksi utama karena antosianin merupakan senyawa pigmen yang bersifat termolabil (sangat peka terhadap panas). Maserasi adalah metode ekstraksi dingin yang tidak melibatkan pemanasan ekstrem, sehingga risiko degradasi struktur kimia antosianin dan penurunan intensitas warna dapat diminimalisir. Menurut Winarti dkk. (2012), ekstraksi tanpa pemanasan merupakan pendekatan paling efektif untuk mempertahankan aktivitas antioksidan dan stabilitas warna pada senyawa golongan flavonoid seperti antosianin, dibandingkan dengan metode yang menggunakan suhu tinggi seperti sokletasi.

Pemilihan etanol 96% sebagai pelarut utama didasarkan pada prinsip *like dissolves like*, di mana etanol merupakan pelarut polar yang mampu menarik senyawa antosianin yang juga bersifat polar. Selain itu, etanol merupakan pelarut berderajat pangan (*food grade*) dan memiliki titik didih yang relatif rendah, sehingga memudahkan proses evaporasi atau pengentalan ekstrak tanpa merusak pigmen (Khasanah & Astuti, 2020).

Penambahan asam sitrat dalam campuran pelarut berfungsi sebagai agen pengestrak sekaligus penstabil warna. Asam sitrat membantu mendenaturasi membran sel tanaman sehingga pigmen antosianin lebih mudah berdifusi keluar dari vakuola sel menuju pelarut. Asam sitrat merupakan alternatif pengasam pelarut yang mudah diperoleh dan tidak beracun, serta mampu menjaga antosianin tetap dalam keadaan stabil selama proses ekstraksi berlangsung (Palimbong, 2020). Lebih lanjut, antosianin lebih stabil dalam larutan asam dibandingkan dalam larutan alkali karena semakin rendah nilai pH maka koefisien distribusi senyawa antosianin semakin tinggi, sehingga proses difusi dari matriks sel ke dalam pelarut berlangsung lebih efisien (Setiana dkk., 2022). Dalam suasana asam (pH rendah), antosianin akan berada dalam bentuk kation flavilium yang memberikan pendaran warna merah hingga keunguan yang stabil (Puspitasari dkk., 2015). Kombinasi etanol dan asam sitrat ini terbukti efektif dalam mencegah reaksi oksidasi selama proses ekstraksi berlangsung, sehingga warna merah yang dihasilkan tetap optimal.

Pada proses maserasi kulit ubi jalar ungu, penambahan massa kristal asam sitrat disesuaikan secara proporsional dengan volume pelarut etanol untuk mempertahankan konsentrasi agen pengasam secara konstan pada level 1% b/v (berat/volume). Hal ini ditunjukkan pada variasi penambahan asam sitrat sebesar 50 gram, 75 gram, dan 100 gram yang masing-masing dilarutkan ke dalam 5000 mL, 7500 mL, dan 10000 mL etanol. Penetapan konsentrasi 1% b/v ini didasarkan pada titik ekuilibrium keasaman, di mana konsentrasi tersebut merupakan takaran yang paling optimal untuk menurunkan dan menjaga pH pelarut pada rentang asam kuat (pH 1,0 - 3,0). Pada kondisi tersebut, pigmen antosianin tertahan dalam wujud

kation flavilium yang stabil dan terekspresi maksimal sebagai warna merah (Wrolstad dkk., 2005). Jika dibandingkan dengan penggunaan konsentrasi yang lebih tinggi, seperti 3% b/v atau 5% b/v, aplikasi konsentrasi 1% b/v dinilai jauh lebih menguntungkan baik secara kimiawi maupun sensoris. Menurut Harni dkk. (2019), peningkatan konsentrasi asam hingga melebihi 1% justru berdampak negatif karena tingkat keasaman yang berlebih dapat memicu reaksi hidrolisis ikatan glikosidik pada struktur molekul antosianin. Terputusnya ikatan ini mengubah molekul antosianin menjadi aglikon (antosianidin) yang sangat tidak stabil dan mempercepat laju pemudaran warna. Selain aspek stabilitas kimia, penggunaan konsentrasi asam sitrat pada level 3% hingga 5% akan meninggalkan residu rasa asam yang tajam pada ekstrak kental, sehingga berpotensi besar merusak profil karakteristik organoleptik ketika ekstrak tersebut diaplikasikan pada produk akhir, seperti donat dan es krim.

Peningkatan rendemen dari rasio 1:2 ke rasio 1:3 dapat dijelaskan melalui prinsip dasar maserasi, yaitu semakin besar volume pelarut yang digunakan, maka gradien konsentrasi antara simplisia dan pelarut akan semakin besar, sehingga proses difusi senyawa aktif dari sel ke dalam pelarut berlangsung lebih maksimal. Hal ini sejalan dengan penelitian Zulfina dkk. (2018) yang mengkaji ekstraksi antosianin dari buah senggani (*Melastoma polyanthum* BI.) menggunakan variasi rasio bahan dengan pelarut dan konsentrasi asam sitrat. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa rasio bahan : pelarut berpengaruh sangat nyata ($P \leq 0,01$) terhadap aktivitas antioksidan, derajat keasaman (pH), dan intensitas warna ekstrak yang secara tidak langsung mencerminkan kadar antosianin yang berhasil diekstraksi, membuktikan bahwa penetapan rasio pelarut yang tepat menjadi faktor penentu keberhasilan proses ekstraksi antosianin (Zulfina dkk., 2018).

Namun demikian, pada rasio 1:4 terjadi penurunan nilai rendemen menjadi 4,80% dibandingkan rasio 1:3. Fenomena ini menunjukkan bahwa penambahan volume pelarut yang berlebihan tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan rendemen. Kondisi tersebut dapat disebabkan oleh terjadinya pengenceran berlebih

(*over-dilution*) pada ekstrak, di mana konsentrasi senyawa aktif dalam larutan menjadi semakin rendah sementara kapasitas bahan aktif yang tersedia dalam simplisia sudah habis terlarut, sehingga bobot padatan yang dapat diuapkan saat proses evaporasi ikut berkurang. Hal ini selaras dengan penelitian Armanzah dan Hendrawati (2016) yang melakukan ekstraksi antosianin dari ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L. Poir) secara maserasi menggunakan etanol, di mana rendemen terbaik yang diperoleh sebesar 4,87% pada waktu maserasi 30 jam menunjukkan bahwa terdapat kondisi optimum proses tertentu untuk menghasilkan rendemen tertinggi, dan pelampauan kondisi tersebut tidak meningkatkan hasil secara proporsional.

Selain rasio bahan dengan pelarut, efektivitas maserasi juga sangat dipengaruhi oleh lamanya waktu kontak (durasi perendaman). Pada penelitian pendahuluan ini, dipilih waktu ekstraksi selama 24 jam karena dinilai lebih efektif dibandingkan 48 jam. Secara teoritis, dalam rentang waktu 24 jam, proses osmosis dan penetrasi pelarut ke dalam jaringan sel kulit ubi jalar ungu telah mencapai titik keseimbangan konsentrasi (ekuilibrium difusi), artinya konsentrasi senyawa antosianin di dalam sel dan pada cairan penyari di luar sel sudah berada pada takaran yang seimbang. Dalam berbagai penelitian ekstraksi antosianin dari ubi jalar ungu secara maserasi, waktu maserasi yang umum digunakan berkisar antara 12 hingga 24 jam dengan metode pengasaman pelarut menggunakan asam organik untuk meningkatkan efisiensi penarikan senyawa antosianin dari matriks sel (Setiana dkk., 2022). Hal ini diperkuat oleh penelitian Anggraini (2018) pada ubi jalar ungu yang membandingkan metode maserasi pada beberapa variasi waktu, di mana rendemen yang dihasilkan pada maserasi 24 jam sebesar 5,714%, suatu nilai yang sebanding dengan hasil rendemen pada penelitian ini, mengindikasikan bahwa waktu 24 jam merupakan durasi yang efektif untuk proses maserasi antosianin ubi jalar ungu.

Sebaliknya, proses perendaman hingga 48 jam terbukti tidak efektif karena laju difusi menjadi sangat lambat atau bahkan stagnan akibat pelarut yang sudah

berada pada fase jenuh. Menurut Suzery dkk. (2010) dan divalidasi oleh Anggraini (2018), perpanjangan waktu maserasi hingga 48 jam justru memberikan dampak negatif berupa risiko degradasi warna dan senyawa antosianin akibat paparan oksigen, interaksi cahaya, serta potensi reaksi enzimatik berlarut yang akan menurunkan stabilitas warna merah pada ekstrak yang dihasilkan. Perbandingan efektivitas waktu ekstraksi disajikan pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Perbandingan Pengaruh Waktu Maserasi terhadap Karakteristik dan Kualitas Ekstrak Antosianin

Parameter	Waktu Maserasi 24 Jam	Waktu Maserasi 48 Jam
Kondisi Difusi Senyawa Antosianin	Tercapai secara optimal dan maksimal	Pelarut berada pada fase jenuh dan difusi terhenti
Kadar Total Antosianin dan Intensitas Warna	Pekat, optimal dan karakteristik warna merah tajam	Intensitas warna menurun
Degradasi Senyawa Antosianin	Sangat Rendah	Tinggi
Waktu Operasional	Efektif	Kurang Efektif

Berdasarkan seluruh hasil dan pembahasan di atas, ditetapkan kondisi terbaik penelitian pendahuluan ini adalah ekstraksi menggunakan rasio simplisia : pelarut 1:3 dengan waktu maserasi 24 jam. Pada kondisi ini diperoleh ekstrak kental antosianin sebesar 128 gram dari 2.500 gram simplisia kulit ubi jalar ungu dengan nilai rendemen (*yield*) sebesar 5,12%. Rendemen ini sejalan dengan penelitian Ginting dkk. (2011) yang menyatakan bahwa karakteristik bahan dan jenis pelarut sangat menentukan efisiensi ekstraksi senyawa bioaktif. Ekstrak kental inilah yang kemudian digunakan sebagai sumber pewarna alami utama dalam penelitian utama, mengingat senyawa antosianin di dalamnya perlu dipertahankan stabilitasnya sebelum diaplikasikan lebih lanjut ke dalam karakteristik produk pangan yang lebih kompleks.

4.1.2 Analisis Pewarna Alami Ekstrak Antosianin Kulit Ubi Jalar Ungu

4.1.2.1 Hasil Analisis pH

Tabel 11. Hasil Uji Nilai pH Pewarna Alami Ekstrak Antosianin Kulit Ubi Jalar Ungu

Sampel	Nilai Rata-rata pH
Pewarna Alami Esktrak Antosianin Kulit Ubi Jalar Ungu	4,50

Berdasarkan hasil analisis pada tabel 11, menggunakan metode pH meter diperoleh rata-rata nilai pH ekstrak pewarna alami sebesar 4,50. Nilai ini menunjukkan bahwa ekstrak berada pada rentang asam lemah yang umum dihasilkan dari proses ekstraksi menggunakan pelarut bersuasana asam (seperti asam sitrat). Menurut Wahyuningsih dkk. (2017), tingkat keasaman sangat krusial dalam mempertahankan stabilitas struktur pigmen pada rentang pH di bawah 5, molekul antosianin masih mampu mempertahankan dominasi struktur kation flavilium yang mendasari terbentuknya penampakan warna merah. Meskipun pada titik pH 4,50 secara teoretis mulai terjadi pergeseran kesetimbangan parsial menuju basa karbinol, kondisi keasaman ini terbukti masih sangat optimal untuk menopang stabilitas pigmen sehingga ekstrak tetap menghasilkan tampilan visual warna merah yang sangat baik dan cerah.

4.1.2.2 Hasil Analisis Kadar Antosianin

Tabel 12. Hasil Uji Nilai Kadar Antosiain Pewarna Alami Ekstrak Antosianin Kulit Ubi Jalar Ungu

Sampel	Nilai Rata-rata Kadar Antosianin (mg/L)
Pewarna Alami Esktrak Antosianin Kulit Ubi Jalar Ungu	26,10

Analisis kadar antosianin dilakukan menggunakan metode spektrofotometri diferensial pH. Metode ini secara spesifik mengukur antosianin monomerik berdasarkan perbedaan absorbansi pada dua tingkat keasaman, yaitu pH 1,0 (fase

kation flavilium) dan pH 4,5 (fase hemiketal/karbinol). Preparasi sampel dilakukan secara teliti dengan melarutkan 1 gram sampel ekstrak pewarna alami ke dalam labu ukur bervolume 10 mL, yang kemudian dilanjutkan dengan proses pengenceran sebanyak 10 kali (faktor pengenceran 10x). Berdasarkan hasil analisis pada tabel 12, diperoleh rata-rata kadar antosianin ekstrak sebesar 26,10 mg/L. Tingkat kandungan senyawa bioaktif yang tinggi ini menjadi faktor utama yang mendasari mengapa pewarna alami yang dihasilkan memiliki visual warna merah yang sangat baik dan pekat. Hal ini sejalan dengan penelitian Husna dkk. (2013), yang mengemukakan bahwa akumulasi konsentrasi antosianin yang padat pada suatu ekstrak akan memberikan perlindungan ekstra terhadap pigmen secara keseluruhan, sehingga mampu mengekspresikan intensitas warna merah yang kuat secara visual meskipun terjadi sedikit dinamika pada pH lingkungannya.

4.1.2.3 Hasil Analisis Intensitas Warna

Tabel 13. Hasil Uji Nilai Colorimetri Pewarna Alami Ekstrak Antosianin Kulit Ubi Jalar Ungu

Sampel	Nilai Rata-rata Intensitas Warna		
	L*	a*	b*
Pewarna Alami Ekstrak Antosianin Kulit Ubi Jalar Ungu	33,13	1,45	13,30

Berdasarkan hasil analisis pada tabel 13, pengukuran menggunakan *colorimeter* menghasilkan rata-rata nilai L* (kecerahan) sebesar 33,13, nilai a* (kemerahan/kehijauan) sebesar 1,45, dan nilai b* (kekuningan/kebiruan) sebesar 13,30. Nilai L* yang rendah (berada jauh di bawah angka 50) mengindikasikan bahwa ekstrak memiliki karakter warna yang sangat pekat atau cenderung gelap akibat konsentrasi pigmen yang padat. Sementara itu, nilai a* bernilai positif yang menandakan adanya rona kemerahan pada sampel. Meskipun secara instrumen pembacaan kuantitatif nilai a* terukur tidak terlalu tinggi, secara kasat mata pewarna alami ini tetap memunculkan visual warna merah pekat yang sangat baik. Puspitasari dan Nisa (2015) dalam studinya menjelaskan bahwa fenomena ini

sangat lazim dijumpai pada ekstrak antosianin murni yang pekat, nilai kecerahan (L^*) yang sangat rendah akibat tingginya konsentrasi molekul pigmen seringkali menyebabkan pembacaan nilai a^* (kemerahan) pada sensor kolorimeter menjadi terbatas karena minimnya pantulan cahaya (*absorbansi* cahaya sangat tinggi). Interaksi antara L^* yang gelap, a^* positif, dan b^* positif (rona kekuningan dari ekstrak alami) inilah yang secara visual terakumulasi menjadi warna merah pekat yang stabil dan bisa diaplikasikan pada jenis pangan.

4.2 Hasil dan Pembahasan Penelitian Utama

Aplikasi pewarna alami ekstrak antosianin kulit ubi jalar ungu dilakukan pada dua jenis pangan dengan karakteristik pengolahan yang berbeda, yakni donat (produk *bakery* dengan pemanasan suhu tinggi) dan es krim (produk *dairy* dengan pembekuan). Pada pembuatan donat, digunakan berat basis adonan sebesar 550 gram, di mana di dalamnya telah disubstitusi dengan 50 gram ekstrak pewarna alami (konsentrasi penambahan sekitar 9,09%). Sementara itu, pada formulasi es krim, digunakan sebesar 375 gram yang mencakup 50 gram ekstrak pewarna (konsentrasi penambahan sekitar 13,33%).

Untuk mengukur tingkat degradasi warna secara presisi dari fase adonan (*dough/mix*) menuju fase produk akhir, dibuat larutan Larutan Kontrol secara terpisah untuk donat dan es krim. Larutan Kontrol diformulasikan menggunakan pelarut akuades dengan total massa (jumlah *w basis*) yang disamakan secara persis dengan basis masing-masing produk (550 gram untuk donat dan 375 gram untuk es krim), kemudian dicampurkan dengan 50 gram ekstrak pewarna alami. Penggunaan akuades sebagai substitusi karakteristik bahan bertujuan untuk mengeliminasi faktor interferensi visual (*matrix effect*) yang ditimbulkan oleh zat gizi lain seperti tepung, gula, atau lemak susu. Hal ini sejalan dengan prinsip yang dikemukakan oleh Husna dkk. (2013), di mana pengukuran *baseline* awal intensitas antosianin pada media netral mutlak diperlukan. Larutan Kontrol ini berfungsi sebagai nilai kontrol 100% (warna murni), sehingga pergeseran parameter intensitas warna yang diakibatkan

oleh interaksi matriks pada adonan maupun kerusakan termal pada produk akhir dapat dikuantifikasi dan dibandingkan secara analitik.

4.2.1 Pembahasan Perubahan pH Terhadap Zat Warna Antosianin

1. Hasil Penelitian Penambahan Zat Warna Antosianin Terhadap Perubahan pH

Tabel 14. Hasil Uji Nilai pH Sampel

Sampel	Nilai Rata-rata $\pm$ Standar Deviasi pH
Adonan Donat	$5,80 \pm 0,11$
Produk Donat	$6,06 \pm 0,05$
Adonan Es Krim	$5,48 \pm 0,08$
Produk Es Krim	$6,10 \pm 0,02$
Larutan Kontrol Donat	$4,61 \pm 0,01$
Larutan Kontrol Es Krim	$4,62 \pm 0,02$

Berdasarkan data hasil analisis pada tabel 14, terdapat perbedaan nilai antara adonan, produk akhir, dan Larutan Kontrol baik pada produk donat maupun es krim. Rata-rata nilai pH pada adonan donat sebesar $5,80 \pm 0,11$ mengalami peningkatan menjadi $6,06 \pm 0,05$ pada produk akhir donat. Hasil serupa terjadi pada es krim, di mana adonan es krim memiliki pH $5,48 \pm 0,08$ yang kemudian meningkat menjadi $6,10 \pm 0,02$ setelah menjadi produk akhir. Di sisi lain, larutan kontrol untuk kedua produk menunjukkan nilai pH yang jauh lebih asam, yaitu $4,61 \pm 0,01$ untuk pewarna donat dan $4,62 \pm 0,02$ untuk pewarna es krim. Peningkatan pH dari fase adonan menuju produk akhir ini menjadi indikator penting dalam mengevaluasi stabilitas warna merah dari antosianin ekstrak kulit ubi jalar ungu. Kestabilan struktur antosianin sangat bergantung pada pH lingkungan, di mana warna merah pekat dan stabilitas optimum umumnya tercapai pada kondisi sangat asam dengan rentang pH 1 hingga 4, sedangkan pada pH 5 hingga 7 warna merah mulai memudar (Pratiwi & Priyani, 2019).

