

Karakteristik Es Krim Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.) Probiotik Dan Viabilitas *Lacticaseibacillus paracasei* RB210 Selama Penyimpanan

Characteristics of Probiotic Purple Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Ice Cream and the Viability of *Lacticaseibacillus paracasei* RB210 During Storage

Gabrielle Thasya Wangsaputri, Ni Nyoman Puspawati*, Sayi Hatiningsih

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana,

*Corresponding Author: NL Puspawati; Email: puspawati@unud.ac.id

Disetujui: 25 Februari 2026/ Diterima: 22 Juni 2026

Abstract

Despite being a popular food, commercial ice cream products frequently contain synthetic colorants and flavorings. The anthocyanin pigments found in purple sweet potatoes increase the functional value of ice cream by acting as a natural substitute for artificial coloring agents and a source of antioxidant. This functional value might also be improved by adding probiotics such as *Lacticaseibacillus paracasei* RB210. However, probiotic viability may decrease during processing and frozen storage. The starch in purple sweet potato has the potential to protect probiotic cells and help maintain their viability during storage. The purpose of this study was to determine whether the purple sweet potato puree to milk ratio and storage time affected the viability of *Lc. paracasei* RB210 and to develop probiotic purple sweet potato ice cream with the best characteristics throughout four weeks of storage. This study was conducted using a Completely Randomized Design (CRD) with two factors which were puree-to-milk ratio (0:100, 5:95, 10:90, 15:85, 20:80) and storage duration (0, 2, and 4 weeks), resulting in 15 treatment combinations with two replications (30 units). Data were analyzed using ANOVA followed by DMRT when significant. Results showed that the interaction between the two factors significantly affected anthocyanin content, hedonic scores for color, aroma, taste, texture, overall acceptance, and descriptive scores for color and taste. The puree-to-milk ratio significantly affected overrun, melting time, protein content, and antioxidant activity. Storage duration significantly affected melting time, LAB count, and antioxidant activity. The best treatment (U3M4) maintained *Lc. paracasei* RB210 viability with 88% overrun, 8.05 minutes melting time, 3.37% protein, 8.24 log CFU/g LAB (1.83×10^8 CFU/g), 41.72% antioxidant activity, and 2.55 mg/100g anthocyanins. The ice cream had a favorable purple color, mildly distinctive sweet potato taste, pleasant aroma, and was highly liked for its texture and overall acceptance.

Keywords: *ice cream, storage time, purple sweet potato puree to milk ratio, probiotics*

Abstrak

Es krim adalah makanan populer, namun seringkali es krim komersial menggunakan pewarna dan perasa sintetis. Ubi jalar ungu mengandung pigmen antosianin sebagai alternatif pengganti pewarna sintetis sekaligus sumber antioksidan yang meningkatkan nilai fungsional es krim. Nilai fungsional es krim juga dapat ditingkatkan dengan penambahan probiotik, seperti *Lacticaseibacillus paracasei* RB210. Viabilitas probiotik dapat menurun selama proses produksi dan penyimpanan. Pati dalam ubi jalar ungu berpotensi melindungi sel probiotik sehingga dapat mempertahankan viabilitas selama penyimpanan beku. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu dan lama penyimpanan serta mengetahui viabilitas *Lc. paracasei* RB210 dan menghasilkan es krim ubi jalar ungu probiotik dengan karakteristik terbaik selama penyimpanan hingga 4 minggu. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor yaitu, perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu (0:100, 5:95, 10:90, 15:85, 20:80) dan lama penyimpanan (0, 2, 4 minggu). Terdapat 15 kombinasi perlakuan dengan dua ulangan sehingga menghasilkan 30 unit percobaan. Data dianalisis menggunakan ANOVA dan apabila berpengaruh terhadap variabel, dilanjutkan dengan uji DMRT. Hasil

penelitian menunjukkan interaksi antar perlakuan berpengaruh nyata terhadap kadar antosianin, hedonik warna, aroma, rasa, tekstur, penerimaan keseluruhan, skoring warna dan rasa. Faktor perlakuan perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu berpengaruh nyata terhadap nilai daya kembang, waktu leleh, kadar protein, dan aktivitas antioksidan. Faktor perlakuan lama penyimpanan berpengaruh nyata terhadap waktu leleh, total BAL dan aktivitas antioksidan. Es krim ubi jalar ungu probiotik pada perlakuan U3M4 mampu mempertahankan viabilitas *Lc. paracasei* RB210 selama 4 minggu penyimpanan dengan karakteristik nilai daya kembang 88%, waktu leleh 8,05 menit, kadar protein 3,37%, total BAL 8,24 log ($1,83 \times 10^8$ CFU/g), aktivitas antioksidan 41,72%, kadar antosianin 2,55 mg/100g, warna disukai dengan kriteria warna ungu, rasa disukai dengan kriteria agak khas ubi jalar ungu, dan aroma disukai, serta tekstur, dan penerimaan keseluruhan sangat disukai.

Kata kunci : es krim, lama penyimpanan, perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu, probiotik

PENDAHULUAN

Es krim adalah salah satu makanan populer yang digemari oleh semua kalangan di seluruh dunia (Hasanuddin et al., 2011). Namun, produk es krim komersial di pasaran seringkali menawarkan variasi warna dan rasa menggunakan pewarna dan perasa sintetis (Lanusu et al., 2017). Bahan pangan yang bisa dimanfaatkan dalam pengembangan produk es krim adalah ubi jalar ungu, sebagai upaya diversifikasi pangan sekaligus meningkatkan sifat fungsional es krim (Affandi dan Handajani, 2011). Ubi jalar ungu berperan sebagai alternatif pengganti pewarna dan perasa sintetis pada es krim. Penggunaan ubi jalar ungu dalam es krim akan menghasilkan warna ungu yang pekat. Hal tersebut terjadi karena adanya pigmen antosianin dalam ubi jalar ungu yang menghasilkan warna ungu (Husna et al., 2013). Antosianin yang terdapat dalam ubi jalar ungu mampu berperan sebagai antioksidan, antikanker, antihiperglikemik, serta antihipertensi (Nugroho et al., 2021).

Peningkatan sifat fungsional es krim juga dapat dilakukan dengan penambahan

probiotik yang dikenal memiliki manfaat baik bagi tubuh khususnya pada sistem pencernaan (Aritonang et al., 2019). Penggunaan isolat probiotik sering dikembangkan pada produk berbahan dasar susu (*dairy product*) seperti yogurt, keju, dan kefir (Lestari, 2012). Produk susu mampu mempertahankan kelangsungan hidup bakteri sehingga dapat menjadi pembawa bakteri probiotik (Heller, 2001). Es krim yang juga merupakan produk berbasis susu berpotensi menjadi produk pembawa probiotik. Salah satu isolat probiotik yang dapat ditambahkan ke dalam produk es krim adalah *Lactocaseibacillus paracasei* RB210 yang termasuk golongan Bakteri Asam Laktat (BAL).