Peningkatan pH pada produk donat sangat dipengaruhi oleh kaitan komposisi bahan baku serta penambahan bahan tambahan pangan dalam formulasinya. Penggunaan bahan pengembang (*leavening agents*) seperti ragi (*Saccharomyces*

cerevisiae) atau *baking powder* berperan besar dalam menciptakan keseimbangan asam basa adonan (Hardoko et al., 2010). Mekanisme pergeseran pH terjadi karena interaksi kimia antara komponen tepung terigu yang memiliki sifat *buffering* (penyangga) rendah dengan zat-zat kimia dalam bahan pengembang yang cenderung bersifat alkalis atau menetralkan asam organik hasil fermentasi. Selain itu, komposisi pendukung seperti gula dan margarin dalam karakteristik padat donat turut mendispersikan konsentrasi antosianin (Estiasih & Ahmadi, 2009). Hal ini menyebabkan keasaman alami dari ekstrak kulit ubi jalar ungu menjadi terencerkan dalam volume adonan yang besar, menyebabkan pH awal adonan sudah berada di atas rentang stabilitas optimum antosianin.

Selain faktor komposisi, proses pengolahan termal pada donat memberikan dampak signifikan terhadap kenaikan pH produk akhir. Selama sistem pengolahan penggorengan (*deep frying*) pada suhu tinggi, terjadi mekanisme penguapan asam-asam organik volatil yang sebelumnya terbentuk selama proses fermentasi adonan. Hilangnya komponen asam melalui penguapan ini secara otomatis menggeser keseimbangan kimia adonan ke arah yang lebih basa (meningkat ke arah pH 6) (Hardoko et al., 2010). Peningkatan pH yang disertai suhu panas ekstrem ini memicu degradasi termal pada molekul antosianin ubi jalar ungu, di mana struktur kation flavilium yang berwarna merah mengalami transformasi menjadi basa karbinol yang tidak stabil dan pucat (Fathinatullabibah et al., 2014). Hal ini menjelaskan mengapa warna merah pada produk donat matang tampak memudar dan berbeda secara visual dibandingkan Larutan Kontrolnya yang diformulasikan pada pH asam yang stabil.

Pada produk es krim, kenaikan pH yang signifikan sangat erat kaitannya dengan komposisi karakteristik penyusunnya yang didominasi oleh susu murni dan *whipping cream*. Protein susu, terutama kasein, memiliki mekanisme kapasitas *buffering* yang sangat kuat pada kisaran pH 6,3 hingga 6,8 (Amalia dkk., 2020). Ketika ekstrak antosianin ubi jalar ungu yang bersifat asam dicampurkan ke dalam adonan es krim, protein susu tersebut secara kimiawi menetralkan keasaman ekstrak

dan menarik pH adonan ke arah pH alami susu. Interaksi fisikokimia antara globula lemak krim dengan molekul antosianin yang hidrofilik juga menyebabkan antosianin terjebak dalam fase kontinu emulsi, di mana pada kondisi pH di atas 6 ini struktur antosianin bertransformasi menjadi bentuk quinoidal yang berwarna ungu kebiruan atau kelabu (Mahmudatussa'adah dkk., 2014), sehingga warna merah cerah menjadi sulit dipertahankan.

Sistem pengolahan es krim yang melibatkan tahap pasteurisasi dan homogenisasi juga berpengaruh terhadap stabilitas pH dan karakteristik warnanya. Proses pemanasan selama pasteurisasi dapat mempercepat interaksi antara laktosa dan protein susu, yang meskipun tidak seekstrem penggorengan, tetap mampu memicu degradasi sebagian pigmen antosianin yang sensitif terhadap panas (Suzery et al., 2010). Tahap agitasi menggunakan *ice cream maker* menyebabkan pengikatan udara (*overrun*) ke dalam karakteristik emulsi, yang secara fisik memperluas permukaan kontak antara pigmen antosianin dengan lingkungan luar (Padaga dan Sawitri, 2005). Karakteristik emulsi yang stabil pada pH tinggi (mendekati 6,10) menyebabkan degradasi antosianin monomerik secara perlahan, sehingga intensitas warna merah dari ubi jalar ungu pada es krim matang menjadi tidak sepekat Larutan Kontrolnya yang memang dikondisikan pada pH 4,62 (Pratiwi & Priyani, 2019).

Perubahan nilai pH lingkungan ini memberikan dampak langsung terhadap stabilitas dan kadar total antosianin dalam produk melalui mekanisme transformasi struktural (Priska dkk., 2018). Antosianin memiliki struktur kimia yang sangat peka terhadap pH karena sifatnya yang dapat bertukar proton secara reversibel (Lestario dkk., 2014). Pada kondisi sangat asam (pH 1-3), antosianin berada dalam bentuk kation flavilium yang stabil dan memberikan warna merah pekat. Namun, saat pH meningkat menuju rentang 5-6, seperti yang terjadi pada donat dan es krim, terjadi reaksi hidrasi di mana kation flavilium berubah menjadi basa karbinol (*carbinol pseudobase*) yang tidak berwarna, yang kemudian mengalami pembukaan cincin menjadi kalkon yang berwarna kuning pucat atau tidak berwarna sama sekali

(Priska dkk., 2018). Transformasi struktur dari bentuk berwarna menjadi bentuk tidak berwarna ini menyebabkan penurunan kadar antosianin monomerik yang dapat diukur secara spektrofotometri, sehingga intensitas warna merah alami dari ubi jalar ungu akan memudar secara drastis seiring dengan kenaikan pH produk (Mahmudatussa'adah dkk., 2014).

Hasil penelitian menunjukkan peningkatan pH pada produk akhir ini memiliki kesesuaian dengan beberapa penelitian terdahulu. Kenaikan pH pada produk berbasis tepung terigu seperti donat sejalan dengan penelitian Hardoko et al. (2010), yang menyatakan bahwa interaksi antara bahan baku nabati dengan bahan pengembang selama pengolahan cenderung meningkatkan pH produk matang. Pada es krim, pergeseran pH menuju rentang 6,10 didukung oleh hasil penelitian Amalia et al. (2020) yang membuktikan bahwa kapasitas *buffering* kasein dalam susu secara otomatis menarik pH adonan ke arah netral. Selain itu, signifikansi perbedaan antara pewarna alami ubi jalar ungu dengan larutan kontrol selaras dengan pada penelitian Alicia (2024), yang menegaskan bahwa pigmen alami sulit mempertahankan pH asam standarnya saat berhadapan dengan kompleksitas karakteristik pangan.

2. Hasil Perbandingan Analisis Statistik *Independent T-test* pH

Tabel 15. Hasil Uji *Independent T-test* Nilai pH

Perbandingan Sampel	Nilai <i>t</i> -hitung	Nilai <i>t</i> -tabel	Keterangan
Adonan Donat vs Larutan Kontrol Donat	18,65*	2,776	Signifikan
Produk Donat vs Larutan Kontrol Donat	53,51*	2,776	Signifikan
Adonan Es Krim vs Larutan Kontrol Es Krim	19,11*	2,776	Signifikan
Produk Es Krim vs Larutan Kontrol Es Krim	104,96*	2,776	Signifikan

Keterangan: Berbeda nyata secara signifikan ($t\text{-hitung} > t\text{-tabel}$)

Berdasarkan hasil analisis statistik pada tabel 15 menggunakan uji *Independent T-test* dengan derajat bebas (df) = 4 dan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$), diperoleh batas kritis nilai *t*-tabel sebesar 2,776. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh perbandingan sampel pada fase adonan maupun produk akhir memiliki nilai *t*-hitung yang jauh melebihi *t*-tabel. Secara rinci, nilai *t*-hitung untuk perbandingan adonan donat (18,65), produk donat (53,51), adonan es krim (19,11), dan produk es krim (104,96) secara konsisten menunjukkan angka di atas 2,776. Oleh karena $t\text{-hitung} > t\text{-tabel}$ pada semua parameter pengujian, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hal ini membuktikan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan, di mana terjadi kenaikan nilai pH yang nyata pada karakteristik adonan dan produk akhir (donat maupun es krim) jika dibandingkan dengan nilai pH larutan kontrolnya. Kenaikan nilai pH ini menjadi indikator penting yang sangat memengaruhi stabilitas warna dari ekstrak antosianin kulit ubi jalar ungu.

Signifikansi perbedaan ini memberikan gambaran sekaligus mevalidasi mengenai pengaruh kuat karakteristik pangan terhadap kondisi kimiawi antosianin dibandingkan dengan larutan kontrolnya. Larutan kontrol dalam penelitian ini

merupakan ekstrak antosianin kulit ubi jalar ungu yang dilarutkan dalam akuades, sehingga mencerminkan sifat asli pigmen yang cenderung bersifat asam ($\text{pH} \pm 4,6$) tanpa adanya gangguan dari komponen bahan tambahan pangan (Priska et al., 2018). Penolakan H_0 pada fase adonan menunjukkan bahwa sesaat setelah ekstrak dicampurkan ke dalam bahan baku donat maupun es krim, terjadi interaksi kimia yang langsung mengubah derajat keasaman pigmen tersebut. Hal ini membuktikan bahwa komponen makro seperti protein dan mineral dalam bahan baku memiliki kemampuan untuk mengubah lingkungan pH antosianin dari kondisi idealnya di dalam air.

Peningkatan nilai t -hitung yang tajam dari fase adonan menuju produk akhir merepresentasikan adanya fenomena pelebaran kesenjangan (*gap widening*) profil pH sampel terhadap larutan kontrolnya. Pada produk donat, nilai t -hitung meningkat dari 18,65 menjadi 53,51, sementara pada es krim lonjakan terjadi secara drastis dari 19,11 menjadi 104,96. Lonjakan nilai statistik ini menandakan bahwa stres selama sistem pengolahan pangan, baik berupa pemanasan suhu tinggi pada donat maupun proses pembekuan pada es krim, semakin menjauhkan karakteristik pH sampel alami dari nilai idealnya (Hardoko et al., 2010). Kondisi tersebut membuktikan bahwa tahapan pengolahan merupakan variabel pengganggu utama yang memperparah degradasi profil pH pewarna alami, sedangkan larutan kontrol cenderung stabil.

Kesenjangan pH yang sangat tinggi pada produk es krim dipicu oleh komposisi susu dan krim yang bertindak sebagai sistem penyangga (*buffer*). Protein susu (kasein) secara alami menarik pH adonan mendekati netral, jauh dari nilai pH Larutan Kontrol yang dilarutkan dalam akuades (Amalia et al., 2020). Sedangkan pada donat, penggunaan bahan tambahan pangan seperti pengembang adonan serta proses penguapan asam volatil saat penggorengan menyebabkan pH produk akhir bergeser ke arah basa (Husna et al., 2013). Perbedaan yang signifikan secara statistik ini memberikan implikasi bahwa untuk mempertahankan warna merah yang sesuai dengan standar aslinya, industri pangan perlu melakukan intervensi

seperti penambahan zat pengasam (*acidulant*) atau teknik enkapsulasi untuk melindungi pigmen dari pengaruh karakteristik pangan yang bersifat menetralkan asam.

Penolakan H_0 pada parameter pH ini secara valid didukung oleh berbagai penelitian serupa sebelumnya. Perbedaan signifikan pada produk es krim selaras dengan penelitian Khasanah dan Astuti (2020) yang menemukan tajamnya perbedaan pH akibat kapasitas penyangga (*buffering*) kasein susu yang menarik pH adonan ke arah netral. Hal ini memperkuat teori bahwa karakteristik antosianin sebagai pewarna alami sangat dependen terhadap lingkungannya, sehingga profil pH-nya akan selalu menunjukkan perbedaan yang nyata saat berhadapan dengan kompleksitas bahan penyusun donat dan es krim (Lestario et al., 2014).

4.3.2 Pembahasan Perubahan Kadar Antosianin Terhadap Zat Warna Antosianin

1. Hasil Penelitian Penambahan Zat Warna Antosianin Terhadap Perubahan Kadar Antosianin

Tabel 16. Hasil Uji Nilai Kadar Antosianin Sampel

Sampel	Nilai Rata-rata $\pm$ Standar Deviasi Kadar Antosianin (mg/L)
Adonan Donat	$5,95 \pm 0,20$
Produk Donat	$0,95 \pm 0,25$
Adonan Es Krim	$10,63 \pm 0,26$
Produk Es Krim	$9,24 \pm 0,26$
Larutan Kontrol Donat	$22,76 \pm 0,42$
Larutan Kontrol Es Krim	$15,69 \pm 0,17$

Berdasarkan data hasil analisis pada tabel 16, terdapat penurunan kadar antosianin yang sangat nyata dari fase adonan menjadi produk akhir, baik pada sampel donat maupun es krim. Rata-rata kadar antosianin pada adonan donat yang semula sebesar $5,95 \pm 0,20$ mg/g mengalami penurunan secara drastis hingga tersisa

$0,95 \pm 0,25$ mg/L pada produk akhir donat. Sementara itu, pada produk es krim, adonan yang awalnya memiliki kadar antosianin sebesar $10,63 \pm 0,26$ mg/L mengalami penurunan yang relatif lebih moderat menjadi $9,24 \pm 0,26$ mg/L setelah dibekukan menjadi produk akhir. Jika dibandingkan dengan larutan kontrol, kadar antosianin dari ekstrak ubi jalar ungu jauh lebih rendah, di mana larutan kontrol donat memiliki retensi pigmen di angka $22,76 \pm 0,42$ mg/L dan larutan kontrol es krim sebesar $15,69 \pm 0,17$ mg/L. Terjadinya penurunan kadar antosianin dari fase adonan menuju produk akhir ini membuktikan bahwa pigmen alami antosianin sangat sensitif dan rentan mengalami kerusakan struktural selama proses pengolahan berlangsung, yang secara langsung berdampak pada memudarnya intensitas warna merah pada produk akhir.

Pada produk donat, penurunan kadar antosianin dipengaruhi secara terperinci oleh komposisi bahan penyusun adonan yang kompleks (Husna et al., 2013). Interaksi antara antosianin dengan komponen karbohidrat dari tepung terigu serta protein dari telur dan susu bubuk menyebabkan terjadinya enkapsulasi alami yang tidak sempurna, di mana molekul antosianin terpapar langsung pada lingkungan karakteristik yang tidak asam (Estiasih & Ahmadi, 2009). Penambahan bahan tambahan pangan berupa ragi memicu aktivitas enzimatis selama fermentasi, yang berpotensi menyebabkan hidrolisis pada ikatan glikosidik antosianin, mengubahnya menjadi bentuk aglikon yang jauh lebih tidak stabil (Sari et al., 2019). Selain itu, keberadaan gula pasir dalam jumlah tinggi dapat mempercepat laju degradasi melalui pembentukan senyawa produk degradasi gula yang bersifat oksidatif terhadap pigmen antosianin.

Penambahan ekstrak antosianin sebagai pewarna alami pada adonan donat yang menggunakan tepung terigu berprotein tinggi memicu serangkaian interaksi fisikokimia yang kompleks. Matriks tepung terigu ini tersusun atas komponen makro dan mikro yaitu protein, karbohidrat, mineral, dan vitamin yang secara langsung memengaruhi stabilitas kation flavilium penyusun struktur antosianin. Berdasarkan kandungan proteinnya, khususnya fraksi glutenin dan gliadin,

pembentukan jaringan viskoelastis gluten selama proses pengulenan memungkinkan terjadinya peristiwa kopigmentasi. Interaksi berupa ikatan hidrogen non-kovalen antara residu asam amino dan gugus hidroksil antosianin ini secara teoritis mampu memberikan sedikit perlindungan fisik pada pigmen. Akan tetapi, perlindungan ini menjadi tidak signifikan pada tahap penggorengan (*deep-frying*). Asam amino pada protein terigu akan bereaksi secara masif dengan gula pereduksi melalui Reaksi Maillard. Pembentukan senyawa melanoidin yang berwarna coklat pekat dari reaksi ini menimbulkan efek penutupan (*masking effect*) terhadap warna asli antosianin pada kerak donat. Fenomena ini sejalan dengan temuan Wijaya, Hintono, dan Pramono (2022), yang menyimpulkan bahwa paparan suhu tinggi menyebabkan intensitas warna antosianin menurun secara drastis karena tertutup sepenuhnya oleh hasil Reaksi Maillard.

Lebih lanjut, komponen karbohidrat (amilosa dan amilopektin) yang menyusun sekitar 70-75% bagian dari tepung terigu turut memberikan pengaruh ganda terhadap pigmen antosianin. Selama pemanasan, granula pati mengalami gelatinisasi, menyerap air, dan mengembang. Proses ini memungkinkan molekul antosianin terperangkap melalui mekanisme enkapsulasi fisik di dalam rongga jaringan pati, yang sedikit meningkatkan ketahanannya terhadap degradasi termal. Namun, di sisi lain, volume matriks karbohidrat yang masif dan berwarna dasar putih pudar memicu efek dilusi (pengenceran). Hal ini menyebabkan penyebaran pigmen menjadi tidak pekat, sehingga secara visual warna donat tampak jauh lebih pucat dibandingkan warna ekstrak murninya. Tantangan aplikasi pigmen pada matriks tinggi karbohidrat dan gluten ini didukung oleh penelitian Putri (2017) pada pembuatan roti tawar beras hitam, yang menyoroti bahwa stabilitas antosianin sangat sulit dipertahankan dalam adonan ber gluten karena kerentanannya terdegradasi menjadi senyawa kalkon tak berwarna selama pemanasan berlangsung.

Selain komponen makromolekul, interaksi antosianin dengan mikronutrien seperti mineral dan vitamin dalam tepung terigu justru mempercepat laju pemudaran warna. Tepung terigu mengandung mineral bawaan serta mineral

fortifikasi (seperti Fe^{3+} dan Cu^{2+}). Antosianin memiliki sifat sebagai agen pengkhelat logam (*metal chelator*) yang reaktif. Interaksi kation logam dengan antosianin memicu terjadinya pergeseran panjang gelombang atau pergeseran batokromik, yang merusak kecerahan warna merah-ungu menjadi biru pudar atau kelabu kusam. Reaksi ini sangat sensitif terhadap perubahan pH matriks adonan, sebagaimana divalidasi oleh Yunita (2025), di mana lingkungan yang mengarah ke netral atau basa akan membuat antosianin merespons mineral secara drastis. Di saat yang bersamaan, kandungan vitamin, khususnya asam askorbat (Vitamin C) yang kerap ditambahkan sebagai *dough conditioner*, memiliki efek antagonis terhadap antosianin. Oksidasi asam askorbat melepaskan senyawa hidrogen peroksida yang akan membelah struktur cincin dasar antosianin melalui mekanisme degradasi ko-oksidasi. Menurut Cavalcanti dkk. (2011), pembelahan struktur ini menghasilkan asam fenolat dan aldehida yang tidak berwarna, memicu peristiwa *bleaching* pada pigmen bahkan sebelum adonan masuk ke tahap penggorengan.

Penambahan bahan tambahan seperti susu, telur, gula, dan margarin dalam formulasi donat secara signifikan memodifikasi lingkungan fisikokimia adonan, yang pada akhirnya mendegradasi karakteristik warna merah dari ekstrak antosianin kulit ubi jalar ungu. Susu, yang kaya akan protein (kasein dan *whey*) serta kalsium, dapat memicu terjadinya interaksi kopigmentasi parsial yang menjebak molekul pigmen. Akan tetapi, pH susu yang berada pada rentang netral (6,5–6,7) berkontribusi menaikkan pH keseluruhan adonan. Hal ini berakibat fatal bagi antosianin kulit ubi jalar ungu yang hanya menampilkan visual warna merah cerah (kation flavilium) secara stabil pada kondisi asam ($\text{pH} < 3$). Peningkatan pH ini memicu pergeseran batokromik, mengubah struktur pigmen menjadi basa kuinonoidal yang mengubah warna merah menjadi keunguan atau biru memudar. Kondisi alkalis ini semakin diperparah oleh penambahan telur, di mana putih telur memiliki pH basa (7,6–9,0). Tingginya pH dari telur memaksa deprotonasi molekul antosianin terjadi secara drastis, sehingga warna merah hilang dan cenderung berubah menjadi kelabu atau biru kusam. Di samping itu, selama proses pemanasan

(penggorengan), asam amino kaya sulfur pada telur dapat terdegradasi dan bereaksi langsung memecah cincin kromofor antosianin, memicu hilangnya warna asli pigmen.

Lebih lanjut, keberadaan gula (sukrosa) dan margarin memberikan efek perlindungan fisik di awal, namun beralih menjadi agen destruktif selama proses termal. Pada tahap pencampuran, sukrosa berfungsi menurunkan aktivitas air, yang secara teori menahan mobilitas molekul air pengganggu struktur pigmen. Namun, saat donat digoreng, molekul gula akan terdegradasi termal membentuk senyawa intermediet berupa hidroksimetilfurfural (HMF). Senyawa HMF ini akan berkondensasi dengan kation flavilium antosianin, memicu polimerisasi yang mempercepat hilangnya warna merah menjadi cokelat gelap (*browning*). Sementara itu, margarin yang terdiri dari lemak, air, dan pengemulsi awalnya memberikan lapisan enkapsulasi fisik (pelindung) pada ekstrak antosianin. Masalah timbul pada tahap penggorengan bersuhu tinggi, di mana asam lemak pada margarin mengalami reaksi oksidasi lipid sekunder. Reaksi ini menghasilkan senyawa radikal bebas dan hidroperoksida yang sangat reaktif. Senyawa radikal ini akan menyerang dan membelah struktur cincin B pada molekul antosianin ubi jalar ungu, menyebabkan peristiwa *bleaching* (pemudaran warna) secara permanen. Rentetan degradasi kimia akibat formulasi ini mulai dari pergeseran pH alkalis hingga oksidasi lipid sejalan dengan temuan Wahyuningsih dkk. (2017) dan penelitian lain terkait aplikasi pigmen antosianin ubi jalar ungu. Studi-studi tersebut mengonfirmasi bahwa produk bersuhu pemanasan tinggi dengan rentang pH matriks adonan yang netral-basa (seperti *bakery* dan donat) memiliki tingkat retensi warna merah yang sangat rendah. Karakteristik degradasi termal dan perubahan pH inilah yang menjadi dasar mengapa intensitas warna merah ekstrak ubi jalar ungu umumnya akan jauh lebih cerah, persisten, dan stabil ketika diaplikasikan pada matriks non-termal seperti es krim.

Mekanisme utama kerusakan antosianin pada donat terjadi selama proses pengolahan penggorengan menggunakan suhu tinggi antara 160-170°C. Suhu

termal yang ekstrem ini memicu pemutusan ikatan glikosidik pada posisi 3, yang secara drastis menghancurkan struktur kation flavilium yang berwarna merah cerah (Markakis, 1982). Akibat pemaparan panas ini, struktur antosianin mengalami transformasi menjadi basa karbinol dan kemudian terbuka menjadi gugus kalkon yang tidak berwarna, atau bahkan alfa-diketon yang berwarna coklat (Priska et al., 2018). Selain degradasi pigmen, suhu tinggi juga memacu reaksi *Maillard* antara gula pereduksi dan asam amino, menghasilkan polimer melanoidin coklat yang secara visual menutupi sisa-sisa pigmen merah yang masih ada, sehingga kadar antosianin yang terukur menurun sangat tajam (Samber et al., 2013).

Pada produk es krim, penurunan kadar antosianin dikaitkan dengan komposisi karakteristik emulsi yang kaya akan lemak dan protein dari susu murni serta *whipping cream*. Susu UHT berkontribusi menyumbang protein (kasein dan *whey*), mineral kalsium, dan laktosa ke dalam adonan. Secara kimiawi, susu memiliki rentang pH netral (6,5–6,7) yang mendominasi dan menaikkan pH keseluruhan matriks adonan. Kondisi lingkungan yang tidak lagi asam ini memaksa struktur kation flavilium yang sejatinya memberikan warna merah cerah pada antosianin mengalami deprotonasi menjadi bentuk basa kuinonoidal. Akibatnya, terjadi pergeseran batokromik di mana pendar warna merah bergeser memudar menjadi ungu kebiruan. Selain itu, ion kalsium (Ca^{2+}) pada susu memicu reaksi pengkhelatan logam yang turut memodifikasi spektrum serapan cahaya pigmen. Meskipun terjadi pergeseran warna, fraksi protein pada susu secara simultan mampu membentuk ikatan hidrogen dengan gugus hidroksil antosianin melalui mekanisme kopigmentasi. Interaksi struktural ini memberikan efek pelindung secara sterik, sehingga integritas senyawa antosianin tidak mudah rusak atau terdegradasi selama tahapan proses berlangsung (Sari & Fitriani, 2019).

Di sisi lain, penambahan *whip cream* yang memiliki kandungan lemak susu tinggi (30-40%) bertindak sebagai medium pembentuk emulsi sekaligus agen pemerangkap udara selama proses pengadukan (*churning*) dan pembekuan. Secara mekanis, globula lemak pada *whip cream* membentuk jaringan emulsi padat yang

menyelubungi (mengkapsulasi) senyawa antosianin. Matriks lemak pelindung ini, yang dikombinasikan dengan pengolahan bersuhu sangat rendah (pembekuan), secara drastis menurunkan mobilitas molekul air dan mencegah terjadinya pemecahan cincin kromofor secara termal berbeda jauh dengan kerusakan oksidatif parah yang dialami antosianin saat dipanaskan pada pengolahan donat. Akan tetapi, walaupun stabilitas kimiawinya terjaga, keberadaan *whip cream* memicu fenomena dilusi (pengenceran) warna secara optik. Udara yang terperangkap (pembentukan *overrun*) serta distribusi globula lemak yang masif menyebabkan terjadinya penghamburan cahaya (*light scattering*). Mekanisme optik ini menyebabkan warna merah-ungu pekat dari ekstrak antosianin dipantulkan secara menyebar sehingga warna produk akhir tampak berubah menjadi jauh lebih terang, muda, dan menghasilkan tampilan warna pastel (Mahmudatussa'adah dkk., 2014).

Interaksi antara molekul antosianin dengan bahan tambahan pangan berupa emulsifier dan penstabil (*stabilizer*) juga menciptakan persaingan ruang dalam karakteristik emulsi, yang memengaruhi stabilitas retensi pigmen selama penyimpanan beku (Hanura et al., 2021). Sistem pengolahan es krim yang melibatkan tahap pasteurisasi dan agitasi memberikan pengaruh mekanis dan termal terhadap stabilitas antosianin. Proses pasteurisasi pada suhu 70°C, meskipun dilakukan dalam waktu singkat, tetap memberikan energi panas yang cukup untuk memulai proses hidrolisis sebagian kecil molekul antosianin (Suzery et al., 2010). Selanjutnya, tahap agitasi menggunakan *ice cream maker* menyebabkan *overrun* yang meningkatkan luas permukaan kontak pigmen dengan oksigen, memicu terjadinya oksidasi molekuler (Padaga dan Sawitri, 2005). Meskipun proses pembekuan akhir (*aging*) pada suhu rendah membantu menghambat laju degradasi, akumulasi stres dari tahap pencampuran dan emulsi tetap menyebabkan penurunan kadar antosianin total pada produk akhir dibandingkan fase adonannya.

Hasil analisis ini menunjukkan pola yang konsisten dengan berbagai penelitian serupa mengenai stabilitas pigmen alami. Penurunan drastis kadar antosianin pada donat sejalan dengan temuan Husna et al. (2013), yang melaporkan bahwa produk

olahan ubi jalar ungu yang digoreng mengalami degradasi antosianin paling parah, mencapai lebih dari 95% akibat paparan suhu panas yang tinggi. Sementara itu, stabilitas relatif antosianin pada es krim dibandingkan donat didukung oleh penelitian Hanura et al. (2021), yang menyatakan bahwa produk dengan kadar air tinggi dan tanpa pemanasan ekstrem mampu mempertahankan retensi antosianin dengan lebih baik. Hal ini mengonfirmasi bahwa karakteristik pangan dan suhu pengolahan adalah penentu utama kelangsungan pigmen antosianin sebagai pewarna alami.

2. Hasil Perbandingan Analisis Statistik *Independent T-test* Kadar Antosianin

Tabel 17. Hasil Uji *Independent T-test* Nilai Kadar Antosianin

Perbandingan Sampel	Nilai <i>t</i> -hitung	Nilai <i>t</i> -tabel	Keterangan
Adonan Donat vs Larutan Kontrol Donat	62,49*	2,776	Signifikan
Produk Donat vs Larutan Kontrol Donat	77,08*	2,776	Signifikan
Adonan Es Krim vs Larutan Kontrol Es Krim	28,60*	2,776	Signifikan
Produk Es Krim vs Larutan Kontrol Es Krim	36,06*	2,776	Signifikan

Keterangan: Berbeda nyata secara signifikan (t -hitung > t -tabel)

Berdasarkan hasil analisis statistik pada tabel 17 menggunakan uji *Independent T-test* dengan derajat bebas (df) = 4 dan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$), diperoleh batas kritis nilai *t*-tabel sebesar 2,776. Tabel analisis menunjukkan bahwa seluruh perbandingan kadar antosianin antara sampel (baik adonan maupun produk) dengan larutan kontrolnya memiliki nilai *t*-hitung yang jauh melebihi *t*-tabel. Pada produk donat, nilai *t*-hitung meningkat dari 62,49 (fase adonan) menjadi 77,08 (produk akhir). Pola serupa terjadi pada es krim, di mana nilai *t*-hitung naik dari 28,60 pada

adonan menjadi 36,06 pada produk akhir. Berdasarkan kriteria statistik di mana $t\text{-hitung} > t\text{-tabel}$, maka hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis kerja (H_1) diterima secara mutlak. Hal ini membuktikan bahwa terdapat perbedaan kadar antosianin yang sangat signifikan secara nyata antara sampel yang menggunakan ekstrak kulit ubi jalar ungu dengan larutan kontrolnya pada seluruh tahap pengolahan.

Signifikansi perbedaan ini mencerminkan kerentanan struktur antosianin saat berada dalam karakteristik pangan kompleks dibandingkan dengan kondisi idealnya dalam pelarut akuades. Larutan kontrol dalam penelitian ini adalah ekstrak kulit ubi jalar ungu yang dilarutkan dalam akuades, sehingga molekul antosianin berada dalam lingkungan yang relatif murni tanpa adanya gangguan dari komponen makro (Priska et al., 2018). Penolakan H_0 sejak fase adonan menunjukkan bahwa segera setelah ekstrak dicampurkan ke dalam bahan baku donat dan es krim, terjadi interaksi kimiawi dengan protein, lemak, dan karbohidrat yang mulai mengganggu stabilitas pigmen. Kondisi ini menegaskan bahwa antosianin alami sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan kimiawi, sehingga kadarnya langsung menunjukkan perbedaan yang nyata jika dibandingkan dengan konsentrasi aslinya di dalam pelarut kontrol (Mahmudatussa'adah et al., 2014).

Peningkatan nilai $t\text{-hitung}$ yang terjadi setelah adonan diproses menjadi produk akhir merepresentasikan fenomena pelebaran kesenjangan (*gap widening*) kadar pigmen akibat stres pengolahan. Pada produk donat, nilai $t\text{-hitung}$ meningkat dari 62,49 menjadi 77,08, sementara pada es krim naik dari 28,60 menjadi 36,06. Kenaikan nilai statistik ini menandakan bahwa proses pengolahan, seperti penggorengan suhu tinggi pada donat atau pasteurisasi dan agitasi pada es krim, semakin menjauhkan karakteristik kadar antosianin sampel dari nilai kontrolnya. Sementara larutan kontrol tetap mempertahankan integritas strukturnya dalam kondisi terkontrol, kadar antosianin dalam sampel pangan terus mengalami degradasi termal dan oksidatif, sehingga secara statistik perbedaannya menjadi semakin ekstrem pada produk jadi (Husna et al., 2013).

Implikasi dari penolakan H_0 ini memberikan landasan evaluasi bagi kelayakan aplikasi pewarna alami ubi jalar ungu di skala industri pangan. Terbuktinya perbedaan yang sangat nyata terhadap larutan kontrol ideal dalam akuades menunjukkan bahwa penggunaan ekstrak kasar secara langsung tidaklah cukup untuk menghasilkan produk dengan retensi warna yang stabil. Agar dapat memiliki daya saing dan secara statistik mendekati standar retensi pigmen yang diinginkan, industri perlu menerapkan teknologi perlindungan seperti mikroenkapsulasi menggunakan penyalut maltodekstrin atau teknik kopigmentasi (Utami et al., 2021). Tanpa adanya penggunaan teknologi tersebut, aplikasi antosianin ubi jalar ungu sebagai pewarna mandiri dinilai kurang efektif dalam menjaga konsistensi kadar pigmen akibat pengaruh agresif dari karakteristik dan sistem pengolahan pangan.

Hasil uji signifikansi yang konsisten menolak H_0 ini memiliki kesesuaian pola dengan berbagai laporan penelitian serupa yang membandingkan stabilitas pigmen alami. Perbedaan signifikan pada kadar antosianin akibat interaksi karakteristik ini sejalan dengan penelitian Sari dan Wulandari (2020), yang membuktikan bahwa antosianin mengalami penurunan stabilitas tajam hingga tersisa 62% saat diaplikasikan pada produk tinggi lemak dibandingkan kontrol pelarutnya. Hal ini diperkuat oleh temuan Husna et al. (2013) yang menekankan bahwa signifikansi perbedaan kadar pigmen akan selalu tinggi selama proses pengolahan melibatkan suhu ekstrem karena struktur kation flavilium yang sangat labil. Konsistensi hasil statistik ini menegaskan bahwa ketidakmampuan pigmen alami untuk menyamai standar idealnya merupakan tantangan teknis utama dalam pengembangan pewarna fungsional (Lestario et al., 2014).

4.3.3 Pembahasan Perubahan Intensitas Warna Terhadap Zat Warna Antosianin

1. Hasil Penelitian Penambahan Zat Warna Antosianin Terhadap Perubahan Intensitas Warna

Tabel 18. Hasil Uji Nilai Colorimetri Sampel

Sampel	L^*	a^*	b^*
	Rata-rata ± Standar Deviasi	Rata-rata ± Standar Deviasi	Rata-rata ± Standar Deviasi
Adonan Donat	55,62 ± 0,810	12,50 ± 0,100	21,83 ± 0,639
Produk Donat	45,49 ± 0,985	11,50 ± 0,050	19,60 ± 0,295
Adonan Es Krim	59,60 ± 0,015	10,06 ± 0,007	18,11 ± 0,012
Produk Es Krim	59,50 ± 0,440	10,07 ± 0,058	18,29 ± 0,012
Larutan Kontrol Donat	36,25 ± 0,012	1,17 ± 0,007	14,49 ± 0,010
Larutan Kontrol Es Krim	36,28 ± 0,010	1,23 ± 0,007	14,47 ± 0,015

Berdasarkan hasil analisis intensitas warna pada tabel 18 menggunakan sistem ruang warna CIE $L^*a^*b^*$, terlihat adanya perbedaan pola perubahan warna yang signifikan antara produk donat dan es krim setelah melalui proses pengolahan. Pada parameter L^* (kecerahan), adonan donat mengalami penurunan nilai secara nyata dari 55,62 ± 0,810 menjadi 45,49 ± 0,985 pada produk akhir. Penurunan ini diikuti oleh nilai a^* (tingkat kemerahan) yang turun dari 12,50 ± 0,100 menjadi 11,50 ± 0,050, serta nilai b^* (tingkat kekuningan) yang juga menurun secara jelas dari 21,83 ± 0,639 menjadi 19,60 ± 0,295. Sebaliknya, sampel es krim menunjukkan stabilitas warna yang sangat tinggi pada ketiga parameter. Adonan es krim (L^* 59,60; a^* 10,06; b^* 18,11) hampir tidak mengalami perubahan saat dibekukan menjadi produk akhir (L^* 59,50; a^* 10,07; b^* 18,29). Jika dibandingkan dengan larutan kontrolnya yang memiliki nilai L^* sangat rendah (lebih gelap di kisaran 36), nilai a^* yang kecil (kisaran 1,2), dan nilai b^* kisaran 14,48, produk pangan dengan ekstrak ubi jalar ungu ini secara keseluruhan memiliki profil warna yang lebih terang, lebih merah, dan lebih kuning akibat pengaruh dari proses pengolahan dan bahan baku pembawanya.

Perubahan warna pada produk pangan ini disebabkan oleh perubahan struktur molekul antosianin akibat adanya proses pengolahan. Pada produk donat, memudarnya intensitas merah (a^*) secara langsung diakibatkan oleh hancurnya

struktur kation flavilium, bentuk antosianin yang paling stabil dan memancarkan spektrum warna merah, akibat paparan panas ekstrem selama penggorengan (Markakis, 1982). Energi termal tersebut memutus ikatan glikosidik dan membuka cincin aglikon, memaksa molekul bertransformasi menjadi kalkon yang kehilangan sifat kromofor (pembawa warna) merahnya (Samber et al., 2013). Bersamaan dengan kerusakan pigmen tersebut, interaksi antara asam amino dari telur dan gula pereduksi memicu reaksi *Maillard*. Polimer melanoidin coklat gelap yang dihasilkan dari reaksi ini secara agresif mendominasi permukaan donat, sehingga nilai L^* anjlok (menggelay) dan secara visual menutupi sisa-sisa rona merah (a^*) dan kuning (b^*) dari adonan mentahnya (Husna et al., 2013).

Berbeda halnya dengan donat, mekanisme perubahan warna pada produk es krim lebih dikendalikan oleh fenomena optik dari sistem emulsinya serta pergeseran pH. Tingginya nilai L^* terjadi karena komposisi krim dan susu murni yang dihomogenisasi bersama udara (*overrun*) menciptakan jutaan mikrokristal es dan gelembung udara (Padaga & Sawitri, 2005). Karakteristik emulsi putih ini memantulkan cahaya ke segala arah, sehingga mendispersikan pigmen antosianin dan menciptakan ilusi visual yang sangat cerah (merah muda terang). Meskipun proses pembekuan sukses mengunci dan menghentikan laju degradasi termal antosianin, pergeseran pH adonan ke arah netral telah lebih dulu mengubah sebagian kation flavilium merah menjadi struktur basa karbinol pseudobasa (Amalia et al., 2020). Akibatnya, warna merah yang terekspresi tidak sepekat ekstrak aslinya, melainkan berpadu dengan rona kekuningan alami lemak susu (nilai b^* tinggi) menghasilkan rona visual yang lebih *creamy*.

Secara empiris, fenomena degradasi visual akibat struktur antosianin ini memiliki dasar yang kuat dari berbagai literatur terdahulu. Turunnya nilai L^* dan a^* pada produk donat akibat reaksi *Maillard* dan kerusakan cincin aglikon sejalan dengan penelitian Samber et al. (2013), yang menegaskan bahwa suhu pemanasan di atas 70°C adalah titik kritis hilangnya kromofor antosianin. Sementara itu, ilusi kecerahan tinggi dan stabilitas warna pada produk bersuhu rendah dikonfirmasi

oleh temuan Padaga dan Sawitri (2005) serta Fajri (2015), yang membuktikan bahwa karakteristik emulsi beku bertindak sebagai perisai fisik yang memantulkan cahaya sekaligus menekan kinetika oksidasi pigmen, sehingga parameter L^* , a^* , dan b^* pada es krim cenderung tidak berfluktuasi.