Viabilitas bakteri probiotik dalam produk makanan saat dikonsumsi menjadi hal yang penting karena menentukan efektivitasnya. Oleh karena itu, mempertahankan tingkat kelangsungan hidup bakteri baik selama proses produksi, masa simpan, dan saat dalam saluran pencernaan perlu diperhatikan (Mohammadi et al, 2011). Bakteri probiotik mampu bertahan dengan tingkat yang cukup selama

proses produksi dan pembekuan es krim, namun penurunan viabilitas probiotik tidak dapat dihindari karena sel terpapar berbagai faktor stress (Mohammadi et al., 2011). Pangestu et al. (2021) menyatakan bahwa suhu dan lama penyimpanan mempengaruhi kelangsungan hidup BAL. Oleh karena itu, diperlukan bahan yang dapat membantu mempertahankan viabilitas probiotik pada es krim seperti, pati yang banyak terkandung dalam ubi jalar ungu.

Ubi jalar ungu mengandung pati yang mampu berperan sebagai pelindung (*cryoprotectant*) bagi sel bakteri probiotik dalam es krim selama penyimpanan beku. Di samping itu, terdapat senyawa fruktooligosakarida (FOS) dan inulin dalam ubi jalar ungu yang berpotensi sebagai prebiotik dan berperan sebagai sumber karbon bagi bakteri yang dapat menstimulasi pertumbuhan BAL pascakonsumsi (Sahbani et al., 2023). Affandi dan Handajani (2011) menyatakan bahwa es krim dengan ubi jalar ungu yang lebih banyak memiliki tekstur yang padat. Hal ini menunjukkan perbandingan susu dan ubi jalar ungu dapat mempengaruhi tekstur pada es krim. Penambahan ubi jalar ungu juga dapat memperlambat waktu leleh es krim, meskipun dapat menurunkan daya kembang es krim karena adanya kandungan pati yang mempengaruhi kekentalan dan kestabilan es krim (Siswati et al., 2019).

Penelitian terkait perbandingan *puree* ubi jalar ungu serta lama penyimpanan

pada es krim probiotik dengan isolat *Lc. paracasei* RB210 belum pernah dilakukan. Kombinasi probiotik serta ubi jalar ungu sebagai prebiotik dalam es krim akan menghasilkan produk modifikasi yang memiliki potensi sebagai produk sinbiotik. Berdasarkan hal tersebut penelitian terkait penambahan ubi jalar ungu terhadap karakteristik dan viabilitas pada es krim probiotik sebagai pembawa probiotik perlu dilakukan.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Pangan, Laboratorium Mikrobiologi Pangan, Laboratorium Analisis Pangan dan Laboratorium Rekayasa dan Pengendalian Mutu Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana pada bulan Januari 2025 – Maret 2025.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu, kultur *Lactocaseibacillus paracasei* RB210 koleksi Laboratorium Mikrobiologi Pangan FTP Universitas Udayana, ubi jalar ungu dibeli di Pasar Alas Kusuma, susu segar (Ultra Milk), susu skim (Tropicana Slim), dan sukrosa (Rose Brand) dibeli di Tiara Dewata, serta sirup jagung (Beksul) dibeli di *Gourmet Market*. Selain itu digunakan juga alkohol 70% (OneMed), alkohol 90% (OneMed) spiritus (Teratai), media MRS Broth

(Merck), Bacteriological Agar (HiMedia) NaCl (Merck), aquades (Sekawan Bali Sejahtera), indikator pp (Merck), larutan DPPH (HiMedia), methanol (Merck), tablet kjeldahl (Merck), larutan buffer pH 1 (Merck), larutan buffer pH 4,5 (Merck), H₂SO₄ (Merck), dan HCl (Merck).

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain, pisau (Kris), panci (Maspion), kompor (Rinnai), baskom (Komodo), sendok (Ecentio), saringan (Ceko), toples (HS Packaging), timbangan analitik (Shimadzu), *mixer* (Phillip), *homogenizer*, *freezer* (Haier), cawan petri (Iwaki), tabung sentrifugasi (OneMed), vial Eppendorf (OneMed), autoklaf (Gea), *laminar air flow* (Kojair), penangas listrik (Maspion), micropipette (Dragon), pipet tip (Biologix), batang bengkok (Pyrex), jarum ose, vortex (Thermolyne Maxi Mix II), bunsen, inkubator (Memmert), labu ukur (Pyrex), erlenmeyer (Pyrex), gelas beker (Pyrex), spektrofotometer UV-VIS, pipet tetes, tabung reaksi (Iwaki), sentrifus (Centurion Scientific), destilator (Behrotest), gelas plastik kecil (DeeMak), dan sendok plastik kecil (Mantap).

Rancangan Percobaan

Penelitian dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial dua faktor. Faktor pertama adalah perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu (U) yang terdiri dari 5 taraf perlakuan dan faktor kedua adalah lama penyimpanan (M) yang terdiri dari 3 taraf

perlakuan. Perlakuan dalam penelitian merupakan hasil kombinasi faktor dari seluruh taraf perlakuan dengan pengulangan sebanyak 2 kali, sehingga diperoleh 30 unit percobaan.

Faktor perlakuan pertama yaitu perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu yang mengacu pada penelitian (Kurniawan et al., 2014), dengan taraf perlakuan sebagai berikut

U0 = *puree* ubi jalar ungu : susu segar (0 : 100)

U1 = *puree* ubi jalar ungu : susu segar (5 : 95)

U2 = *puree* ubi jalar ungu : susu segar (10 : 90)

U3 = *puree* ubi jalar ungu : susu segar (15 : 85)

U4 = *puree* ubi jalar ungu : susu segar (20 : 80)

Faktor perlakuan kedua yaitu lama penyimpanan dengan taraf perlakuan sebagai berikut:

M0 = 0 minggu

M2 = 2 minggu

M4 = 4 minggu

Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan es krim ubi jalar ungu probiotik dibagi menjadi tiga tahap yaitu penyegaran kultur bakteri, pembuatan *puree* ubi jalar ungu, dan pembuatan es krim.

Penyegaran isolat *Lactocaseibacillus paracasei* RB210

Proses penyegaran kultur mengacu pada Puspawati et al. (2022). Isolat BAL

sebelumnya disimpan dalam manik – manik yang berisi gliserol 20% dan disimpan dalam *freezer* -80°C. Penyegaran dilakukan dengan cara sebanyak 4 butir manik – manik diinokulasikan ke MRSB sebanyak 5ml dan diinkubasi pada suhu 37°C dalam kurun waktu 24 jam. Perubahan media menjadi keruh serta terbentuknya endapan menandakan kultur siap digunakan. Kultur stok yang sudah diinkubasi dihitung jumlah populasinya dengan *Total Plate Count* (TPC) untuk mengetahui populasi awal.