2. Hasil Perbandingan Analisis Statistik *Independent T-test* Intensitas Warna

Tabel 19. Hasil Uji *Independent T-test* Nilai L^*

Parameter	Perbandingan Sampel	Nilai t -hitung	Nilai t -tabel	Keterangan
L^*	Adonan Donat vs Larutan Kontrol Donat	40,77*	2,776	Signifikan
	Produk Donat vs Larutan Kontrol Donat	16,05*	2,776	Signifikan
	Adonan Es Krim vs Larutan Kontrol Es Krim	1558,39*	2,776	Signifikan
	Produk Es Krim vs Larutan Kontrol Es Krim	89,39*	2,776	Signifikan

Keterangan: Berbeda nyata secara signifikan (t -hitung > t -tabel)

Tabel 20. Hasil Uji *Independent T-test* Nilai a^*

Parameter	Perbandingan Sampel	Nilai t -hitung	Nilai t -tabel	Keterangan
a^*	Adonan Donat vs Larutan Kontrol Donat	182,74*	2,776	Signifikan
	Produk Donat vs Larutan Kontrol Donat	313,98*	2,776	Signifikan
	Adonan Es Krim vs Larutan Kontrol Es Krim	1090,12*	2,776	Signifikan
	Produk Es Krim vs Larutan Kontrol Es Krim	233,25*	2,776	Signifikan

Keterangan: Berbeda nyata secara signifikan (t -hitung $>$ t -tabel)

Tabel 21. Hasil Uji *Independent T-test* Nilai b^*

Parameter	Perbandingan Sampel	Nilai t -hitung	Nilai t -tabel	Keterangan
b^*	Adonan Donat vs Larutan Kontrol Donat	19,57*	2,776	Signifikan
	Produk Donat vs Larutan Kontrol Donat	29,02*	2,776	Signifikan
	Adonan Es Krim vs Larutan Kontrol Es Krim	226,09*	2,776	Signifikan
	Produk Es Krim vs Larutan Kontrol Es Krim	237,27*	2,776	Signifikan

Keterangan: Berbeda nyata secara signifikan (t -hitung $>$ t -tabel)

Berdasarkan hasil pengujian statistik *Independent T-test* pada tabel 19, 20, dan 21 dengan derajat bebas (df) = 4 dan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$), diperoleh nilai t -tabel sebesar 2,776. Tabel analisis menunjukkan bahwa pada seluruh parameter warna (L^* , a^* , dan b^*), nilai t -hitung baik pada fase adonan maupun produk akhir (donat dan es krim) jauh melampaui batas kritis t -tabel, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima secara mutlak. Pada parameter kecerahan (L^*), perbedaan sangat ekstrem terlihat pada adonan es krim dengan t -hitung mencapai 1558,39, yang mengindikasikan tingkat kecerahan karakteristik susu yang sangat

berbeda dengan larutan kontrol. Pada parameter kemerahan (a^*), nilai t -hitung produk donat (313,98) mengalami lonjakan signifikan dibandingkan fase adonannya (182,74), yang merepresentasikan melebarnya jarak hilangnya pigmen merah akibat pengolahan. Sementara itu, parameter kekuningan (b^*) juga menunjukkan perbedaan yang nyata, dengan t -hitung es krim (di atas 226) dan donat (di atas 19) yang konsisten menonjolkan pengaruh rona dasar bahan baku pembawanya. Secara keseluruhan, ekstrak antosianin alami ubi jalar ungu menghasilkan profil visual yang sangat berbeda dan tidak dapat menyamai stabilitas warna larutan kontrol.

Signifikansi perbedaan ini mencerminkan kontras antara ekspresi warna antosianin dalam kondisi ideal (akuades) dengan ekspresi warna dalam karakteristik pangan yang kompleks. Larutan kontrol dalam penelitian ini adalah ekstrak kulit ubi jalar ungu yang dilarutkan dalam akuades, sehingga mencerminkan warna asli pigmen tanpa gangguan komponen lain (Priska et al., 2018). Penolakan H_0 menunjukkan bahwa segera setelah ekstrak berinteraksi dengan bahan baku seperti tepung, telur, atau susu, terjadi perubahan optik yang nyata. Antosianin bersifat sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan kimiawi, sehingga dispersi pigmen dalam media akuades yang jernih menghasilkan penyerapan cahaya yang berbeda total dibandingkan saat pigmen tersebut terperangkap dalam sistem emulsi es krim yang padat atau karakteristik gluten donat yang opak (Mahmudatussa'adah et al., 2014).

Perubahan nilai t -hitung dari fase adonan menuju produk akhir menandakan adanya fenomena pelebaran kesenjangan profil visual akibat pengaruh pengolahan. Pada parameter kemerahan (a^*) donat, nilai t -hitung melonjak dari 182,74 menjadi 313,98, yang mengartikan bahwa proses penggorengan suhu tinggi semakin menjauhkan warna produk dari warna standar aslinya akibat degradasi kation flavilium. Sebaliknya, tingginya nilai t -hitung pada kecerahan (L^*) es krim yang meningkat dari 1558,39 menjadi 1671,21 membuktikan bahwa sistem pengolahan homogenisasi dan agitasi udara (*overrun*) menciptakan pantulan cahaya yang

sangat terang, sehingga secara statistik visualnya menjadi semakin berbeda ekstrem dibandingkan dengan larutan kontrol yang tidak memiliki kemampuan memantulkan cahaya secara difus (Alicia, 2024).

Implikasi dari hasil pengujian ini memberikan gambaran bagi industri pangan bahwa penggunaan antosianin ubi jalar ungu sebagai pewarna mandiri akan menghasilkan profil warna yang sangat bergantung pada jenis produknya, bukan pada warna asli ekstrak. Terbuktinya perbedaan nyata terhadap larutan kontrol ideal dalam akuades menunjukkan bahwa untuk mencapai target warna merah yang konsisten di berbagai produk, industri tidak dapat hanya mengandalkan penambahan ekstrak kasar. Diperlukan rekayasa teknologi seperti mikroenkapsulasi untuk melindungi pigmen dari interaksi karakteristik, atau penggunaan bahan tambahan pangan pengatur keasaman untuk menekan nilai t -hitung agar profil warna produk akhir dapat secara statistik mendekati standar warna aslinya (Utami et al., 2021).

Secara statistik, penolakan H_0 pada seluruh parameter ruang warna ini sejalan dengan berbagai temuan penelitian terdahulu yang membandingkan aplikasi pewarna alami. Tingginya deviasi t -hitung pada parameter kecerahan (L^*) es krim didukung oleh penelitian Alicia (2024), yang menemukan bahwa interaksi antara pigmen alami dengan protein susu dan lemak selalu menghasilkan perbedaan visual yang sangat tajam terhadap kontrolnya. Demikian pula, kegagalan pigmen alami dalam menyamai parameter kemerahan (a^*) standar pada produk donat akibat suhu tinggi telah divalidasi oleh Husna et al. (2013). Konsistensi hasil statistik ini memperkuat teori bahwa karakteristik visual antosianin akan selalu menunjukkan perbedaan yang nyata ketika dipaksa beradaptasi dalam sistem pangan yang memiliki karakteristik fisikokimia yang berbeda dengan pelarut kontrolnya (Lestario et al., 2014).

4.4 Rekapitulasi Data Hasil Penelitian

Tabel 22. Hasil Data Rekapitulasi Penelitian Pendahuluan

Simplisia (gram)	Volume Etanol (mL)	Asam Sitrat (gram)	Waktu Maserasi (Jam)	Perlakuan	Berat (gram)	Rendemen (%)
2500	5000	50	24	1:2	112	4,48
2500	7500	75	24	1:3	128	5,12
2500	10000	100	24	1:4	120	4,80

Tabel 23. Hasil Data Rekapitulasi Penelitian Utama

Sampel	pH	Kadar Antosianin (mg/L)	Intensitas Warna		
			<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *
Adonan Donat	5,80	5,95	55,62	12,50	21,83
Produk Donat	6,06	0,95	45,49	11,50	19,60
Adonan Es Krim	5,48	10,63	59,60	10,06	18,11
Produk Es Krim	6,10	9,24	59,50	10,07	18,29
Larutan Kontrol Donat	4,61	22,76	36,25	1,17	14,49
Larutan Kontrol Es Krim	4,62	15,69	36,28	1,23	14,47
Pewarna Alami Ekstrak Kasar Antosianin	4,50	26,10	33,13	1,45	13,30

V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menguraikan kesimpulan dari seluruh hasil penelitian yang telah dilakukan, serta memberikan saran-saran yang konstruktif sebagai rekomendasi untuk penelitian selanjutnya maupun penerapan praktis dari temuan penelitian ini.

5.1 Kesimpulan

1. Terdapat perbedaan signifikan pada stabilitas pewarna alami ekstrak antosianin kulit ubi jalar ungu, antara produk donat (suhu tinggi) dan es krim (suhu rendah). Uji statistik menunjukkan nilai t-hitung jauh melebihi t-tabel, sehingga hipotesis penelitian terbukti secara ilmiah dan tidak lagi bersifat dugaan.
2. Hasil Ekstraksi yang optimal yaitu pada proses maserasi etanol 96% dan asam sitrat, pada waktu 24 jam, dengan rasio 1:3, menghasilkan rendemen 5,12%, kadar antosianin 26,10 mg/L, dan pH 4,50 yang mampu mendukung stabilitas pigmen.
3. Degradasi ekstrem terjadi pada donat, dimana proses penggorengan dengan suhu tinggi (160-170C) memicu hidrolisis dan degradasi termal. Terjadi penurunan kadar antosianin hingga 84% (dari 5,95 mg/L menjadi 0,95 mg/L), disertai penurunan nilai kecerahan (L^*) dan kemerahan (a^*) yang signifikan.
4. Stabilitas antosianin tertinggi terdapat pada es krim, dimana suhu rendah efektif menghambat degradasi termal. Penurunan antosianin hanya 13% (dari 10,63 mg/L menjadi 9,24 mg/L) dan parameter intensitas warna (L^* , a^* , b^*) cenderung stabil dan hampir tidak berubah.

5.2 Saran

1. Direkomendasikan untuk menambahkan asam sitrat pada formulasi adonan donat dan es krim untuk menjaga pH di kisaran optimal antosianin (pH 3-4) supaya struktur warna merah lebih tahan lama.

2. Menerapkan teknik mikroenkapsulasi (menggunakan maltodekstrin/kitosan) atau kopigmentasi untuk melindungi pigmen antosianin dari kerusakan akibat panas dan interaksi bahan, terutama untuk produk *bakery*.
3. Pewarna alami ekstrak antosianin kulit ubi jalar ungu lebih direkomendasikan untuk produk suhu rendah atau tanpa pemanasan ekstrem (es krim, yogurt, jus) dan kurang direkomendasikan untuk produk dengan pemanasan tinggi (donat, roti).
4. Sebaiknya dilakukan pemurnian lanjutan dengan fraksinasi (n-heksana & etil asetat) dan *Solid Phase Extraction* (SPE) untuk membuang senyawa pengotor dan mendapatkan pigmen antosianin murni dengan warna merah yang lebih stabil.
5. Diperlukan studi lanjutan mengenai dampak tingkat konsentrasi pewarna terhadap profil organoleptik, fungsional antioksidan, serta uji coba kombinasi silang dengan pewarna alami lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alicia, R. S. (2024). Karakteristik es krim ubi jalar kuning dengan pewarna alami tepung kulit buah naga merah. *Journal of Tropical AgriFood*, 6(2), 134-146. <https://e-journals.unmul.ac.id/index.php/JTAF/article/view/15507>
- Al Kausar, S. A., Farida, F., & Nurhidayah, S. (2022). Edukasi Pemanfaatan Pewarna Alami Berbasis Kearifan Lokal sebagai Alternatif Bahan Pewarna Makanan pada Ibu-Ibu di Kelurahan Kuin Utara Banjarmasin. *Bubungan Tinggi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(3), 556–564.
- Amalia, R., dkk. (2020). Karakteristik Es Krim Ubi Jalar Ungu dengan Penambahan Tepung Umbi Gembili. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, Universitas Diponegoro.
- Anggraini, D. F. (2022). *Pengaruh Perbedaan Metode Ekstraksi Maserasi dan Sonikasi Terhadap Kadar Total Antosianin Ekstrak Etanol 96% Ubi Jalar Ungu (Ipomoea batatas L.)*. Repository Universitas Brawijaya.
- Arbuckle, W.S. (2000). *Ice Cream*. 5th Edition. Chapman and Hall, New York.
- Armanzah, R. S., & Hendrawati, T. Y. (2016). Pengaruh Waktu Maserasi Zat Antosianin Sebagai Pewarna Alami dari Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L). *Prosiding Semnastek*, Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Armanzah, R. S., & Hendrawati, T. Y. (2016). Pengaruh waktu maserasi zat antosianin sebagai pewarna alami dari ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L. Poir). *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SEMNASTEK)*, TK-019, 1-10.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2019). *Peraturan Kepala BPOM Nomor 11 Tahun 2019 tentang Bahan Tambahan Pangan*. Jakarta: BPOM RI.
- Base, N. H., Noena, R. A. N., & Ahmad, A. (2026). Karakterisasi Ekstrak Kulit Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* L Poir) Berdasarkan Beberapa Parameter Spesifik Ekstrak. *Jurnal Kesehatan Yamsi Makassar*, 10(1), 10-18.
- Cavalcanti, R. N., Santos, D. T., & Meireles, M. A. A. (2011). *Non-thermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems*. *Food Research International*, 44(2), 499-509.
- Dewi, L. R., Laksmiani, N. P. L., et al. (2014). Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Kulit Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) dengan Metode Ferrous Ion Chelating (FIC). *Jurnal Farmasi Udayana*, 3(1).

- Dini, M. I. (2022). Pengaruh Pemberian Ekstrak Ubi Jalar Ungu terhadap Kadar Kolesterol Total pada Tikus Model Diabetes dan Diet Tinggi Lemak. *PHARMADEMICA : Jurnal Kefarmasian dan Gizi*, 2(1), 11-17.
- Diniyah, N., dkk. (2020). *Pengaruh Variasi Waktu Blanching dan Konsentrasi Asam Sitrat Terhadap Karakteristik dan Aktivitas Ekstrak Pigmen Ubi Jalar Ungu*. Jurnal Industri Pertanian (JustIN), Universitas Padjadjaran.
- Eckles, C.H., Combs, W.B., dan Macy, H. (1998). *Milk and Milk Products*. 4th Edition. Tata McGraw Hill Publishing Company Ltd., New Delhi.
- El Husna, N., Novita, M., & Rohaya, S. (2013). Kandungan Antosianin dan Aktivitas Antioksidan Ubi Jalar Ungu Segar dan Produk Olahannya. *agriTECH*, 33(3), 296–302.
- Ersus, S. dan Yurdagel, U. (2007). Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier. *Journal of Food Engineering* 80(3): 805-812.
- Estiasih, T., & Ahmadi, K. (2009). *Teknologi Pengolahan Pangan*. Bumi Aksara, Jakarta.
- Fathinatullabibah, Kawiji, & Khasanah, L. U. (2014). Stabilitas Antosianin Ekstrak Daun Jati (*Tectona grandis*) terhadap Perlakuan pH dan Suhu. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 3(2), 60–63.
- Fajri, R. (2015). *Stabilitas dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Antosianin Beras Hitam dan Ketan Hitam selama Penyimpanan pada Berbagai Suhu dan pH*. Tesis. Universitas Gadjah Mada.
- Fakhruzy, Kasim, A., Asben, A., & Anwar, A. (2020). Optimalisasi Metode Maserasi untuk Ekstraksi Tanin Rendemen Tinggi. *MENARA Ilmu*, 14(2), 38–41.
- Febrianti, L., Mazarina, K., & Wiwik, W.D. (2021). Pemanfaatan Pigmen Antosianin Dari Pewarna Alami Dalam Pembuatan Olahan Makanan Singkong. *Organisms: Journal of Biosciences*, 1(1), 1-9.
- Ginting, E., Utomo, J. S., Yulifianti, R., & Jusuf, M. (2011). Potensi ubi jalar ungu sebagai pangan fungsional. *Iptek Tanaman Pangan*, 6(1), 116-138.
- Giusti, M.M. dan Wrolstad, R.E. (2003). Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical Engineering Journal* 14(3): 217-225.

- Gumbara, M., et al. (2015). Formulasi Tablet Kunyah Menggunakan Pewarna Alami dari Ekstrak Kulit Ubi Jalar Ungu. *Jurnal Kesehatan Medika Saintika*, 11(1), 54–65.
- Hambali, M., Mayasari, F., & Noermansyah, F. (2014). Ekstraksi Antosianin dari Ubi Jalar dengan Variasi Konsentrasi Solven dan Lama Waktu Ekstraksi. *Teknik Kimia*, 20(2), 25–35.
- Handito, D., Basuki, E., Saloko, S., Dwikasari, L. G., & Triani, E. (2022). Analisis komposisi bunga telang (*Clitoria ternatea*) sebagai antioksidan alami pada produk pangan. *Prosiding Saintek*, 4, 64-70.
- Hanura, T., Fauziyah, A., Nasrullah, N., & Wahyuningsih, U. (2021). Pengaruh Penambahan Ekstrak Bunga Telang Terhadap Kadar Antosianin dan Organoleptik Jeli Buah Naga Merah. *Ghidza: Jurnal Gizi dan Kesehatan*, 5(2), 187–196.
- Harborne, J.B. (1987). *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Terbitan Kedua. ITB, Bandung.
- Hardoko, H., Hendarto, A., & Siregar, T. M. (2010). Pemanfaatan Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L. Poir) Sebagai Pengganti Sebagian Tepung Terigu dan Sumber Antioksidan pada Roti Tawar. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 21(1), 25-32.
- Hardoko, H., Hendarto, A. E., & Siregar, T. M. (2014). Pengaruh Penambahan Gula dan Asam terhadap Stabilitas Warna Ekstrak Kulit Manggis dan Ubi Jalar Ungu. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, Universitas Brawijaya.
- Harni, M., dkk. (2019). Pengaruh Metoda Ekstraksi Terhadap Karakteristik Ekstrak Pekat Pigmen Antosianin Dari Buah Senduduk (*Melastoma malabathricum* L.). *Jurnal Litbang Industri*, 9(1), 10-17.
- Hermawati, Y., Rofieq, A., & Wahyono, P. (2015). Pengaruh konsentrasi asam sitrat terhadap karakteristik ekstrak antosianin daun jati serta uji stabilitasnya dalam es krim. *Prsiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi 2015*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Hidayat, T., & Saati, E. A. (2015). Aktivitas Antimikroba Ekstrak Antosianin dari Ubi Jalar Ungu terhadap Bakteri Patogen. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(4), 1399–1409.
- Hidayanti, A. S. N., Sulfiani, S., & Taufiq, N. (2021). Utilization Pemanfaatan Ekstrak Kulit Ubi Jalar Ungu Sebagai Pengganti Crystal Violet pada Pewarnaan Gram. *Jurnal Sehat Mandiri*, 16(2), 46–56.