Pembuatan *puree* ubi jalar ungu

Puree ubi jalar ungu dibuat dengan mengacu pada Ratnawati et al. (2023) yang telah dimodifikasi. Ubi jalar ungu dicuci dan dikupas kulitnya lalu dipotong menjadi ukuran kecil dengan ketebalan 2 cm. Ubi yang sudah bersih dikukus 15 menit. Ubi lalu dihaluskan dengan cara ubi yang sudah matang ditekan melalui saringan dengan menggunakan sendok.

Pembuatan es krim ubi jalar ungu probiotik

Kultur kerja dicuci sel menggunakan larutan NaCl steril 0,85% sehingga diperoleh massa sel bakteri. Sebanyak 4 ml kultur bakteri dalam MRSB dipipet dan dimasukkan ke dalam 4 buah vial Eppendorf, masing – masing vial diisi 1 ml. Vial disentrifugasi pada kecepatan 5000 rpm dalam kurun waktu 12 menit untuk memisahkan MRSB lalu supernatan

dibuang. Sel isolat ditambahkan larutan NaCl steril 0,85% sebanyak 1 ml dan sentrifugasi dilakukan lagi dengan kecepatan dan waktu yang sama. Proses pencucian dilakukan ulang sebanyak 2 kali. Massa sel *Lc. paracasei* RB210 siap digunakan

Es krim dibuat dengan mengacu pada Andriani dan Wikandari (2022) yang dimodifikasi. *Puree* ubi jalar ungu dan susu dicampur dengan perbandingan sesuai perlakuan (0:100, 5:95, 10:90, 15:85, 20:80). Susu skim 5% (b/b), sukrosa 7,5% (b/b), sirup jagung 5% (b/b), dan CMC 0,2% (b/b) ditambahkan ke dalam adonan lalu diaduk hingga homogen. Selanjutnya adonan dipasteurisasi pada 80°C selama 10 menit sambil terus diaduk. Adonan lalu dihomogenkan dengan *homogenizer* dalam selama 15 menit lalu dibekukan di dalam *freezer* selama 18 jam. Adonan yang beku dihancurkan dan ditambahkan *emulsifier* SP 1% (b/b) dan dihomogenkan dengan *mixer* selama 12 menit. Kemudian massa sel dari 15% kultur *Lc. paracasei* RB210 yang telah dilakukan pencucian sel diinokulasikan lalu *mixer* kembali selama 3 menit. Adonan lalu dibekukan di *freezer* dengan suhu -18°C sesuai perlakuan lama penyimpanan (0 minggu, 2 minggu, 4 minggu). Formulasi es krim ubi jalar ungu probiotik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi es krim ubi jalar ungu probiotik

Komposisi	Perlakuan				
	U0	U1	U2	U3	U4
Susu segar (g)	100	95	90	85	80
<i>Puree</i> ubi jalar ungu (g)	0	5	10	15	20
Sukrosa (g)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Susu skim (g)	5	5	5	5	5
Sirup jagung (g)	5	5	5	5	5
CMC (g)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
SP (g)	1	1	1	1	1

Variabel yang Diamati

Variabel pada penelitian terbagi menjadi dua yaitu, sebelum tahap pembekuan dan sesudah pembekuan. Variabel yang diamati sebelum tahap pembekuan yaitu, daya kembang (*overrun*) (Arbuckle,1986). Variabel yang diamati setelah tahap pembekuan yaitu, waktu leleh (Hubeis et al., 1996), kadar protein (AOAC, 2005), total bakteri asam laktat (Fardiaz, 1993), aktivitas antioksidan (Blois ,1958), kadar antosianin (Giusti dan Wrolstad, 2001), dan evaluasi sensoris (Soekarto, 1985).

Analisis Data

Data dianalisa dengan ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan tingkat kepercayaan 95%. Sidik ragam digunakan untuk melihat pengaruh fakator perlakuan pada variabel. Jika perlakuan berpengaruh pada variabel, maka dilakukan uji lancutan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Data dianalisis menggunakan IBM SPSS *Statistic* 26.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik *puree* ubi jalar ungu

Puree ubi jalar ungu pada pembuatan es krim dilakukan pengujian karakteristik aktivitas antioksidan serta kadar antosianin. Karakteristik *puree* disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, *puree* ubi jalar ungu memiliki aktivitas antioksidan sebesar 85,15%. Hasil analisis pada penelitian ini selaras dengan penelitian Dewi et al. (2024) yang menyatakan bahwa *puree* ubi jalar ungu yang melalui tahap pengukusan selama 40 menit memiliki aktivitas antioksidan sebesar 83,78%. Sumber antioksidan dalam ubi jalar ungu dapat berasal dari senyawa β -karoten dan antosianin (Elfariyanti et al., 2022). Senyawa yang paling dominan berperan sebagai antioksidan dalam ubi jalar ungu adalah antosianin.

Tabel 2. Karakteristik *puree* ubi jalar ungu

Bahan baku	Aktivitas antioksidan (%inhibisi)	Kadar antosianin (mg/100g)
<i>Puree</i> ubi jalar ungu	85,15±0,06	4,61±0,03

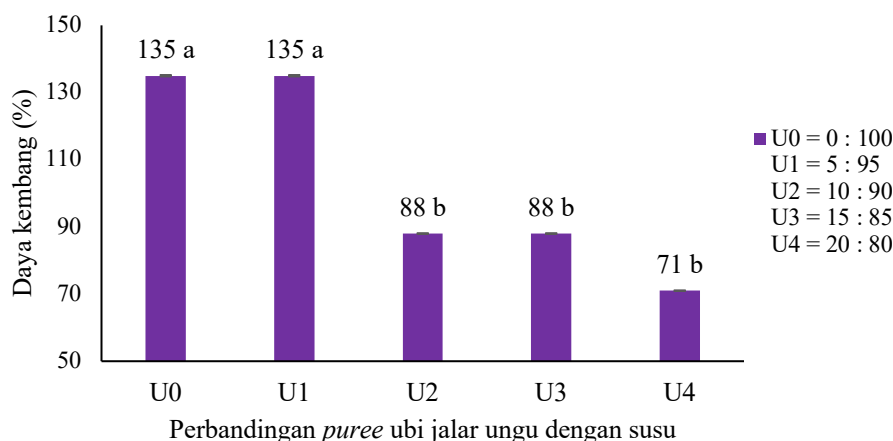
Berdasarkan Tabel 2, dalam *puree* ubi jalar ungu terdapat kadar antosianin sebesar 4,61 mg/100g. Samhana dan Indrasti (2024) menyatakan dalam ubi segar terdapat antosianin sebanyak 31,79mg/100g. Penurunan antosianin terjadi karena proses pemanasan, yaitu pengukusan, yang dilakukan selama proses pengolahan. Penurunan sejalan dengan penelitian oleh Samhana dan Indrasti (2024), yang menunjukkan bahwa proses pemanasan pada ubi jalar ungu segar menjadi tepung menyebabkan penurunan kadar antosianin menjadi 3,47 mg/100 g. Antosianin merupakan senyawa fenolik yang mudah mengalami degradasi termal. Berdasarkan Patras et al. (2010), suhu tinggi menyebabkan ikatan glikosidik antara aglikon dan gula pada molekul antosianin terputus sehingga lebih mudah terdegradasi menjadi senyawa berwarna coklat atau tidak berwarna. Dalam pembuatan es krim ubi jalar ungu probiotik, antosianin pada *puree* ubi jalar ungu berperan sebagai pewarna alami sekaligus meningkatkan nilai fungsional es krim melalui aktivitas antioksidannya.