- Himalogista, M. (2024). Pewarna Alami pada Pangan dan Kesehatan. <https://himalogista.co.id/pewarna-alami/>
- Hunaefi, D., Akumo, D. N., & Smetanska, I. (2013). Effect of fermentation on antioxidant properties of red cabbages. *Journal of Food Technology*, 11(27), 66–85.
- Husna, N. E., Novita, M., & Rohaya, S. (2013). Kandungan Antosianin dan Aktivitas Antioksidan Ubi Jalar Ungu Segar dan Produk Olahannya. *Agritech*, 33(3), 296–302.
- Iznillillah, W., Jumiono, A., & Fanani, M. Z. (2023). Perbandingan Proksimat, Antioksidan, dan Antosianin pada Produk Olahan Pangan dengan Pewarna Alami Bunga Telang. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 5(2), 163–174.
- Khasanah, V. U., & Astuti, R. (2020). Evaluasi penggunaan berbagai jenis pelarut terhadap rendemen dan karakteristik antosianin. *Jurnal Teknologi Pangan*, 14(1), 45–53.
- Khasanah, V. N., & Astuti, N. (2020). Pengaruh Proporsi Susu Sapi dan Ekstrak Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L. Poir) Terhadap Sifat Organoleptik Es Krim. *e-journal Tata Boga*, 9(1), 89–97.
- KnK Land. (2018). Pewarna Alami - Natural Colourant. <https://www.knkland.com/pewarna-alami-natural-colourant/>
- Kunnaryo, H. J. B., & Wikandari, P. R. (2021). Antosianin dalam produksi fermentasi dan antioksidan. *Unesa Journal of Chemistry*, 10(1), 24–36.
- Kurniasari, F. N. (2021). Perbedaan kadar antosianin ubi ungu segar dan tepung. *Journal of Nutrition College (JNC)*.
- Kurniawan, N., Sugianto, & Salomo. (2018). Antosianin Ekstrak Ubi Jalar Ungu untuk Sel Surya Pewarna Tersensitisasi. *Industria*, 7(3), 133–142.
- Kusumawati, H., & Rahmawati, D. (2021). Stabilitas antosianin selama fermentasi minuman probiotik dengan ekstrak ubi jalar ungu. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 14(1), 45–53.
- Kusumawati, S., & Suryandono, A. (2014). Pemanfaatan Limbah Kulit Ubi Ungu untuk Pewarna Alami. Tugas Akhir, Universitas Gadjah Mada.
- Laksmiani, N. P. L., Dewi, L. R., et al. (2014). Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Kulit Ubi Jalar Ungu. *Jurnal Farmasi Udayana*, 3(1), 42–48.
- Lestario, L. N., Apriyantono, A., & Budiyanto, S. (2014). Stabilitas antosianin jantung pisang. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*, 13(1), 45–52.

- Lestario, L. N., Yoga, M. K. W. C., & Kristijanto, A. I. (2014). Stabilitas Antosianin Jantung Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L) terhadap Cahaya sebagai Pewarna Agar-Agar. *agriTECH*, 34(4), 374-381.
- Mahmudatussa'adah, A., Fardiaz, D., Andarwulan, N., & Kusnandar, F. (2014). Karakteristik Warna dan Aktivitas Antioksidan Antosianin Ubi Jalar Ungu. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 25(2), 176-184.
- Markakis, P. (1982). *Anthocyanins as Food Colors*. Academic Press, New York.
- Masykuri, M., Pramono, Y. B., & Ardilia, D. (2012). Resistensi Pelelehan, Overrun, dan Tingkat Kesukaan Es Krim Vanilla yang Terbuat dari Bahan Utama Kombinasi Krim Susu dan Santan Kelapa. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 1(4).
- Meganingtyas, W., & Alauhdin, M. (2021). Ekstraksi Antosianin Kulit Buah Naga sebagai Indikator Titrasi. *agriTECH*, 41(1), 90–100.
- Munawaroh, S., & Handayani, P. A. (2010). Ekstraksi dan Stabilitas Antosianin Ubi Jalar Ungu. *Jurnal Sains & Matematika*, 18(1), 1–8.
- Nalawati, A. N. (2022). Pengaruh Suhu dan Waktu Penyimpanan terhadap Stabilitas Antosianin Ekstrak Kulit Kopi. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 8, 78–85.
- Nasrullah, N., Husain, H., & Syahrir, M. (2020). Pengaruh Suhu & Waktu Pemanasan pada Pigmen Antosianin Kulit Naga Merah. *Chemica*, 21(2), 150–162.
- Nasution, A. S. (2014). Pewarna Sintetis pada Makanan Jajanan di Sekolah Ciputat. Skripsi UIN Jakarta.
- Nurdjanah, S., Yuliana, N., & Astuti, S. (2022). *Pengaruh Penambahan Gula dan Suhu Pemanasan terhadap Stabilitas Warna Ekstrak Antosianin*. *Jurnal Teknologi Industri & Hasil Pertanian*, Universitas Lampung.
- Padaga, M. dan Sawitri, M.E. (2005). *Es Krim yang Sehat*. Trubus Agrisarana, Surabaya.
- Pathare, P.B., Opara, U.L., & Al-Said, F.A.J. (2013). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36-60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>
- Pertiwi, N. A. (2020). Pewarna Pangan: Antara Estetika dan Keamanan Konsumen. Badan POM.
- Prasetyani, W., Fadhilla, R., Angkasa, D., Ronitawati, P., & Melani, V. (2020). Analisis nilai gizi dan daya terima es krim sari kedelai dan tepung ampas

kelapa dengan pewarna alami bunga telang sebagai makanan selingan untuk anak usia sekolah. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 10(2), 12-23.

Pratiwi, S. W., & Priyani, A. A. (2019). Pengaruh Pelarut dalam Berbagai pH pada Penentuan Kadar Total Antosianin dari Ubi Jalar Ungu dengan Metode pH Diferensial Spektrofotometri. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, 4(1), 89-96.

Priska, M., Peni, N., Carvallo, L., & Ngapa, Y. D. (2018). Review: Antosianin dan Pemanfaatannya. *Cakra Kimia*, 6(2), 79–97.

PubChem. (2010). *Anthocyanin*.

Puspitasari, D., & Nisa, F. C. (2015). Pengaruh penambahan asam sitrat dan waktu ekstraksi terhadap karakteristik ekstrak antosianin dari kulit ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(2), 717-726.

Putri, F. A. (2017). *Penggunaan Tepung Beras Hitam dan Gliserol Monostearat Pada Pembuatan Roti Tawar*. E-Journal UPN "Veteran" Jawa Timur.

Rahmayanti, D., & Muniroh, M. (2024). Dampak Pewarna Makanan Sintetis Terhadap Kesehatan. *RRI.co.id*.

Rein, M.J. dan Heinonen, M. (2004). Stability and enhancement of berry juice color. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(10): 3106-3114.

Rijal, M., Natsir, N. A., & Sere, I. (2019). Analisis Kandungan Zat Gizi pada Tepung Ubi Ungu. *Jurnal Biotek*, 7(1), 43–56.

Saati, E.A. (2014). Identifikasi dan uji kualitas pigmen warna merah ekstrak rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.) pada berbagai tingkat konsentrasi larutan. *Jurnal Gamma* 9(2): 80-91.

Samber, L. N., Semangun, H., & Prasetyo, B. (2013). Karakteristik Antosianin. *PROSBI*, 10(3).

Samber, L.N., Semangun, H., & Prasetyo, T. (2013). Karakteristik Antosianin sebagai Pewarna Alami. *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning*, 10(1), 160-165.

Santoso, W. E. A., & Estiasih, T. (2014). Kopigmentasi Ubi Jalar Ungu dengan Protein. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(4).

Sari, N. P., & Wulandari, R. (2020). Pengaruh Pelarut terhadap Kestabilan Antosianin. *JTHP*, 13(2), 55–63.

Sari, N. P., Lestari, R., & Mulyani, D. (2019). Pengaruh fermentasi terhadap stabilitas antosianin. *JITP*, 7(2), 72–80.

- Sari, P., & Fitriani, A. (2019). Stabilitas Antosianin dan Kapasitas Antioksidan Ekstrak Beras Hitam akibat Interaksi dengan Susu dan Proses Pasteurisasi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 30(2), 154-162.
- Sarofa, U. (2012). Ekstraksi dan stabilitas warna ubi jalar ungu. *E-Journal Teknik Kimia (UPN Jawa Timur)*.
- Setiana, H., Handayani, F., & Budiarti, A. (2022). Optimasi pelarut ekstraksi antosianin dari ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L. Poir). *Atmosphere: Jurnal Teknologi Kimia*, 3(1).
- Simanjuntak, L., Sinaga, C., Fatimah, et al. (2014). Ekstraksi Pigmen Antosianin Dari Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrrhizus*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(3), 32-39.
- Sumarlin, L. O. (2010). Identifikasi Pewarna Sintetis pada Pangan. *Jurnal Kimia Valensi*, 1(6), 274–283.
- Sugiyanto, Wijayanto, N., & Kurniawan, I. (2019). Analisis Penyebab dan Solusi Rekonsiliasi Finished Goods Menggunakan Hipotesis Statistik dengan Metode Pengujian Independent Sample T-Test di PT.Merck, Tbk. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 16(1), 37-45.
- Sugiyono (2019). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung : Alfabet.
- Suhartatik, N., Mustofa, A., & Mursito, P. (2019). Aktivitas antioksidan antosianin beras ketan hitam. *Journal of Agritech*, 39(1), 30–35.
- Sunu, B. (2018). Penggunaan Pewarna Sintetis pada Sirup. *Jurnal Kesmas*, 9(2), 11–17.
- Suzery, M., Lestari, S., & Cahyono, B. (2010). Penentuan total antosianin dari kelopak bunga rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.) dengan metode maserasi dan sokshletasi. *Jurnal Sains dan Matematika*, 18(1), 1–6.
- Surianti, Halimah, H., & Sulfikar. (2019). Uji stabilitas antosianin daun jati muda. *Chemica*, 20(1), 94–101.
- STMJ. (2021). Karotenoid dari Sumber Laut. *Jurnal Teknologi Kelautan*, 7(2), 112–120.
- Utami, D. S., Rahmawati, N., & Fajrin, N. (2021). Stabilitas antosianin ekstrak kulit ubi jalar ungu. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 9(2), 73–81.
- Wahyuningsih, S., Wulandari, L., Wartini, N. M., & Suhendra, L. (2017). Karakteristik fisikokimia ekstrak antosianin dari ubi jalar ungu (*Ipomoea*

- batatas* L.) pada berbagai variasi pelarut. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 6(3), 105-109.
- Wahyuningsih, S., Wulandari, L., Wartono, M. W., Munawaroh, H., & Ramelan, A. H. (2017). *Degradation Kinetics and Color of Anthocyanins in Aqueous Extract of Purple Sweet Potato (Ipomoea batatas L.)*. *Procedia Chemistry*, 33, 79-84.
- Waladi, V. S. J., & Hamzah, F. (2015). Pemanfaatan kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) sebagai bahan tambahan dalam pembuatan es krim. *Jom Faperta*, 2(1), 1-12
- Warsiki, E., & Setiautami, A. (2012). Pengaruh Kopigmentasi Pewarna Alami Antosianin dari Rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.) dengan Rosmarinic Acid terhadap Stabilitas Warna pada Model Minuman Ringan. Repository IPB. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Wibowo, M. A., et al. (2018). Pengaruh pH dan Suhu terhadap Stabilitas Antosianin. *Chempublish Journal*, 2(2), 91–101.
- Widyastuti, R., Handayani, S., & Sulastri, E. (2020). Stabilitas warna yogurt dengan antosianin kulit ubi jalar ungu. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 8(3), 97–106.
- Wijaya, F., Hintono, A., & Pramono, Y. B. (2022). *Sifat Fisikokimia dan Hedonik Cookies Oats dengan Penggunaan Tepung Kulit Buah Naga Merah (Hylocereus polyrhizus)*. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 10(1), 9-17. Universitas Brawijaya.
- Wilska-Jeszka, J. dan Korzuchowska, A. (1996). Anthocyanins and chlorogenic acid copigmentation - influence on the colour of strawberry and chokeberry juices. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung* 203: 38-42.
- Winarti, S. (2008). Ekstraksi dan Stabilitas Warna Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.) sebagai Pewarna Alami. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 9(2), 85-94.
- Winarti, S., Sarofa, U., & Anggita, D. (2012). Ekstraksi dan stabilitas warna ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) sebagai pewarna alami. *Jurnal Teknik Kimia*, 7(1), 30-37.
- Winarti, S. (2010). Makanan Fungsional. Graha Ilmu, Yogyakarta
- Wiyono, A. E. (2022). Stabilitas serbuk pewarna alami berbasis antosianin. *Agritech*.

- Wrolstad, R. E., Durst, R. W., & Lee, J. (2005). Tracking Color and Pigment Changes in Anthocyanin Products. *Trends in Food Science & Technology*, 16(9), 423–428.
- Yuliana, T. (2013). Pemanfaatan Pewarna Alami dari Ubi Jalar Ungu. *JPBIO*, 5(1), 46–55.
- Yumas, M. (2020). Stabilitas dan efektivitas antioksidan antosianin. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 15(1), 61–73.
- Yuniati, Y., Kusumawati, D. A., & Hidayat, R. (2024). Stabilitas Pewarna Alami dari Berbagai Sumber Tanaman. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 13(2), 156–165.
- Yunita, R. (2025). *Pengaruh Substitusi Tepung Beras dengan Tepung Ubi Jalar Ungu (Ipomoea batatas L.) terhadap Karakteristik Fisikokimia*. Repositori Digital Universitas Lampung.
- Zahroh, F., & Agustini, R. (2021). Penentuan kandungan total antosianin pada beras hitam dengan metode pH differensial. *UNESA Journal of Chemistry*, 10(2), 201–207.
- Zulfina, T., Safriani, N., & El Husna, N. (2018). Ekstraksi antosianin dari buah senggani (*Melastoma polyanthum* BI.) dengan variasi rasio bahan dengan pelarut dan konsentrasi asam sitrat. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 3(4), 835–839.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Statistik dengan *Independent T-test*

Sumber : (Sugiyanto et al., 2019)

Analisis dimulai dengan merumuskan hipotesis yaitu, H_0 yang menyatakan tidak ada perbedaan rata-rata antara kedua kelompok ($\mu_1 = \mu_2$) dan H_1 yang menyatakan terdapat perbedaan ($\mu_1 \neq \mu_2$). Tingkat signifikansi yang umum digunakan adalah $\alpha = 0,05$ atau 5%, dengan daerah kritis untuk uji dua arah adalah $t < -t(\alpha/2; n_1+n_2-2)$ atau $t > t(\alpha/2; n_1+n_2-2)$. Perhitungan dimulai dengan menghitung statistik deskriptif dari masing-masing kelompok, meliputi ($\bar{X}$), varians (S^2), dan standar deviasi (S). Selanjutnya pooled variance (Sp^2) dihitung menggunakan rumus $Sp^2 = [(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2] / (n_1 + n_2 - 2)$, yang kemudian digunakan untuk menghitung nilai t hitung dengan rumus $t = (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) / \sqrt{[Sp^2(1/n_1 + 1/n_2)]}$. Nilai t hitung yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan nilai t tabel yang ditentukan berdasarkan derajat kebebasan ($df = n_1 + n_2 - 2$) dan tingkat signifikansi yang telah ditetapkan. Pengambilan keputusan dilakukan dengan dua cara, pertama dengan membandingkan nilai t hitung dengan t tabel, dimana jika t hitung $> t$ tabel maka H_0 ditolak yang berarti terdapat perbedaan signifikan antara kedua kelompok, kedua dengan menggunakan nilai p -value (Sig. 2-tailed), dimana jika nilai signifikansi $< 0,06$ maka H_0 ditolak. Interpretasi hasil harus mempertimbangkan konteks penelitian, dimana penolakan H_0 menunjukkan bahwa perbedaan yang terjadi antara kedua kelompok bukan karena faktor kebetulan melainkan karena pengaruh perlakuan atau kondisi yang berbeda antara kedua kelompok tersebut.

Lampiran 2. Analisis pH produk dengan pH Meter

Sumber : (Sudarmadji et al., 1989)

Pengujian pH dilakukan dengan pH elektroda atau elektronik. Alat pH meter dinyalakan dan biarkan dalam keadaan stabil, kemudian suhu larutan buffer diukur menggunakan set pengatur suhu pH meter sesuai dengan suhu larutan buffer, setelah itu elektroda dibilas dengan larutan buffer atau aquadest, kemudian dikeringkan dengan kertas tissue jika digunakan aquadest (hati-hati dalam mengeringkan elektroda jangan sampai elektroda tergores cukup ditempelkan saja pada bagian sisi dan ujung elektroda, jangan ditekan), kemudian elektroda dicelupkan dalam larutan buffer set pengukuran pH, setelah itu dibiarkan beberapa saat sampai setimbang dengan larutan buffer sehingga diperoleh pembacaan yang stabil, kemudian disesuaikan pengatur standarisasi pH meter (tombol kalibrasi) sampai diperoleh angka pH yang sesuai dengan pH buffer pada suhu terukur, setelah dilakukan standarisasi maka dilakukan pengujian pH secara beberapa tahapan yaitu, suhu sampel diukur dengan set pengatur pH meter pada suhu terukur, pH meter dinyalakan dan biarkan hingga stabil, kemudian elektroda dibilas dengan aquadest dan dikeringkan dengan kertas tissue, setelah itu elektroda dicelupkan pada larutan sampel dengan set pengukuran pH, kemudian dibiarkan tercelup beberapa saat sampai diperoleh pembacaan yang stabil, kemudian pH sampel dicatat dan nyalakan pH meter biarkan stabil.

Lampiran 3. Analisis Intensitas Warna produk dengan Colorimeter

Sumber : (Pathare, 2013)

Analisis intensitas warna produk pangan dengan colorimeter dimulai dengan persiapan sampel yang tepat melalui homogenisasi, penghalusan atau penggilingan untuk memastikan permukaan sampel rata dan homogen, kemudian dilakukan kalibrasi colorimeter menggunakan standar warna hitam dan putih (black and white calibration tiles) sebelum pengukuran dimulai. Pengukuran warna dilakukan menggunakan sistem CIE Lab^* yang merupakan standar internasional, dimana parameter utama yang diukur meliputi L^* (lightness/kecerahan dengan skala 0-100 dari hitam ke putih), a^* (kromatisitas merah-hijau dengan nilai negatif menunjukkan hijau dan positif menunjukkan merah), dan b^* (kromatisitas kuning-biru dengan nilai negatif menunjukkan biru dan positif menunjukkan kuning), dengan kondisi pengukuran yang harus dilaporkan mencakup illuminant (umumnya D65 atau C), observer angle (umumnya 2° atau 10°), dan aperture size sesuai spesifikasi alat. Prosedur pengukuran dilakukan dengan menempatkan sampel pada area pengukuran sambil memastikan tidak ada celah udara antara sampel dan sensor, menekan tombol pengukuran untuk merekam data Lab^* , dan mengulangi pengukuran minimal 3 kali pada titik yang berbeda untuk mendapatkan nilai rata-rata yang representatif. Dari nilai Lab^* tersebut, dapat dihitung parameter warna turunan seperti Chroma ($C^* = \sqrt{a^2 + b^2}$) yang menunjukkan intensitas warna, Hue Angle ($h^\circ = \arctan(b^*/a^*)$) yang menunjukkan sudut warna, Total Color Difference ($\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$) untuk membandingkan perbedaan warna antara sampel, Browning Index (BI) untuk produk yang mengalami pencoklatan, dan Whiteness Index (WI) untuk produk berwarna putih. Data hasil pengukuran kemudian dianalisis secara statistik menggunakan ANOVA atau uji t untuk mengetahui perbedaan signifikan antar perlakuan, dan dapat dikorelasikan dengan parameter kualitas lainnya seperti sifat sensoris, kimia, atau fisik produk pangan untuk memvalidasi penggunaan pengukuran warna sebagai indikator kualitas yang objektif, cepat, dan non-destruktif dalam industri pangan.