Daya Kembang (*Overrun*)

Berdasarkan hasil sidik ragam, perlakuan perbandingan *puree* ubi jalar ungu

dengan susu berpengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap daya kembang adonan es krim ubi jalar ungu probiotik. Nilai rata – rata daya kembang dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1, nilai daya kembang adonan es krim berkisar antara 71% hingga 135%. Nilai daya kembang tertinggi terdapat pada perlakuan U0 yaitu sebesar 135% yang tidak berbeda dengan U1, sedangkan perlakuan U4 memiliki nilai daya kembang terendah sebesar 71% yang tidak berbeda nyata dengan U2 dan U3. Perlakuan U0 dan U1 melebihi batas daya kembang es krim skala industri yang mengacu pada Nugroho et al. (2021), yaitu 70 – 100%. Sementara itu, perlakuan U2, U3, dan U4 masih berada dalam kisaran daya kembang sesuai standar es krim skala industri.

Berdasarkan Gambar 1, semakin banyak perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu maka daya kembang menurun. Penurunan disebabkan oleh meningkatnya viskositas campuran. Serat dan padatan yang tinggi dalam *puree* ubi jalar ungu menyebabkan adonan es krim menjadi lebih kental. Peningkatan total padatan *puree* ubi jalar ungu menghambat masuknya udara dalam adonan es krim sehingga nilai daya kembang menurun Larasati et al (2024).



Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$).

Gambar 1. Nilai rata – rata faktor perlakuan perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu.terhadap daya kembang es krim ubi jalar ungu probiotik

Disamping itu, kandungan amilopektin dalam ubi jalar ungu bersifat hidrofilik sehingga dapat menyerap molekul air dan meningkatkan viskositas adonan es krim. Ruang antar partikel akan menyempit karena kandungan milopektin dan serat pada ubi yang menyebabkan peningkatan kekentalan, sehingga mobilitas molekul air terbatas (Jannah et al., 2016). Peningkatan viskositas atau kekentalan es krim akan menghambat masuknya udara selama proses agitasi, sehingga menghasilkan nilai daya kembang yang rendah (Yuliani et al., 2020). Dalam penelitiannya, Widianingrum et al. (2000) menjelaskan bertambahnya konsentrasi pati jagung akan meningkatkan viskositas es krim yoghurt seiring dengan menurunnya daya kembang es krim.

Variabel daya kembang digunakan untuk mengetahui persentase udara terperangkap dalam matriks es krim setelah proses pengembangan. Daya kembang

adonan es krim selain dipengaruhi oleh jumlah udara, juga dipengaruhi oleh distribusi ukuran sel udara (gelembung udara) yang mempengaruhi tekstur, waktu leleh, dan kekerasan. Penggunaan ubi jalar ungu berperan sebagai penstabil alami yang membantu mempertahankan kestabilan gelembung udara serta mendukung distribusi gelembung udara secara merata dan seragam dalam adonan es krim. Berdasarkan Sofjan dan Hartel (2004), daya kembang yang lebih tinggi dapat menyebabkan terjadinya *coalescence*, yaitu penggabungan dua atau lebih gelembung udara menjadi gelembung yang lebih besar, yang pada akhirnya membentuk struktur buih yang lebih kasar. Sebaliknya, penurunan daya kembang dapat menghasilkan gelembung udara berukuran lebih kecil dan merata, sehingga menghasilkan es krim dengan tekstur yang lebih padat atau keras. Perlakuan U0 dan U1

dengan daya kembang tinggi cenderung memiliki tekstur yang lebih ringan dan cepat meleleh, sedangkan perlakuan U2, U3, dan U4 dengan daya kembang lebih rendah menunjukkan karakteristik tekstur yang lebih padat dan *creamy*.

Waktu Leleh (*Melting Time*)

Hasil sidik ragam menunjukkan interaksi antar faktor perlakuan tidak berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap waktu leleh es krim ubi jalar ungu probiotik. Namun, faktor perlakuan perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu dan faktor perlakuan lama penyimpanan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap waktu leleh es krim ubi jalar ungu probiotik. Pengaruh faktor perlakuan perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu terhadap waktu leleh dapat dilihat pada Gambar 2, dan pengaruh faktor perlakuan lama penyimpanan terhadap waktu leleh dapat dilihat pada Gambar 3.

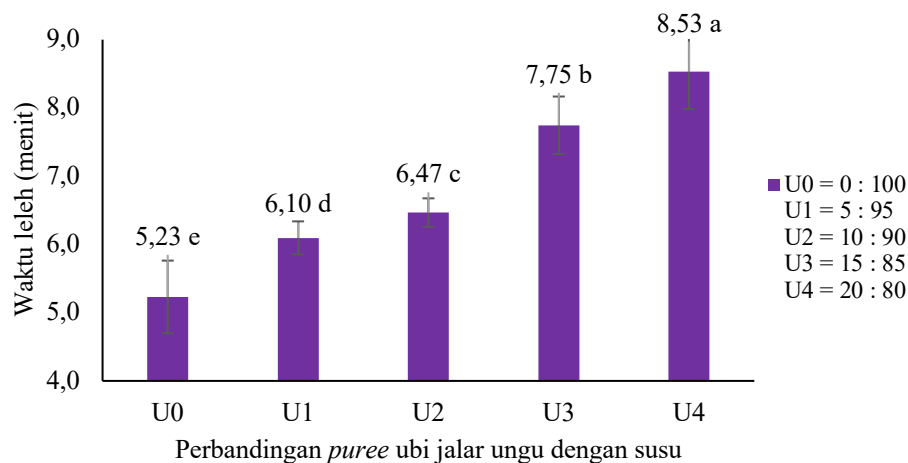
Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai rata – rata waktu leleh berkisar antara 5,23 menit hingga 8,53 menit. Perlakuan U4 memperoleh waktu leleh tertinggi yaitu $8,53 \pm 0,55$ menit, sedangkan perlakuan U0 memperoleh waktu leleh terendah yaitu $5,23 \pm 0,53$ menit.

Berdasarkan Gambar 2, semakin banyak perbandingan *puree* dengan susu, es krim semakin lambat meleleh. Hal ini dapat disebabkan karena peningkatan viskositas adonan. Peningkatan waktu leleh berkaitan dengan daya kembang pada es krim. Pati

dalam ubi meningkatkan viskositas adonan sehingga akan menurunkan daya kembang yang berdampak meningkatkan waktu leleh. Daya kembang es krim yang lebih tinggi memiliki jumlah udara lebih banyak terperangkap dalam struktur es krim. Udara yang banyak menyebabkan struktur yang lebih ringan dan kurang padat, sehingga es krim lebih mudah cepat meleleh.

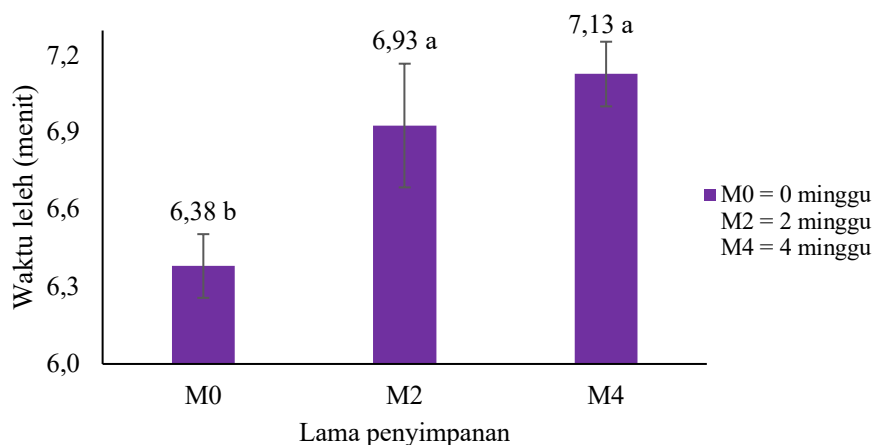
Di samping itu, peningkatan konsentrasi ubi jalar ungu menyebabkan kenaikan total padatan dalam adonan es krim. Semakin banyak total padatan, air lebih banyak terperangkap dalam matriks es krim dan membatasi pergerakan air bebas, sehingga proses pelelehan es krim berlangsung lebih lambat (Larasati et al., 2024). Penelitian Siswati et al. (2019) menjelaskan penambahan tepung ubi gembili menyebabkan peningkatan total padatan dan menghasilkan resistensi pelelehan es krim yang lambat. Amilopektin ubi jalar ungu mengikat air pada matriks es krim menyebabkan kristal es terbentuk lebih stabil dan lambat meleleh (Jannah et al., 2016).

Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai rata – rata waktu leleh berkisar antara 6,38 menit hingga 7,13 menit. Perlakuan M4 memperoleh waktu leleh tertinggi yaitu $7,13 \pm 0,13$ menit yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan M2, sedangkan perlakuan M4 memperoleh waktu leleh terendah yaitu $6,38 \pm 0,12$ menit.



Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$).

Gambar 2. Nilai rata – rata faktor perlakuan perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu terhadap waktu leleh es krim ubi jalar ungu probiotik



Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$).

Gambar 3. Nilai rata – rata faktor perlakuan lama penyimpanan terhadap waktu leleh es krim ubi jalar ungu probiotik

Berdasarkan Gambar 3, semakin lama waktu penyimpanan maka waktu leleh es krim meningkat. Seiring lama penyimpanan, kristal es terbentuk semakin keras dan kompak (Satria et al., 2017). Selama penyimpanan, kristal es dapat mengalami rekristalisasi dan membentuk kristal yang lebih besar, keras, dan padat.

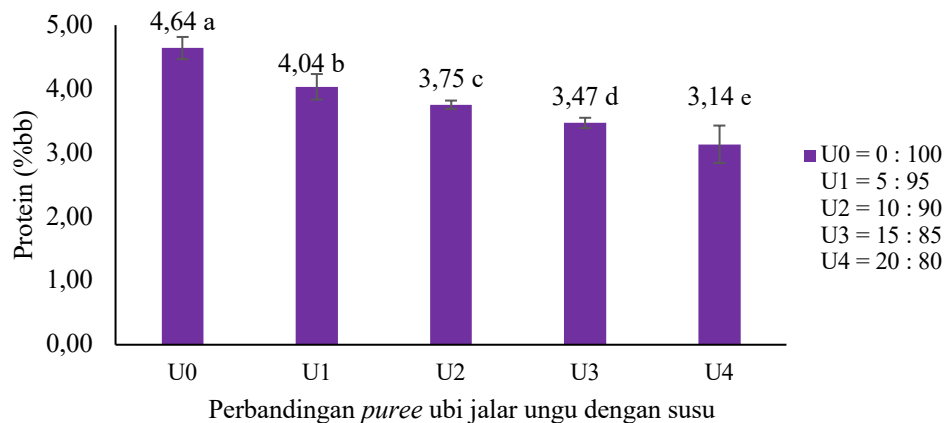
Struktur es krim menjadi lebih kaku sehingga lebih lambat meleleh. Air bebas terperangkap dalam matriks es yang padat, sehingga proses pelelehan berlangsung lebih lambat.

Kadar Protein

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi antar faktor perlakuan dan

faktor perlakuan lama penyimpanan tidak berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar protein es krim ubi jalar ungu probiotik. Namun, faktor perlakuan perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu

berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar protein es krim ubi jalar ungu probiotik. Nilai rata – rata kadar protein dapat dilihat pada Gambar 4.



Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$).

Gambar 4. Nilai rata – rata faktor perlakuan perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu terhadap kadar protein es krim ubi jalar ungu probiotik

Gambar 4 menunjukkan nilai rata – rata kadar protein berkisar antara 3,14 hingga 4,64 persen. Perlakuan U0 memiliki kadar protein tertinggi sebanyak $4,64 \pm 0,17$ persen, sementara itu perlakuan U4 memiliki kadar protein terendah sebanyak U4 yaitu sebesar $3,14 \pm 0,29$ persen.