Lampiran 4. Analisis Kadar Antosianin produk dengan Spektrofotometri Uv-vis Metode pH Differensial

Sumber : (Giusti & Worlstad, 2001)

Penetapan kadar antosiani dilakukan dengan metode perbedaan pH yaitu pH 1,0 dan pH 4,5. Pada pH 1,0 antosianin berbentuk senyawa berwarna ovonium dan pH 4,5 berbentuk karbinol tak berwarna. Hal tersebut dapat dilakukan dengan membuat alikuot larutan antosianin dalam air yaitu pH-nya 1,0 dan 4,5 kemudian diukur absorbansi nya. Untuk membuat larutan buffer pH 1.0 digunakan KCL sebanyak 1,86 gram dicampur dengan 980 mL air suling (aquadest) dan diatur pH nya hingga mencapai 1 dengan menggunakan HCL pekat, selanjutnya larutan dipindahkan kedalam labu ukur 1 L dan ditambahkan air suling sampai volume larutan 1 L. Sedangkan untuk larutan buffer pH 4,5 digunakan asam asetat sebanyak 54,43 gram dicampur dengan 960 mL aquadest. Kemudian pH diukur dan diatur dengan HCL pekat hingga diperoleh larutan pH 4,5. Selanjutnya larutan dipindahkan kedalam labu ukur 1 L dan di encerkan dengan aquadest sampai volume 1 L. Pengukuran dan perhitungan konsentrasi antosianin total yaitu, faktor pengenceran yang tepat untuk sampel harus ditentukan terlebih dahulu, dengan melarutkan sampel buffer KCL pH 1 hingga diperoleh absorbansi kurang dari 1,2 pada panjang gelombang 510nm, selanjutnya diukur absorbansi aquadest pada panjang gelombang yang akan digunakan (510 dan 700nm) untuk mencari titik nol. Panjang gelombang 510 nm adalah panjang gelombang maksimum untuk sianidin-3-glukosida sedangkan panjang gelombang 700nm untuk mengkoreksi endapan yang masih terdapat pada sampel, jika sampel benar-benar jernih maka absorbansinya pada 700nm adalah 0, kemudian dua larutan sampel disiapkan pada sampel pertama digunakan buffer KCL dengan pH 1 dan untuk sampel kedua digunakan buffer Na-asetat dengan pH 4,5, masing-masing sampel dilarutkan menggunakan pH buffer pH 1 dibiarkan selama 15 menit sebelum diukur sedangkan untuk sampel yang dilarutkan dengan buffer pH 4,5 siap diukur setelah dibiarkan selama 5 menit, absorbansi dari setiap larutan pada panjang gelombang 510 dan 700nm diukur dengan buffer pH 1 dan

buffer pH 4,5 sebagai blankonya, kemudian antosianin dari sampe yang telah dilarutkan dihitung dan ditentukan dengan rumus:

$$A = (A_{510} - A_{700})_{pH_{1,0}} - (A_{510} - A_{700})_{pH_{4,5}}$$

Kandungan pigmen antosianin pada sampel dihitung dengan rumus:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{A \times BM \times FP \times 1000}{(\epsilon \times l)}$$

Dimana:

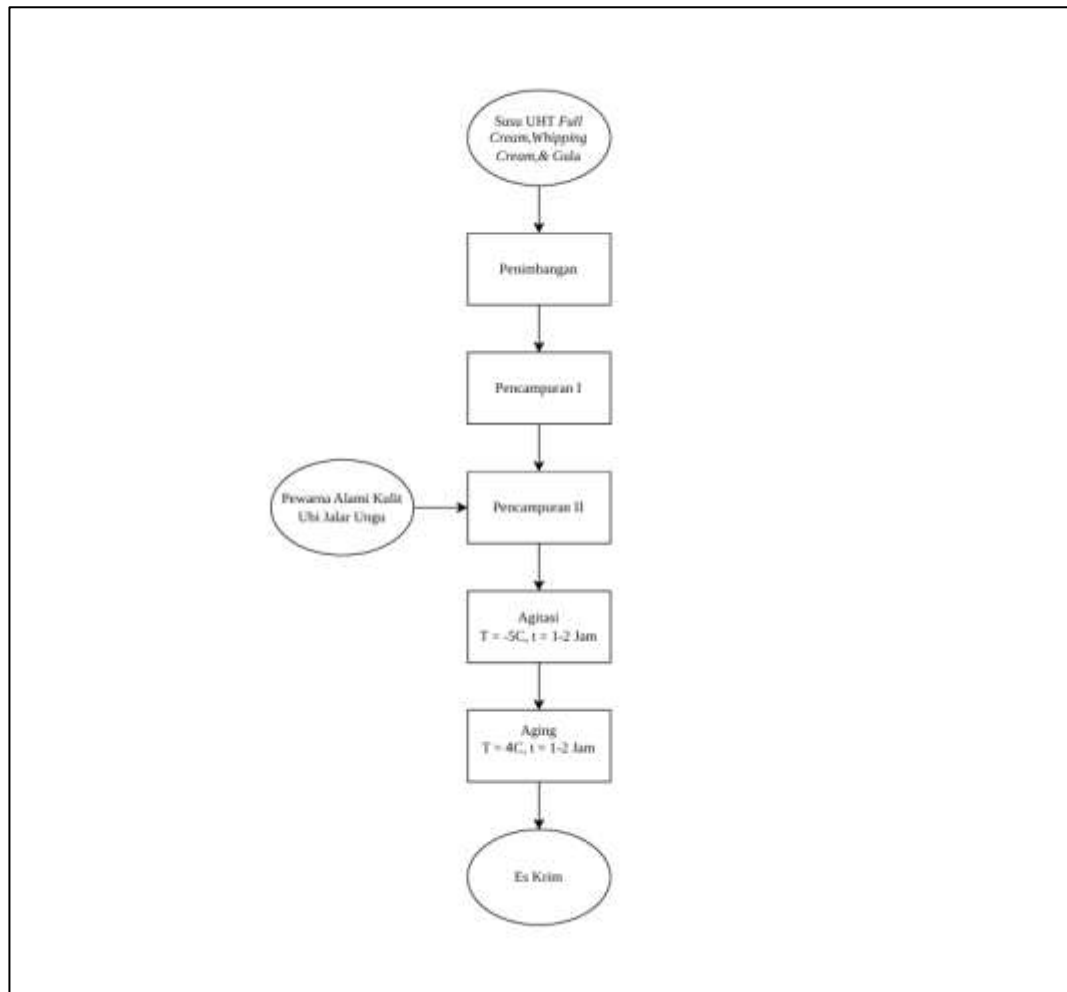
ϵ : Absorbansi molar sianidin-3-glukosida = 26900 L/(mol.cm)

l : Lebar kuvet = 1cm

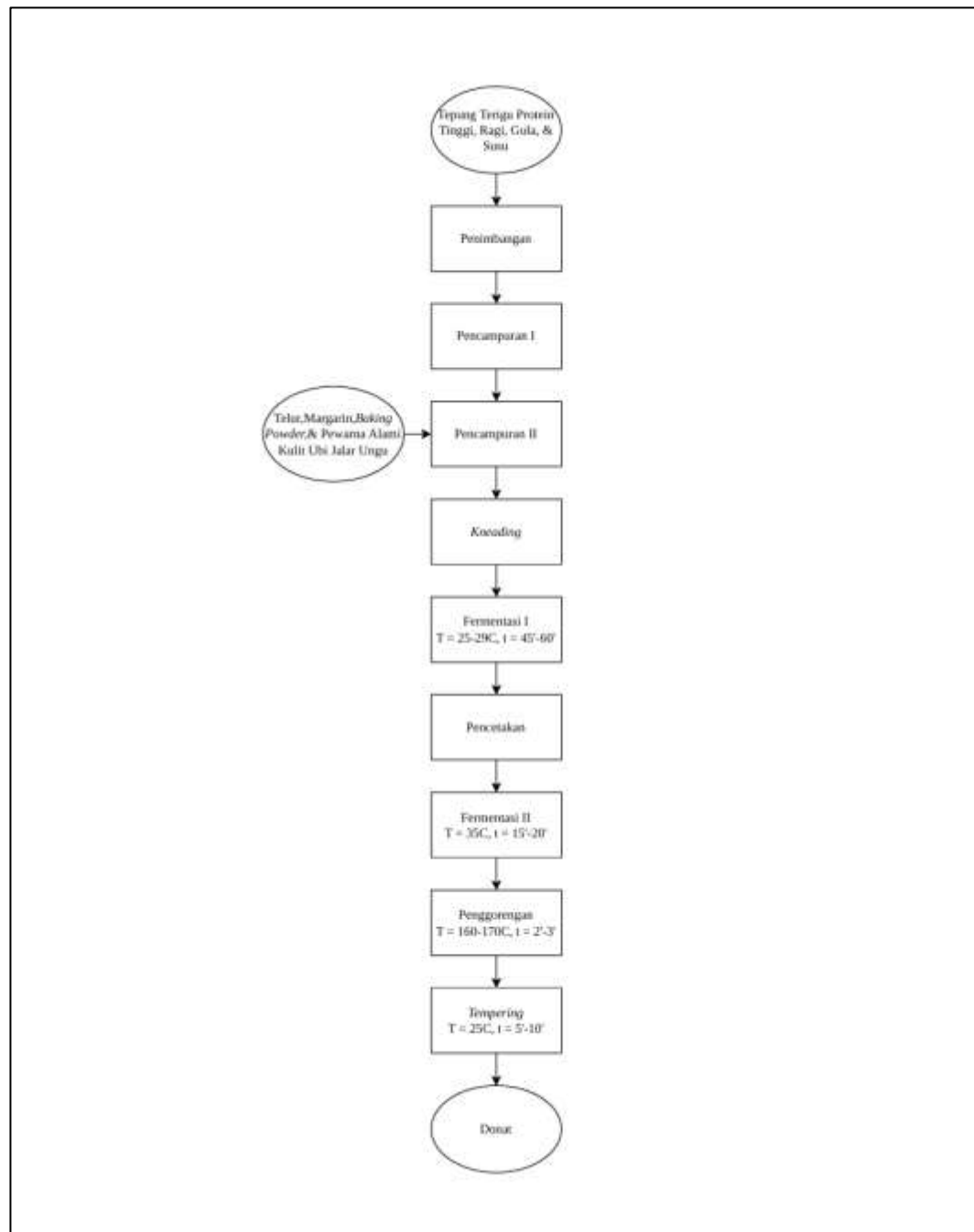
BM : Berat molekul sianidin-3-glukosida = 449,2 g/mol

FP : Faktor Pengenceran

Lampiran 5. Diagram alir produk



Gambar 6. Diagram Alir Pembuatan Produk Es Krim



Gambar 7. Diagram Alir Pembuatan Produk Donat

Lampiran 6. Perhitungan Rendemen

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat Ekstrak (gram)}}{\text{Berat Simplisia (gram)}} \times 100$$

1. Perhitungan Rendemen Perlakuan 1:2

Diketahui:

Berat Ekstrak: 112 gram

Berat Simplisia: 2500 gram

Jawab:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{112 \text{ gram}}{2500 \text{ gram}} \times 100 = 4,48\%$$

2. Perhitungan Rendemen Perlakuan 1:3

Diketahui:

Berat Ekstrak: 128 gram

Berat Simplisia: 2500 gram

Jawab:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{128}{2500} \times 100 = 5,12\%$$

3. Perhitungan Rendemen Perlakuan 1:4

Diketahui:

Berat Ekstrak: 120 gram

Berat Simplisia: 2500 gram

Jawab:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{120}{2500} \times 100 = 4,80\%$$

Lampiran 7. Perhitungan *Independent T-test* pH

$$s = \frac{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2}}{(n - 1)}$$

Keterangan:

s = standar deviasi sampel

x_i = nilai data ke-i

$\bar{x}$ = rata-rata sampel

n = jumlah sampel

Σ = jumlah seluruh data

1. Standar deviasi Adonan Donat

Diketahui:

pH Ulangan 1 = 5,91

pH Ulangan 2 = 5,80

pH Ulangan 3 = 5,69

n = 3

Jawab:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) = \frac{5,91+5,80+5,69}{3} = 5,800$$

$$s = \frac{\sqrt{(5,91-5,800)^2+(5,80-5,800)^2+(5,69-5,800)^2}}{(3-1)} = 0,110$$

2. Standar deviasi Produk Donat

Diketahui:

pH Ulangan 1 = 6,11

pH Ulangan 2 = 6,05

pH Ulangan 3 = 6,02

n = 3

Jawab:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) = \frac{6,11+6,05+6,02}{3} = 6,060$$

$$s = \frac{\sqrt{(6,11-6,060)^2+(6,05-6,060)^2+(6,02-6,060)^2}}{(3-1)} = 0,0458$$

3. Standar deviasi Adonan Es Krim

Diketahui:

$$\text{pH Ulangan 1} = 5,55$$

$$\text{pH Ulangan 2} = 5,48$$

$$\text{pH Ulangan 3} = 5,40$$

$$n = 3$$

Jawab:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) = \frac{5,55+5,48+5,40}{3} = 5,477$$

$$s = \frac{\sqrt{(5,55-5,477)^2+(5,48-5,477)^2+(5,40-5,477)^2}}{(3-1)} = 0,0750$$

4. Standar deviasi Produk Es Krim

Diketahui:

$$\text{pH Ulangan 1} = 6,10$$

$$\text{pH Ulangan 2} = 6,12$$

$$\text{pH Ulangan 3} = 6,09$$

$$n = 3$$

Jawab:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) = \frac{6,10+6,12+6,09}{3} = 6,103$$

$$s = \frac{\sqrt{(6,10-6,103)^2+(6,12-6,103)^2+(6,09-6,103)^2}}{(3-1)} = 0,0152$$

5. Standar deviasi Larutan Kontrol Donat

Diketahui:

pH Ulangan 1 = 4,61

pH Ulangan 2 = 4,62

pH Ulangan 3 = 4,60

n = 3

Jawab:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) = \frac{4,61+4,62+4,60}{3} = 4,610$$

$$s = \frac{\sqrt{(4,61-4,610)^2+(4,62-4,610)^2+(4,60-4,610)^2}}{(3-1)} = 0,010$$

6. Standar deviasi Larutan Kontrol Es Krim

Diketahui:

pH Ulangan 1 = 4,63

pH Ulangan 2 = 4,64

pH Ulangan 3 = 4,60

n = 3

Jawab:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) = \frac{4,63+4,64+4,60}{3} = 4,623$$

$$s = \frac{\sqrt{(4,63-4,623)^2+(4,64-4,623)^2+(4,60-4,623)^2}}{(3-1)} = 0,0208$$

T-hitung *Independent T-test*

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Keterangan:

$\bar{x}_1$ = rata-rata kelompok 1

$\bar{x}_2$ = rata-rata kelompok 2

s_1^2 = varians kelompok 1

s_2^2 = varians kelompok 2

n_1 = jumlah sampel kelompok 1

n_2 = jumlah sampel kelompok 2

$$\text{Derajat bebas (df)} = (n_1 + n_2) - 2$$

$$\text{Derajat bebas (df)} = (3 + 3) - 2 = 4$$

T-tabel dengan taraf 95% ($\alpha = 0,05$) untuk df 4 adalah 2,776

1. Perbandingan Adonan Donat dan Larutan Kontrol Donat

Diketahui:

$$\bar{x}_1 = 5,800$$

$$\bar{x}_2 = 4,610$$

$$s_1^2 = 0,0121$$

$$s_2^2 = 0,0001$$

$$n_1 = 3$$

$$n_2 = 3$$

Jawab:

$$t = \frac{5,800 - 4,610}{\sqrt{\frac{0,0121}{3} + \frac{0,0001}{3}}} = 18,65 > 2,776$$

2. Perbandingan Produk Donat dan Larutan Kontrol Donat

Diketahui:

$$\bar{x}_1 = 6,060$$

$$\bar{x}_2 = 4,610$$

$$s_1^2 = 0,9703$$

$$s_2^2 = 0,00015$$

$$n_1 = 3$$

$$n_2 = 3$$

Jawab:

$$t = \frac{6,060 - 4,610}{\sqrt{\frac{0,9703}{3} + \frac{0,00015}{3}}} = 53,51 > 2,776$$

3. Perbandingan Adonan Es Krim dan Larutan Kontrol Es Krim

Diketahui:

$$\bar{x}_1 = 5,477$$

$$\bar{x}_2 = 4,623$$

$$s_1^2 = 0,0056$$

$$s_2^2 = 0,0004$$

$$n_1 = 3$$

$$n_2 = 3$$

Jawab:

$$t = \frac{5,477 - 4,623}{\sqrt{\frac{0,0056}{3} + \frac{0,0004}{3}}} = 19,11 > 2,776$$

4. Perbandingan Produk Es Krim dan Larutan Kontrol Es Krim

Diketahui:

$$\bar{x}_1 = 6,103$$

$$\bar{x}_2 = 4,623$$

$$s_1^2 = 0,0002$$

$$s_2^2 = 0,0004$$

$$n_1 = 3$$

$$n_2 = 3$$

Jawab:

$$t = \frac{6,103 - 4,623}{\sqrt{\frac{0,0002}{3} + \frac{0,0004}{3}}} = 104,96 > 2,776$$

Lampiran 8. Perhitungan Kadar Antosianin

$$A = (A_{510} - A_{700}) \text{ pH}_{1,0} - (A_{510} - A_{700}) \text{ pH}_{4,5}$$

Keterangan:

A_{510} = absorbansi pada panjang gelombang 510 nm

A_{700} = absorbansi pada panjang gelombang 700 nm

pH_{1,0} dan pH_{4,5} = kondisi larutan buffer yang digunakan

$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{A \times BM \times FP \times 1000}{(\epsilon \times l)}$
--

A = absorbansi

BM = berat molekul sianidin-3-glukosida (449,2 g/mol)

FP = faktor pengenceran

ϵ = koefisien ekstingsi molar (26.900 L/mol·cm)

l = panjang lintasan kuvet (1 cm)

1000 = faktor konversi ke mg/L

1. Adonan Donat Ulangan 1

- Perhitungan Nilai Absorbansi

Diketahui:

$$A_{510 \text{ pH}_{1,0}} = 0,164$$

$$A_{700 \text{ pH}_{1,0}} = 0,104$$

$$A_{510 \text{ pH}_{4,5}} = 0,079$$

$$A_{700 \text{ pH}_{4,5}} = 0,054$$

Jawab:

$$A = (0,164 - 0,104) \text{ pH}_{1,0} - (0,079 - 0,054) \text{ pH}_{4,5}$$

$$A = 0,035$$

- Perhitungan Total Antosianin

Diketahui:

$$A = 0,035$$

$$BM = 449,2 \text{ g/mol}$$

$$FP = 10$$

Jawab:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{0,035 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{(26900 \times 1)}$$

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = 5,84 \text{ mg/gram}$$

2. Adonan Donat Ulangan 2

- Perhitungan Nilai Absorbansi

Diketahui:

$$A_{510 \text{ pH}_{1,0}} = 0,165$$

$$A_{700 \text{ pH}_{1,0}} = 0,105$$

$$A_{510 \text{ pH}_{4,5}} = 0,079$$

$$A_{700 \text{ pH}_{4,5}} = 0,056$$

Jawab:

$$A = (0,165 - 0,105) \text{ pH}_{1,0} - (0,079 - 0,056) \text{ pH}_{4,5}$$

$$A = 0,037$$

- Perhitungan Total Antosianin

Diketahui:

$$A = 0,037$$

$$BM = 449,2 \text{ g/mol}$$

$$FP = 10$$

Jawab:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{0,037 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{(26900 \times 1)}$$