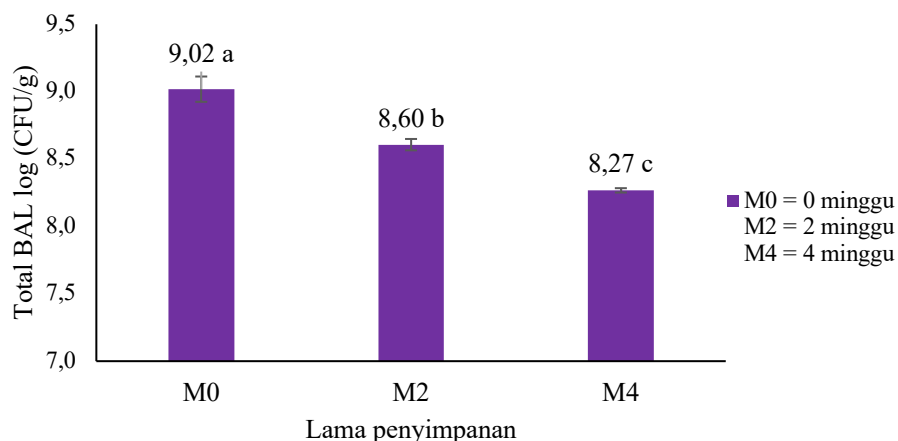
Berdasarkan gambar 4, semakin banyak *puree* ubi jalar ungu dibandingkan susu menyebabkan penurunan kadar protein. Penurunan disebabkan oleh perbedaan kadar protein antara bahan utama yang digunakan. Susu segar mengandung protein lebih tinggi, yaitu sebesar 3,5%, dibanding protein ubi jalar ungu yang hanya mengandung sekitar 0,77% (Saludung et al., 2020; Wahyuningsih

& Pazra, 2022). Dalam formulasi yang digunakan, proporsi susu segar yang akan berkurang seiring bertambahnya konsentrasi ubi jalar ungu, sehingga menurunkan kadar protein produk akhir. Sementara itu, penambahan susu skim juga turut berkontribusi pada kadar protein, karena susu skim mengandung protein sebesar 34–37% (Leko et al., 2018). Berdasarkan SNI 01-3713-2018 tentang es krim, standar mutu protein pada es krim adalah minimal 2,7% b/b. Kadar protein seluruh perlakuan pada penelitian memenuhi syarat mutu protein es krim yang ditetapkan oleh SNI.

Total BAL

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi antar faktor perlakuan dan faktor perlakuan perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu tidak berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap total BAL es krim

ubi jalar ungu probiotik. Namun, faktor perlakuan lama penyimpanan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap total BAL es krim ubi jalar ungu probiotik. Nilai rata – rata total BAL dapat dilihat pada Gambar 5.



Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$).

Gambar 5. Nilai rata – rata faktor perlakuan lama penyimpanan terhadap total BAL es krim ubi jalar ungu probiotik

Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai total BAL es krim yang diperoleh dari seluruh perlakuan berkisar antara 8,27 log CFU/g ($1,86 \times 10^8$ CFU/g) hingga 9,02 log CFU/g ($1,5 \times 10^9$ CFU/g). Total BAL tertinggi diperoleh pada perlakuan M0 yaitu sebesar 9,02 log CFU/g ($1,5 \times 10^9$ CFU/g), sementara itu perlakuan M4 memperoleh nilai terendah sebesar 8,27 log CFU/g ($1,86 \times 10^8$ CFU/g). Seluruh perlakuan dalam penelitian ini telah memenuhi syarat jumlah sel minimal dalam produk probiotik, yaitu 10^7 - 10^9 CFU/g.

Berdasarkan hasil uji, perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu tidak

berpengaruh terhadap viabilitas BAL. Hal ini disebabkan oleh populasi awal isolat *Lactocaseibacillus paracasei* RB210 yang diinokulasikan ke dalam seluruh sampel es krim memiliki jumlah yang sama, yaitu sebesar $1,1 \times 10^{10}$ CFU/g. Di samping itu, proses pembuatan es krim tidak melibatkan tahap fermentasi, sehingga tidak terjadi pertumbuhan BAL maupun pemanfaatan substrat yang tersedia dalam susu maupun ubi. Meskipun demikian, *puree* yang lebih banyak cenderung meningkatkan kemampuan es krim untuk mempertahankan viabilitas BAL selama penyimpanan. Hal ini diduga karena pati ubi jalar ungu mampu

berperan sebagai agen pelindung (*cryoprotectant*) yang membantu menjaga viabilitas sel probiotik. Dalam penelitiannya, Puspitasari *et al.* (2015) menjelaskan pati ubi cilembu dapat berfungsi menjadi krioprotektan nonpenetrasi untuk melindungi membran sel bakteri dari kerusakan akibat penurunan tekanan osmotik dan pembentukan kristal es pada yoghurt sinbiotik selama penyimpanan beku.

Berdasarkan Gambar 5, semakin lama waktu penyimpanan, populasi BAL pada es krim menurun. Hal ini disebabkan oleh pembesaran kristal es dan struktur es krim yang semakin padat, sehingga dapat merusak dinding sel probiotik dan menurunkan viabilitasnya. Cook dan Hartel (2010) menyatakan bahwa, ukuran kristal es pada es krim meningkat seiring dengan lamanya waktu penyimpanan. Pertumbuhan kristal es selama penyimpanan beku terjadi melalui proses rekristalisasi, yaitu tahap akhir dari kristalisasi yang juga dikenal sebagai *ripening* atau *coarsening*. Rekristalisasi dapat terjadi baik saat pembekuan awal es krim maupun selama penyimpanan es krim. Proses rekristalisasi ini menyebabkan perubahan ukuran dan bentuk kristal es akibat adanya perpindahan panas dan massa di dalam matriks es krim. Pembesaran kristal es selama penyimpanan berpotensi merusak dinding sel bakteri dan menurunkan viabilitas bakteri probiotik.

Pada proses produksi es krim terdapat beberapa tahap yang dapat menyebabkan penurunan populasi BAL pada es krim yaitu, tahap proses pembuatan dan tahap penyimpanan. Pada tahap proses pembuatan es krim terjadi penurunan sebanyak 1 siklus log, sedangkan proses penyimpanan beku hingga 4 minggu terjadi penurunan kembali sebanyak 1 siklus log. Penurunan pada tahap pembuatan es krim dapat terjadi pada proses pengembangan volume adonan dan proses pembekuan.

Menurut Mohammadi *et al.* (2011), proses pengembangan volume es krim yang melibatkan masuknya udara atau oksigen dapat menyebabkan penurunan viabilitas sel probiotik. Hal ini dikarenakan sebagian besar strain probiotik dari genus *Lactobacillus* merupakan mikroorganisme yang bersifat anaerob atau mikroaerofilik. Keberadaan oksigen dalam matriks es krim dapat mengganggu metabolisme dan stabilitas membran sel probiotik, sehingga menyebabkan penurunan jumlah sel. Di samping itu, proses pembekuan juga dapat menurunkan jumlah populasi awal BAL dalam produk. Selama proses pembekuan, sel-sel bakteri probiotik dapat mengalami stres osmotik dan kehilangan keseimbangan internal. Pembekuan menyebabkan penurunan permeabilitas membran sel serta kerusakan akibat perubahan suhu lingkungan yang ekstrim. Kondisi ini memicu keluarnya larutan intraseluler, termasuk air dari dalam sel, yang berujung

pada kerusakan osmotik (Bilang *et al.*, 2018).