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = 6,18 \text{ mg/L}$$

3. Adonan Donat Ulangan 3

- Perhitungan Nilai Absorbansi

Diketahui:

$$A_{510 \text{ pH}_{1,0}} = 0,163$$

$$A_{700 \text{ pH}_{1,0}} = 0,103$$

$$A_{510 \text{ pH}_{4,5}} = 0,078$$

$$A_{700 \text{ pH}_{4,5}} = 0,053$$

Jawab:

$$A = (0,163 - 0,103) \text{ pH}_{1,0} - (0,078 - 0,053) \text{ pH}_{4,5}$$

$$A = 0,035$$

- Perhitungan Total Antosianin

Diketahui:

$$A = 0,035$$

$$BM = 449,2 \text{ g/mol}$$

$$FP = 10$$

Jawab:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{0,035 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{(26900 \times 1)}$$

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = 5,84 \text{ mg/L}$$

4. Produk Donat Ulangan 1

- Perhitungan Nilai Absorbansi

Diketahui:

$$A_{510 \text{ pH}_{1,0}} = 0,040$$

$$A_{700 \text{ pH}_{1,0}} = 0,020$$

$$A_{510 \text{ pH}_{4,5}} = 0,044$$

$$A_{700 \text{ pH}_{4,5}} = 0,031$$

Jawab:

$$A = (0,040 - 0,020) \text{ pH}_{1,0} - (0,044 - 0,031) \text{ pH}_{4,5}$$

$$A = 0,007$$

- Perhitungan Total Antosianin

Diketahui:

$$A = 0,007$$

$$\text{BM} = 449,2 \text{ g/mol}$$

$$\text{FP} = 10$$

Jawab:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{0,007 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{(26900 \times 1)}$$

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = 1,17 \text{ mg/L}$$

5. Produk Donat Ulangan 2

- Perhitungan Nilai Absorbansi

Diketahui:

$$A_{510 \text{ pH}_{1,0}} = 0,041$$

$$A_{700 \text{ pH}_{1,0}} = 0,021$$

$$A_{510} \text{ pH}_{4,5} = 0,044$$

$$A_{700} \text{ pH}_{4,5} = 0,030$$

Jawab:

$$A = (0,041 - 0,021) \text{ pH}_{1,0} - (0,044 - 0,030) \text{ pH}_{4,5}$$

$$A = 0,006$$

- Perhitungan Total Antosianin

Diketahui:

$$A = 0,006$$

$$\text{BM} = 449,2 \text{ g/mol}$$

$$\text{FP} = 10$$

Jawab:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{0,006 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{(26900 \times 1)}$$

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = 0,68 \text{ mg/L}$$

6. Produk Donat Ulangan 3

- Perhitungan Nilai Absorbansi

Diketahui:

$$A_{510} \text{ pH}_{1,0} = 0,039$$

$$A_{700} \text{ pH}_{1,0} = 0,019$$

$$A_{510} \text{ pH}_{4,5} = 0,043$$

$$A_{700} \text{ pH}_{4,5} = 0,029$$

Jawab:

$$A = (0,039 - 0,019) \text{ pH}_{1,0} - (0,043 - 0,029) \text{ pH}_{4,5}$$

$$A = 0,006$$

- Perhitungan Total Antosianin

Diketahui:

$$A = 0,006$$

$$BM = 449,2 \text{ g/mol}$$

$$FP = 10$$

Jawab:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{0,006 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{(26900 \times 1)}$$

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = 1,00 \text{ mg/L}$$

7. Adonan Es Krim Ulangan 1

- Perhitungan Nilai Absorbansi

Diketahui:

$$A_{510 \text{ pH}_{1,0}} = 0,160$$

$$A_{700 \text{ pH}_{1,0}} = 0,082$$

$$A_{510 \text{ pH}_{4,5}} = 0,030$$

$$A_{700 \text{ pH}_{4,5}} = 0,014$$

Jawab:

$$A = (0,160 - 0,082) \text{ pH}_{1,0} - (0,030 - 0,014) \text{ pH}_{4,5}$$

$$A = 0,062$$

- Perhitungan Total Antosianin

Diketahui:

$$A = 0,062$$

$$BM = 449,2 \text{ g/mol}$$

$$FP = 10$$

Jawab:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{0,062 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{(26900 \times 1)}$$

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = 10,35 \text{ mg/L}$$

8. Adonan Es Krim Ulangan 2

- Perhitungan Nilai Absorbansi

Diketahui:

$$A_{510 \text{ pH}_{1,0}} = 0,163$$

$$A_{700 \text{ pH}_{1,0}} = 0,085$$

$$A_{510 \text{ pH}_{4,5}} = 0,031$$

$$A_{700 \text{ pH}_{4,5}} = 0,017$$

Jawab:

$$A = (0,163 - 0,085) \text{ pH}_{1,0} - (0,031 - 0,017) \text{ pH}_{4,5}$$

$$A = 0,064$$

- Perhitungan Total Antosianin

Diketahui:

$$A = 0,064$$

$$BM = 449,2 \text{ g/mol}$$

$$FP = 10$$

Jawab:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{0,064 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{(26900 \times 1)}$$

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = 10,69 \text{ mg/L}$$

9. Adonan Es Krim Ulangan 3

- Perhitungan Nilai Absorbansi

Diketahui:

$$A_{510} \text{ pH}_{1,0} = 0,159$$

$$A_{700} \text{ pH}_{1,0} = 0,080$$

$$A_{510} \text{ pH}_{4,5} = 0,029$$

$$A_{700} \text{ pH}_{4,5} = 0,015$$

Jawab:

$$A = (0,159 - 0,080) \text{ pH}_{1,0} - (0,029 - 0,015) \text{ pH}_{4,5}$$

$$A = 0,065$$

- Perhitungan Total Antosianin

Diketahui:

$$A = 0,065$$

$$\text{BM} = 449,2 \text{ g/mol}$$

$$\text{FP} = 10$$

Jawab:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{0,065 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{(26900 \times 1)}$$

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = 10,85 \text{ mg/L}$$

10. Produk Es Krim Ulangan 1

- Perhitungan Nilai Absorbansi

Diketahui:

$$A_{510} \text{ pH}_{1,0} = 0,147$$

$$A_{700\text{pH}_{1,0}} = 0,074$$

$$A_{510\text{pH}_{4,5}} = 0,035$$

$$A_{700\text{pH}_{4,5}} = 0,016$$

Jawab:

$$A = (0,147 - 0,074) \text{pH}_{1,0} - (0,035 - 0,016) \text{pH}_{4,5}$$

$$A = 0,054$$

- Perhitungan Total Antosianin

Diketahui:

$$A = 0,054$$

$$\text{BM} = 449,2 \text{ g/mol}$$

$$\text{FP} = 10$$

Jawab:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{0,054 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{(26900 \times 1)}$$

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = 9,01 \text{ mg/L}$$

11. Produk Es Krim Ulangan 2

- Perhitungan Nilai Absorbansi

Diketahui:

$$A_{510\text{pH}_{1,0}} = 0,152$$

$$A_{700\text{pH}_{1,0}} = 0,079$$

$$A_{510\text{pH}_{4,5}} = 0,036$$

$$A_{700\text{pH}_{4,5}} = 0,020$$

Jawab:

$$A = (0,152 - 0,079) \text{pH}_{1,0} - (0,036 - 0,020) \text{pH}_{4,5}$$

$$A = 0,057$$

- Perhitungan Total Antosianin

Diketahui:

$$A = 0,057$$

$$BM = 449,2 \text{ g/mol}$$

$$FP = 10$$

Jawab:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{0,057 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{(26900 \times 1)}$$

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = 9,52 \text{ mg/L}$$

12. Produk Es Krim Ulangan 3

- Perhitungan Nilai Absorbansi

Diketahui:

$$A_{510 \text{ pH}_{1,0}} = 0,146$$

$$A_{700 \text{ pH}_{1,0}} = 0,070$$

$$A_{510 \text{ pH}_{4,5}} = 0,035$$

$$A_{700 \text{ pH}_{4,5}} = 0,014$$

Jawab:

$$A = (0,146 - 0,070) \text{ pH}_{1,0} - (0,035 - 0,014) \text{ pH}_{4,5}$$

$$A = 0,055$$

- Perhitungan Total Antosianin

Diketahui:

$$A = 0,055$$

$$BM = 449,2 \text{ g/mol}$$

$$FP = 10$$

Jawab:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{0,055 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{(26900 \times 1)}$$

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = 9,18 \text{ mg/L}$$

13. Larutan Kontrol Donat Ulangan 1

- Perhitungan Nilai Absorbansi

Diketahui:

$$A_{510 \text{ pH}_{1,0}} = 0,251$$

$$A_{700 \text{ pH}_{1,0}} = 0,070$$

$$A_{510 \text{ pH}_{4,5}} = 0,054$$

$$A_{700 \text{ pH}_{4,5}} = 0,009$$

Jawab:

$$A = (0,251 - 0,070) \text{ pH}_{1,0} - (0,054 - 0,009) \text{ pH}_{4,5}$$

$$A = 0,136$$

- Perhitungan Total Antosianin

Diketahui:

$$A = 0,136$$

$$BM = 449,2 \text{ g/mol}$$

$$FP = 10$$

Jawab:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{0,136 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{(26900 \times 1)}$$

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = 22,71 \text{ mg/L}$$

14. Larutan Kontrol Donat Ulangan 2

- Perhitungan Nilai Absorbansi

Diketahui:

$$A_{510 \text{ pH}_{1,0}} = 0,252$$

$$A_{700 \text{ pH}_{1,0}} = 0,069$$

$$A_{510 \text{ pH}_{4,5}} = 0,054$$

$$A_{700 \text{ pH}_{4,5}} = 0,010$$

Jawab:

$$A = (0,252 - 0,069) \text{ pH}_{1,0} - (0,054 - 0,010) \text{ pH}_{4,5}$$

$$A = 0,139$$

- Perhitungan Total Antosianin

Diketahui:

$$A = 0,139$$

$$\text{BM} = 449,2 \text{ g/mol}$$

$$\text{FP} = 10$$

Jawab:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{0,139 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{(26900 \times 1)}$$

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = 23,21 \text{ mg/L}$$

15. Larutan Kontrol Donat Ulangan 3

- Perhitungan Nilai Absorbansi

Diketahui:

$$A_{510 \text{ pH}_{1,0}} = 0,250$$

$$A_{700 \text{ pH}_{1,0}} = 0,069$$

$$A_{510 \text{ pH}_{4,5}} = 0,055$$

$$A_{700 \text{ pH}_{4,5}} = 0,008$$

Jawab:

$$A = (0,250 - 0,069) \text{ pH}_{1,0} - (0,055 - 0,008) \text{ pH}_{4,5}$$

$$A = 0,134$$

- Perhitungan Total Antosianin

Diketahui:

$$A = 0,134$$

$$\text{BM} = 449,2 \text{ g/mol}$$

$$\text{FP} = 10$$

Jawab:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{0,134 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{(26900 \times 1)}$$

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = 22,37 \text{ mg/L}$$

16. Larutan Kontrol Es Krim Ulangan 1

- Perhitungan Nilai Absorbansi

Diketahui:

$$A_{510 \text{ pH}_{1,0}} = 0,154$$

$$A_{700\text{pH}_{1,0}} = 0,009$$

$$A_{510\text{pH}_{4,5}} = 0,062$$

$$A_{700\text{pH}_{4,5}} = 0,012$$

Jawab:

$$A = (0,154 - 0,009) \text{pH}_{1,0} - (0,062 - 0,012) \text{pH}_{4,5}$$

$$A = 0,095$$

- Perhitungan Total Antosianin

Diketahui:

$$A = 0,095$$

$$\text{BM} = 449,2 \text{ g/mol}$$

$$\text{FP} = 10$$

Jawab:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{0,095 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{(26900 \times 1)}$$

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = 15,86 \text{ mg/L}$$

17. Larutan Kontrol Es Krim Ulangan 2

- Perhitungan Nilai Absorbansi

Diketahui:

$$A_{510\text{pH}_{1,0}} = 0,154$$

$$A_{700\text{pH}_{1,0}} = 0,011$$

$$A_{510\text{pH}_{4,5}} = 0,062$$

$$A_{700\text{pH}_{4,5}} = 0,013$$

Jawab:

$$A = (0,154 - 0,011) \text{ pH}_{1,0} - (0,062 - 0,013) \text{ pH}_{4,5}$$

$$A = 0,094$$

- Perhitungan Total Antosianin

Diketahui:

$$A = 0,094$$

$$\text{BM} = 449,2 \text{ g/mol}$$

$$\text{FP} = 10$$

Jawab:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{0,094 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{(26900 \times 1)}$$

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = 15,70 \text{ mg/L}$$

18. Larutan Kontrol Es Krim Ulangan 3

- Perhitungan Nilai Absorbansi

Diketahui:

$$A_{510 \text{ pH}_{1,0}} = 0,152$$

$$A_{700 \text{ pH}_{1,0}} = 0,009$$

$$A_{510 \text{ pH}_{4,5}} = 0,061$$

$$A_{700 \text{ pH}_{4,5}} = 0,011$$

Jawab:

$$A = (0,152 - 0,009) \text{ pH}_{1,0} - (0,061 - 0,011) \text{ pH}_{4,5}$$

$$A = 0,093$$

- Perhitungan Total Antosianin

Diketahui:

$$A = 0,093$$

$$BM = 449,2 \text{ g/mol}$$

$$FP = 10$$

Jawab:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{0,093 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{(26900 \times 1)}$$

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = 15,52 \text{ mg/L}$$

Lampiran 9. Perhitungan *Independent T-test* Kadar Antosianin

$$s = \frac{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2}}{(n - 1)}$$

1. Standar deviasi Adonan Donat

Diketahui:

Kadar Antosianin Ulangan 1 = 5,84 mg/L

Kadar Antosianin Ulangan 2 = 6,18 mg/L

Kadar Antosianin Ulangan 3 = 5,84 mg/L

$n = 3$

Jawab:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) = \frac{5,84+6,18+5,84}{3} = 5,953$$

$$s = \frac{\sqrt{(5,84-5,953)^2+(6,18-5,953)^2+(5,84-5,953)^2}}{(3 - 1)} = 0,1963$$

2. Standar deviasi Produk Donat

Diketahui:

Kadar Antosianin Ulangan 1 = 1,17 mg/L

Kadar Antosianin Ulangan 2 = 0,68 mg/L

Kadar Antosianin Ulangan 3 = 1,00 mg/L

$n = 3$

Jawab:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) = \frac{1,17+0,68+1,00}{3} = 0,950 \text{ mg/L}$$

$$s = \frac{\sqrt{(1,17-0,950)^2+(0,68-0,950)^2+(1,00-0,950)^2}}{(3 - 1)} = 0,2487$$

3. Standar deviasi Adonan Es Krim

Diketahui:

Kadar Antosianin Ulangan 1 = 1,17 mg/L

Kadar Antosianin Ulangan 2 = 0,68 mg/L

Kadar Antosianin Ulangan 3 = 1,00 mg/L

$n = 3$

Jawab:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) = \frac{10,35+10,09+10,85}{3} = 10,630 \text{ mg/L}$$

$$s = \frac{\sqrt{(10,35-10,630)^2+(10,09-10,630)^2+(10,85-10,630)^2}}{(3-1)} = 0,2553$$

4. Standar deviasi Produk Es Krim

Diketahui:

Kadar Antosianin Ulangan 1 = 9,01 mg/L

Kadar Antosianin Ulangan 2 = 9,52 mg/L

Kadar Antosianin Ulangan 3 = 9,18 mg/L

$n = 3$

Jawab:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) = \frac{9,01+9,52+9,18}{3} = 9,237$$

$$s = \frac{\sqrt{(9,01-9,237)^2+(9,52-9,237)^2+(9,18-9,237)^2}}{(3-1)} = 0,2598$$

5. Standar deviasi Larutan Kontrol Donat

Diketahui:

Kadar Antosianin Ulangan 1 = 22,71 mg/L

Kadar Antosianin Ulangan 2 = 23,21 mg/L

Kadar Antosianin Ulangan 3 = 22,37 mg/L

$$n = 3$$

Jawab:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) = \frac{22,71+23,21+22,37}{3} = 22,763$$

$$s = \frac{\sqrt{(22,71-22,763)^2+(23,21-22,763)^2+(22,37-22,763)^2}}{(3-1)} = 0,4225$$

6. Standar deviasi Larutan Kontrol Es Krim

Diketahui:

Kadar Antosianin Ulangan 1 = 15,86 mg/L

Kadar Antosianin Ulangan 2 = 15,70 mg/L

Kadar Antosianin Ulangan 3 = 15,52 mg/L

$$n = 3$$

Jawab:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) = \frac{15,86+15,70+15,52}{3} = 15,693$$

$$s = \frac{\sqrt{(15,86-15,693)^2+(15,70-15,693)^2+(15,52-15,693)^2}}{(3-1)} = 0,1701$$

T-hitung independet t-test

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Keterangan:

$\bar{x}_1$ = rata-rata kelompok 1

$\bar{x}_2$ = rata-rata kelompok 2

s_1^2 = varians kelompok 1

s_2^2 = varians kelompok 2

n_1 = jumlah sampel kelompok 1

n_2 = jumlah sampel kelompok 2

$$\text{Derajat bebas (df)} = (n_1 + n_2) - 2$$

$$\text{Derajat bebas (df)} = (3 + 3) - 2 = 4$$

T-tabel dengan taraf 95% ($\alpha = 0,05$) untuk df 4 adalah 2,776

1. Perbandingan Adonan Donat dan Larutan Kontrol Donat

Diketahui:

$$\bar{x}_1 = 5,953$$

$$\bar{x}_2 = 22,763$$

$$s_1^2 = 0,038$$

$$s_2^2 = 0,179$$

$$n_1 = 3$$

$$n_2 = 3$$

Jawab:

$$t = \frac{5,953 - 22,763}{\sqrt{\frac{0,038}{3} + \frac{0,179}{3}}} = 62,49 > 2,776$$

2. Perbandingan Produk Donat dan Larutan Kontrol Donat

Diketahui:

$$\bar{x}_1 = 5,950$$

$$\bar{x}_2 = 22,763$$

$$s_1^2 = 0,062$$

$$s_2^2 = 0,179$$

$$n_1 = 3$$

$$n_2 = 3$$

Jawab:

$$t = \frac{0,950 - 22,763}{\sqrt{\frac{0,062}{3} + \frac{0,179}{3}}} = 77,08 > 2,776$$

3. Perbandingan Adonan Es Krim dan Larutan Kontrol Es Krim

Diketahui:

$$\bar{x}_1 = 10,630$$

$$\bar{x}_2 = 15,693$$

$$s_1^2 = 0,065$$

$$s_2^2 = 0,029$$

$$n_1 = 3$$

$$n_2 = 3$$

Jawab:

$$t = \frac{10,630 - 15,693}{\sqrt{\frac{0,065}{3} + \frac{0,029}{3}}} = 28,60 > 2,776$$

4. Perbandingan Produk Es Krim adonan Larutan Kontrol Es Krim

Diketahui:

$$\bar{x}_1 = 9,237$$

$$\bar{x}_2 = 15,693$$

$$s_1^2 = 0,067$$

$$s_2^2 = 0,029$$

$$n_1 = 3$$

$$n_2 = 3$$

Jawab:

$$t = \frac{9,237 - 15,693}{\sqrt{\frac{0,067}{3} + \frac{0,029}{3}}} = 36,06 > 2,776$$

Lampiran 10. Perhitungan *Independent T-test* Intensitas Warna

$$s = \frac{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2}}{(n - 1)}$$

Keterangan:

s = standar deviasi sampel

x_i = nilai data ke-i

$\bar{x}$ = rata-rata sampel

n = jumlah sampel

Σ = jumlah seluruh data

1. Standar deviasi Adonan Donat

Diketahui:

$$L^* \text{ Ulangan 1} = 56,43$$

$$L^* \text{ Ulangan 2} = 55,62$$

$$L^* \text{ Ulangan 3} = 54,81$$

$$a^* \text{ Ulangan 1} = 12,60$$

$$a^* \text{ Ulangan 2} = 12,50$$

$$a^* \text{ Ulangan 3} = 2,40$$

$$b^* \text{ Ulangan 1} = 22,57$$

$$b^* \text{ Ulangan 2} = 21,50$$

$$b^* \text{ Ulangan 3} = 21,43$$

$$n = 3$$

Jawab:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) L^* = \frac{56,43+55,62+54,81}{3} = 55,62$$

$$s L^* = \frac{\sqrt{(56,43-55,62)^2 + (55,62-55,62)^2 + (54,81-55,62)^2}}{(3-1)} = 0,810$$

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) a^* = \frac{12,60+12,50+12,40}{3} = 12,50$$

$$s a^* = \frac{\sqrt{(12,60-12,50)^2 + (12,50-12,50)^2 + (12,40-12,50)^2}}{(3-1)} = 0,100$$

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) b^* = \frac{22,57+21,50+21,43}{3} = 21,83$$

$$s b^* = \frac{\sqrt{(22,57-21,83)^2 + (21,50-21,83)^2 + (21,43-21,83)^2}}{(3-1)} = 0,638$$

2. Standar deviasi Produk Donat

Diketahui:

$$L^* \text{ Ulangan 1} = 46,47$$

$$L^* \text{ Ulangan 2} = 45,50$$

$$L^* \text{ Ulangan 3} = 44,50$$

$$a^* \text{ Ulangan 1} = 11,55$$

$$a^* \text{ Ulangan 2} = 11,50$$

$$a^* \text{ Ulangan 3} = 11,45$$

$$b^* \text{ Ulangan 1} = 19,89$$

$$b^* \text{ Ulangan 2} = 19,60$$

$$b^* \text{ Ulangan 3} = 19,30$$

$$n = 3$$

Jawab:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) L^* = \frac{46,47+45,50+44,50}{3} = 45,49$$

$$s L^* = \frac{\sqrt{(46,47-45,49)^2 + (45,50-45,49)^2 + (44,50-45,49)^2}}{(3-1)} = 0,985$$

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) a^* = \frac{11,55+11,50+11,45}{3} = 11,50$$

$$s a^* = \frac{\sqrt{(11,55-11,50)^2 + (11,50-11,50)^2 + (11,45-11,50)^2}}{(3-1)} = 0,050$$

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) b^* = \frac{19,89+19,60+19,30}{3} = 19,60$$

$$s b^* = \frac{\sqrt{(19,89-19,60)^2 + (19,60-19,60)^2 + (19,30-19,60)^2}}{(3-1)} = 0,295$$

3. Standar deviasi Adonan Es Krim

Diketahui:

$$L^* \text{ Ulangan 1} = 59,60$$

$$L^* \text{ Ulangan 2} = 59,62$$

$$L^* \text{ Ulangan 3} = 59,29$$

$$a^* \text{ Ulangan 1} = 10,06$$

$$a^* \text{ Ulangan 2} = 10,07$$

$$a^* \text{ Ulangan 3} = 10,06$$

$$b^* \text{ Ulangan 1} = 18,10$$

$$b^* \text{ Ulangan 2} = 18,12$$

$$b^* \text{ Ulangan 3} = 18,10$$

$$n = 3$$

Jawab:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) L^* = \frac{59,60+59,62+59,29}{3} = 59,60$$

$$s L^* = \frac{\sqrt{(59,60-59,60)^2 + (59,62-59,60)^2 + (59,29-59,60)^2}}{(3-1)} = 0,015$$

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) a^* = \frac{10,06+10,07+10,06}{3} = 10,06$$

$$s a^* = \frac{\sqrt{(10,06-10,06)^2 + (10,07-10,06)^2 + (10,06-10,06)^2}}{(3-1)} = 0,007$$

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) b^* = \frac{18,10+18,12+18,10}{3} = 18,11$$

$$s b^* = \frac{\sqrt{(18,10-18,11)^2 + (18,12-18,11)^2 + (18,10-18,11)^2}}{(3-1)} = 0,012$$

4. Standar deviasi Produk Es Krim

Diketahui:

$$L^* \text{ Ulangan 1} = 59,94$$

$$L^* \text{ Ulangan 2} = 59,50$$

$$L^* \text{ Ulangan 3} = 59,06$$

$$a^* \text{ Ulangan 1} = 10,00$$

$$a^* \text{ Ulangan 2} = 10,11$$

$$a^* \text{ Ulangan 3} = 10,09$$

$$b^* \text{ Ulangan 1} = 18,28$$

$$b^* \text{ Ulangan 2} = 18,30$$

$$b^* \text{ Ulangan 3} = 18,28$$

$$n = 3$$

Jawab:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) L^* = \frac{59,94+59,50+59,06}{3} = 59,50$$

$$s L^* = \frac{\sqrt{(59,94-59,50)^2 + (59,50-59,50)^2 + (59,06-59,50)^2}}{(3-1)} = 0,440$$

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) a^* = \frac{10,00+10,11+10,09}{3} = 10,07$$

$$s a^* = \frac{\sqrt{(10,00-10,07)^2 + (10,11-10,07)^2 + (10,09-10,07)^2}}{(3-1)} = 0,058$$

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) b^* = \frac{18,28+18,30+18,28}{3} = 18,29$$

$$s b^* = \frac{\sqrt{(18,28-18,29)^2 + (18,30-18,29)^2 + (18,28-18,29)^2}}{(3-1)} = 0,012$$

5. Standar deviasi Larutan Kontrol Donat

Diketahui:

$$L^* \text{ Ulangan 1} = 36,24$$

$$L^* \text{ Ulangan 2} = 36,26$$

$$L^* \text{ Ulangan 3} = 36,24$$

$$a^* \text{ Ulangan 1} = 1,17$$

$$a^* \text{ Ulangan 2} = 1,18$$

$$a^* \text{ Ulangan 3} = 1,17$$

$$b^* \text{ Ulangan 1} = 14,49$$

$$b^* \text{ Ulangan 2} = 14,50$$

$$b^* \text{ Ulangan 3} = 14,48$$

$$n = 3$$

Jawab:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) L^* = \frac{36,24+36,26+36,24}{3} = 36,25$$

$$s L^* = \frac{\sqrt{(36,24-36,25)^2 + (36,26-36,25)^2 + (36,24-36,25)^2}}{(3-1)} = 0,012$$

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) a^* = \frac{1,17+1,18+1,17}{3} = 1,17$$

$$s a^* = \frac{\sqrt{(1,17-1,17)^2+(1,18-1,17)^2+(1,17-1,17)^2}}{(3-1)} = 0,007$$

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) b^* = \frac{14,49+14,50+14,48}{3} = 14,49$$

$$s b^* = \frac{\sqrt{(14,49-14,49)^2+(14,50-14,49)^2+(14,48-14,49)^2}}{(3-1)} = 0,010$$

6. Standar deviasi Larutan Kontrol Es Krim

Diketahui:

$$L^* \text{ Ulangan 1} = 36,28$$

$$L^* \text{ Ulangan 2} = 36,29$$

$$L^* \text{ Ulangan 3} = 36,27$$

$$a^* \text{ Ulangan 1} = 1,23$$

$$a^* \text{ Ulangan 2} = 1,23$$

$$a^* \text{ Ulangan 3} = 1,22$$

$$b^* \text{ Ulangan 1} = 14,47$$

$$b^* \text{ Ulangan 2} = 14,49$$

$$b^* \text{ Ulangan 3} = 14,46$$

$$n = 3$$

Jawab:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) L^* = \frac{36,28+36,29+36,27}{3} = 36,28$$

$$s L^* = \frac{\sqrt{(36,28-36,28)^2+(36,29-36,28)^2+(36,27-36,28)^2}}{(3-1)} = 0,010$$

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) a^* = \frac{1,23+1,23+1,22}{3} = 1,23$$

$$s a^* = \frac{\sqrt{(1,23-1,23)^2+(1,23-1,23)^2+(1,22-1,23)^2}}{(3-1)} = 0,007$$

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) b^* = \frac{14,47+14,49+14,46}{3} = 14,47$$

$$s b^* = \frac{\sqrt{(14,47-14,49)^2+(14,49-14,47)^2+(14,46-14,47)^2}}{(3-1)} = 0,015$$

T-hitung *independet t-test*

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Keterangan:

$\bar{x}_1$ = rata-rata kelompok 1

$\bar{x}_2$ = rata-rata kelompok 2

s_1^2 = varians kelompok 1

s_2^2 = varians kelompok 2

n_1 = jumlah sampel kelompok 1

n_2 = jumlah sampel kelompok 2

Rumus Derajat Bebas:

$$\text{Derajat bebas (df)} = (n_1+n_2) - 2$$

$$\text{Derajat bebas (df)} = (3+3) - 2 = 4$$

T-tabel dengan taraf 95% ($\alpha = 0,05$) untuk df 4 adalah 2,776

1. Perbandingan Adonan Donat dan Larutan Kontrol Donat

Diketahui:

$$\bar{x}_1 = 55,62$$

$$\bar{x}_2 = 36,25$$

$$s_1^2 = 0,651$$

$$s_2^2 = 0,00015$$

$$n_1 = 3$$

$$n_2 = 3$$

Jawab:

$$L^*: t = \frac{55,62 - 36,25}{\sqrt{\frac{0,651}{3} + \frac{0,00015}{3}}} = 40,77 > 2,776$$

$$a^*: t = \frac{12,50 - 1,17}{\sqrt{\frac{0,01}{3} + \frac{0,00005}{3}}} = 182,74 > 2,776$$

$$b^*: t = \frac{21,83 - 14,49}{\sqrt{\frac{0,40825}{3} + \frac{0,0001}{3}}} = 19,57 > 2,776$$

2. Perbandingan Produk Donat dan Larutan Kontrol Donat

Diketahui:

$$\bar{x}_1 = 45,62$$

$$\bar{x}_2 = 36,25$$

$$s_1^2 = 0,9703$$

$$s_2^2 = 0,00015$$

$$n_1 = 3$$

$$n_2 = 3$$

Jawab:

$$L^*: t = \frac{45,62 - 36,25}{\sqrt{\frac{0,9703}{3} + \frac{0,00015}{3}}} = 16,05 > 2,776$$

$$a^* : t = \frac{11,50 - 1,17}{\sqrt{\frac{0,0025}{3} + \frac{0,00005}{3}}} = 313,98 > 2,776$$

$$b^* : t = \frac{19,60 - 14,49}{\sqrt{\frac{0,087025}{3} + \frac{0,0001}{3}}} = 29,02 > 2,776$$

3. Perbandingan Adonan Es Krim dan Larutan Kontrol Es Krim

Diketahui:

$$\bar{x}_1 = 55,62$$

$$\bar{x}_2 = 36,25$$

$$s_1^2 = 0,651$$

$$s_2^2 = 0,00015$$

$$n_1 = 3$$

$$n_2 = 3$$

Jawab:

$$L^* : t = \frac{59,60 - 36,28}{\sqrt{\frac{0,00025}{3} + \frac{0,0001}{3}}} = 1558,39 > 2,776$$

$$a^* : t = \frac{10,06 - 1,23}{\sqrt{\frac{0,00005}{3} + \frac{0,00005}{3}}} = 1090,12 > 2,776$$

$$b^* : t = \frac{18,11 - 14,47}{\sqrt{\frac{0,00015}{3} + \frac{0,00025}{3}}} = 226,09 > 2,776$$

4. Perbandingan Produk Es Krim dan Larutan Kontrol Es Krim

Diketahui:

$$\bar{x}_1 = 59,60$$

$$\bar{x}_2 = 36,28$$

$$s_1^2 = 0,1936$$

$$s_2^2 = 0,0001$$

$$n_1 = 3$$

$$n_2 = 3$$

Jawab:

$$L^*: t = \frac{59,60 - 36,28}{\sqrt{\frac{0,1936}{3} + \frac{0,0001}{3}}} = 89,38 > 2,776$$

$$a^*: t = \frac{10,07 - 1,23}{\sqrt{\frac{0,00345}{3} + \frac{0,00005}{3}}} = 233,25 > 2,776$$

$$b^*: t = \frac{18,29 - 14,47}{\sqrt{\frac{0,00015}{3} + \frac{0,00025}{3}}} = 237,27 > 2,776$$

Lampiran 11. Hasil Analisis pH

Kode Sampel	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
	pH	pH	pH
AD	5,91	5,80	5,69
PD	6,11	6,05	6,02
AE	5,55	5,48	5,40
PE	6,10	6,12	6,09
LKD	4,61	4,62	4,60
LKE	4,63	4,64	4,60
PA	4,50	4,53	4,49

Kode Sampel	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata	Standar Deviasi
AD	5,91	5,80	5,69	5,80	0,11
PD	6,11	6,05	6,02	6,06	0,05
LKD	4,61	4,62	4,60	4,61	0,01
AE	5,55	5,48	5,40	5,48	0,08
PE	6,10	6,12	6,09	6,10	0,02
LKE	4,63	4,64	4,60	4,62	0,02

Keterangan:

AD = Adonan Donat

PD = Produk Donat

LKD = Larutan Kontrol Donat

AE = Adonan Es Krim

PE = Produk Es Krim

LKE = Larutan Kontrol Es Krim

Lampiran 12. Hasil Analisis Kadar Antosianin

Kode Sampel	Ulangan 1				Ulangan 2				Ulangan 3			
	pH 1		pH 4,5		pH 1		pH 4,5		pH 1		pH 4,5	
	WL510 .0	WL700 .0	WL510 .0	WL700 .0	WL510 .0	WL700 .0	WL510 .0	WL700 .0	WL510 .0	WL700 .0	WL510 .0	WL700 .0
AD	0,164	0,104	0,079	0,054	0,165	0,105	0,079	0,056	0,163	0,103	0,078	0,053
PD	0,040	0,020	0,044	0,031	0,041	0,021	0,044	0,030	0,039	0,019	0,043	0,029
AE	0,160	0,082	0,030	0,014	0,163	0,085	0,031	0,017	0,159	0,080	0,029	0,015
PE	0,147	0,074	0,035	0,016	0,152	0,079	0,036	0,020	0,146	0,070	0,035	0,014
LKD	0,251	0,070	0,054	0,009	0,252	0,069	0,054	0,010	0,250	0,069	0,055	0,008
LKE	0,154	0,009	0,062	0,012	0,154	0,011	0,062	0,013	0,152	0,009	0,061	0,011
PA	0,318	0,023	0,214	0,076	0,318	0,024	0,213	0,077	0,317	0,023	0,215	0,075

Kode Sampel	Kadar Antosianin (mg/L)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
AD	5,84	6,18	5,84
PD	1,17	0,68	1,00
AE	10,35	10,69	10,85
PE	9,01	9,52	9,18
LKD	22,71	23,21	22,37
LKE	15,86	15,70	15,52
PA	26,22	26,38	25,71

Kode Sampel	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata	Standar Deviasi
AD	5,84	6,18	5,84	5,95	0,20
PD	1,17	0,68	1,00	0,95	0,25
LKD	22,71	23,21	22,37	22,76	0,42
AE	10,35	10,69	10,85	10,63	0,26
PE	9,01	9,52	9,18	9,24	0,26
LKE	15,86	15,70	15,52	15,69	0,17

Keterangan:

AD = Adonan Donat

PD = Produk Donat

LKD = Larutan Kontrol Donat

AE = Adonan Es Krim

PE = Produk Es Krim

LKE = Larutan Kontrol Es Krim

Lampiran 13. Hasil Analisis Intensitas Warna

Kode Sampel	Ulangan 1			Ulangan 2			Ulangan 3		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
AD	56,43	12,60	22,57	55,62	12,50	21,50	54,81	12,40	21,43
PD	46,47	11,55	19,89	45,50	11,50	19,60	44,50	11,45	19,30
AE	59,60	10,06	18,10	59,62	10,07	18,12	59,59	10,06	18,10
PE	59,94	10,00	18,28	59,50	10,11	18,30	59,06	10,09	18,28
LKD	36,24	1,17	14,49	36,26	1,18	14,50	36,24	1,17	14,48
LKE	36,28	1,23	14,47	36,29	1,23	14,49	36,27	1,22	14,46
PA	33,10	1,40	13,35	33,20	1,50	13,30	33,09	1,45	13,25

Kode Sampel	L*		a*		b*	
	Rata-rata	Standar Deviasi	Rata-rata	Standar Deviasi	Rata-rata	Standar Deviasi
AD	55,62	0,810	12,50	0,100	21,83	0,639
PD	45,49	0,985	11,50	0,050	19,60	0,295
LKD	36,25	0,012	1,17	0,007	14,49	0,010
AE	59,60	0,015	10,06	0,007	18,11	0,012
PE	59,50	0,440	10,07	0,058	18,29	0,012
LKE	36,28	0,010	1,23	0,007	14,47	0,015

Keterangan:

AD = Adonan Donat

PD = Produk Donat

LKD = Larutan Kontrol Donat

AE = Adonan Es Krim

PE = Produk Es Krim

LKE = Larutan Kontrol Es Krim

Lampiran 14. *T- Tabel*

t Table											
cum. prob	$t_{.50}$	$t_{.75}$	$t_{.80}$	$t_{.85}$	$t_{.90}$	$t_{.95}$	$t_{.975}$	$t_{.99}$	$t_{.995}$	$t_{.999}$	$t_{.9995}$
one-tail	0.50	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005
two-tails	1.00	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.002	0.001
df											
1	0.000	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	318.31	636.62
2	0.000	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.599
3	0.000	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.924
4	0.000	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	0.000	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	0.000	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	0.000	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	0.000	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	0.000	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	0.000	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	0.000	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	0.000	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	0.000	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	0.000	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	0.000	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	0.000	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	0.000	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	0.000	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	0.000	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	0.000	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
21	0.000	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819
22	0.000	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792
23	0.000	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768
24	0.000	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745
25	0.000	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725
26	0.000	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707
27	0.000	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690
28	0.000	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674
29	0.000	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659
30	0.000	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646
40	0.000	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551
60	0.000	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460
80	0.000	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.195	3.416
100	0.000	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174	3.390
1000	0.000	0.675	0.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.330	2.581	3.098	3.300
Z	0.000	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291
	0%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	98%	99%	99.8%	99.9%
	Confidence Level										

Gambar 8. *T-Tabel*

Lampiran 15. Dokumentasi Penelitian

Persiapan Bahan Kulit Ubi Jalar Ungu				
Ekstraksi Maserasi				
Pembuatan Produk Donat				
Pengujian pH Meter Donat				

Pengujian Kadar Antosianin Donat				
Pengujian Colorimetri Donat				
Pembuatan Produk Es Krim				
Pengujian pH Meter Es Krim				
Pengujian Kadar Antosianin Es Krim				

Pengujian Colorimetri Es Krim				
Pengujian pH Meter, Kadar Antosianin dan Colorimetri Pewarna Alami Ekstrak Antosianin Kulit Ubi Jalar Ungu				
Pengujian pH Meter, Kadar Antosianin dan Colorimetri Larutan Kontrol Donat				

Pengujian pH Meter, Kadar Antosianin dan Colorimetri Larutan Kontrol Es Krim				
--	---	---	--	---