Aktivitas antioksidan

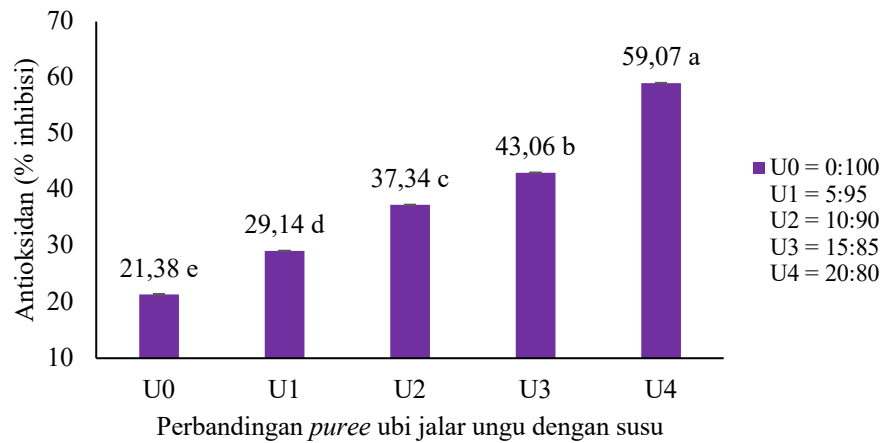
Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi antar faktor perlakuan tidak berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap aktivitas antioksidan es krim ubi jalar ungu probiotik. Namun, faktor perlakuan perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu dan faktor perlakuan lama penyimpanan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap aktivitas antioksidan es krim ubi jalar ungu probiotik. Nilai rata – rata aktivitas antioksidan dengan faktor perlakuan perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu dapat dilihat pada Gambar 6 dan nilai rata – rata aktivitas antioksidan es krim probiotik dengan faktor perlakuan lama penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 7.

Berdasarkan Gambar 6, aktivitas antioksidan meningkat selaras dengan peningkatan perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu. Peningkatan ubi jalar ungu menyebabkan kandungan antosianin sebagai sumber antioksidan juga meningkat. Berdasarkan hasil analisis bahan baku (Tabel 2), *puree* ubi jalar ungu yang digunakan memiliki aktivitas antioksidan yaitu $85,13 \pm 0,06$ persen. Senyawa bioaktif antosianin pada ubi jalar ungu berfungsi menjadi sumber antioksidan (Li *et al.*, 2019). Penelitian Dewi *et al.* (2024) menunjukkan penggunaan ubi jalar ungu dalam pembuatan *yoghurt* santan meningkatkan aktivitas antioksidan *yoghurt*. Di samping itu, pada

susu segar terdapat senyawa – senyawa bioaktif yang juga berfungsi sebagai sumber antioksidan yaitu, asam amino aromatik (tirosin, fenilalanin, dan triptofan), gugus sulfhidril bebas, dan komponen lain α - tokoferol, karotenoid, asam linoleat terkonjugasi (CLA), kasein, dan laktoferrin yang terdapat dalam fraksi whey (Rahmawati & Suntornsuk, 2016).

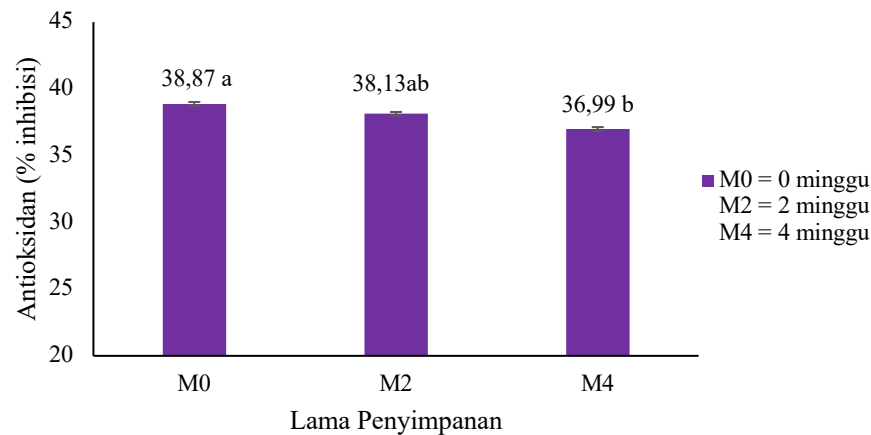
Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai rata – rata aktivitas antioksidan berkisar antara 36,99 hingga 38,87 persen. Aktivitas antioksidan tertinggi terdapat pada perlakuan M0 yaitu sebesar $38,87 \pm 0,14$ persen yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan M2, sementara itu nilai terendah terdapat pada perlakuan M4 yaitu sebesar $36,99 \pm 0,14$ persen yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan M2.

Berdasarkan Gambar 7, semakin lama waktu penyimpanan, maka aktivitas antioksidan es krim menurun. Penurunan disebabkan karena selama penyimpanan dapat terjadi proses oksidasi. Penurunan ini dapat dipicu oleh faktor seperti kecepatan pembekuan serta keberadaan oksigen (Syamaladevi *et al.*, 2010). Komponen pada ubi jalar ungu yang paling banyak mengandung antioksidan adalah antosianin yang reaktif terhadap oksigen. Aktivitas antioksidan menurun seiring dengan penurunan kadar antosianin. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan dapat dipengaruhi oleh kandungan antosianin.



Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$).

Gambar 6. Nilai rata – rata 187actor perlakuan perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu. terhadap aktivitas antioksidan es krim ubi jalar ungu probiotik



Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$).

Gambar 7. Nilai rata – rata 187actor perlakuan lama penyimpanan. Terhadap aktivitas antioksidan es krim ubi jalar ungu probiotik

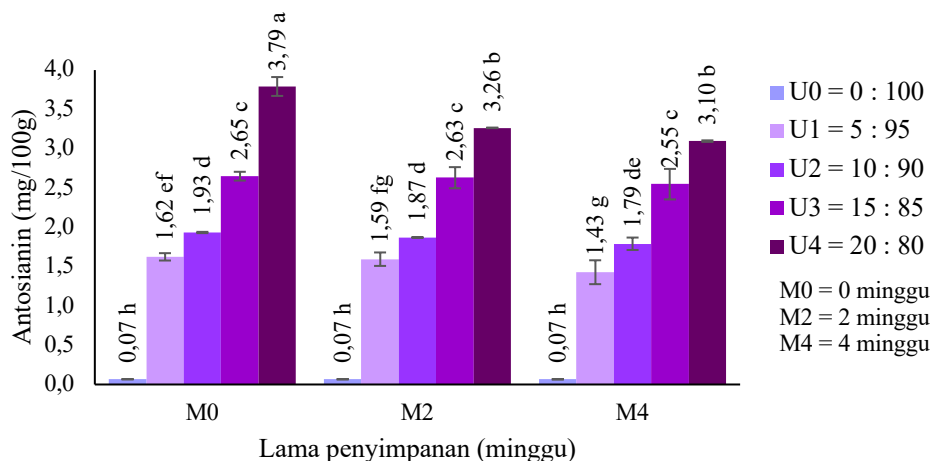
Kadar antosianin

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi antar faktor perlakuan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar antosianin es krim ubi jalar ungu. Nilai rata – rata kadar antosianin es krim dapat dilihat pada Gambar 8.

Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai rata – rata kadar antosianin berkisar antara

0,07 mg/100g hingga 3,79 mg/100g.

Perlakuan U4M0 memiliki kadar antosianin tertinggi sebanyak $3,79 \pm 0,12$ mg/100g yang tidak berbeda nyata dengan U4M2. Perlakuan U0M4 memiliki kadar antosianin terendah sebanyak $0,07 \pm 0,0$ mg/100g yang tidak berbeda nyata dengan U0M0 dan U0M2.



Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$).

Gambar 8. Nilai rata – rata interaksi antar faktor perlakuan terhadap kadar antosianin es krim ubi jalar ungu probiotik

Berdasarkan Gambar 8, semakin banyak perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu maka kadar antosianin es krim meningkat. Peningkatan terjadi karena adanya pigmen antosianin pada ubi jalar ungu (Husna et al., 2013). Berdasarkan hasil analisis bahan baku (Tabel 2.), *puree* ubi jalar ungu yang digunakan memiliki kadar antosianin sebesar $4,61 \pm 0,03 \text{ mg/100g}$. Senyawa antosianin paling dominan pada ubi jalar ungu adalah sianidin serta peonidin (Truong et al., 2010). Disamping itu, suhu beku dikenal efektif untuk mempertahankan stabilitas pigmen antosianin (Nayik et al., 2023). Akan tetapi, hasil analisis pada Gambar 8 menunjukkan penyimpanan beku cenderung menurunkan kadar antosianin selama waktu penyimpanan. Selama proses pembekuan, beberapa faktor dapat mempengaruhi ketahanan antosianin, antara lain kecepatan pembekuan serta keberadaan oksigen (Syamaladevi et al., 2010).

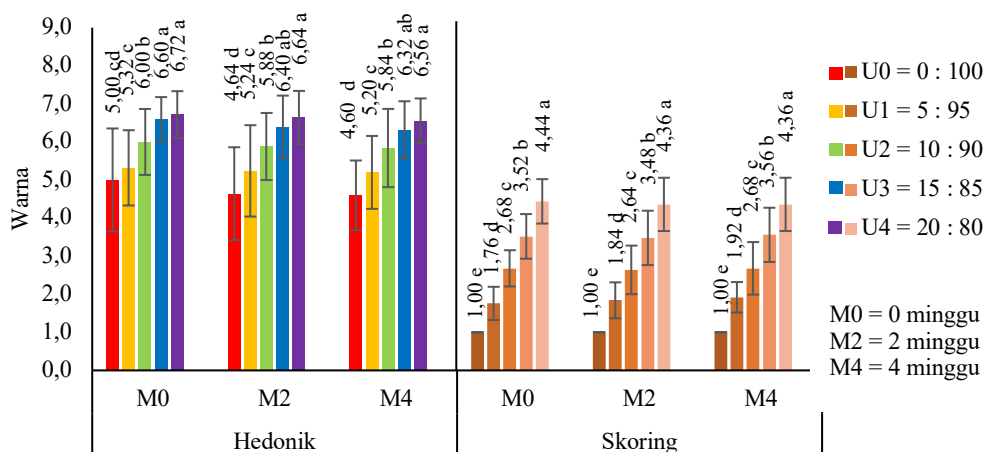
Penurunan kadar antosianin pada penelitian ini dapat disebabkan oleh proses pembekuan yang kurang cepat. Menurut Sablani (2015) dan Poiana *et al.* (2010), *freezer* yang membutuhkan waktu lebih lama untuk membekukan bahan dapat menyebabkan penurunan kadar antosianin yang disebabkan oleh kerentanannya terhadap oksidasi selama proses pembekuan. Penurunan ini dapat disebabkan oleh banyaknya kandungan senyawa antosianin sianidin-3-glukosida pada ubi jalar ungu, yang bersifat lebih reaktif sehingga lebih mudah teroksidasi selama penyimpanan (Sablani, 2015). Pada ubi jalar ungu, sianidin merupakan salah satu senyawa antosianin dominan (Mahmudatussa'adah et al., 2014).

Evaluasi Sensoris

Warna

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi antar faktor perlakuan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai

hedonik dan skoring warna es krim. Nilai rata – rata warna es krim dapat dilihat pada Gambar 9.



Keterangan:

- Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)
- Kriteria hedonik : 7 = sangat suka, 6 = suka, 5 = agak suka, 4 = netral, 3 = agak tidak suka, 2 = tidak suka, 1 = sangat tidak suka
- Kriteria skoring : 5 = sangat ungu, 4 = ungu, 3 = agak ungu, 2 = putih keunguan, 1 = putih

Gambar 9. Nilai rata – rata interaksi antar 189edoni perlakuan pada uji 189edonic dan skoring terhadap warna es krim ubi jalar ungu probiotik

Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai rata – rata kesukaan warna berkisar antara 4,60 hingga 6,72 dengan kategori agak suka hingga sangat suka. Kesukaan warna tertinggi terdapat pada perlakuan U4M0 yaitu sebesar $6,72 \pm 0,61$ dengan kategori sangat suka yang tidak berbeda nyata dengan U3M0, U3M2, U3M4, U4M2, dan U4M4. Nilai kesukaan warna terendah terdapat pada perlakuan U0M4 yaitu sebesar $4,60 \pm 0,91$ dengan kategori agak suka yang tidak berbeda nyata dengan U0M0 dan U0M2. Nilai rata – rata skoring warna berkisar antara 1 hingga 4,44 dengan kategori putih hingga ungu. Skoring warna diperoleh

perlakuan U4M0 yaitu $4,44 \pm 0,58$ dengan kategori ungu yang tidak berbeda nyata dengan U4M2 dan U4M4. Nilai skoring warna terendah terdapat pada perlakuan U0M0, U0M2, dan U0M4 yaitu sebesar $1 \pm 0,00$ dengan kategori putih.

Berdasarkan Gambar 9, penambahan *puree* meningkatkan nilai hedonik dan skoring atribut warna. Intensitas warna ungu pada es krim meningkat seiring dengan bertambahnya *puree* ubi jalar ungu. Peningkatan warna es krim dari putih ke ungu disebabkan karena adanya kandungan pigmen antosanin pada ubi yang memberikan warna ungu (Nugroho

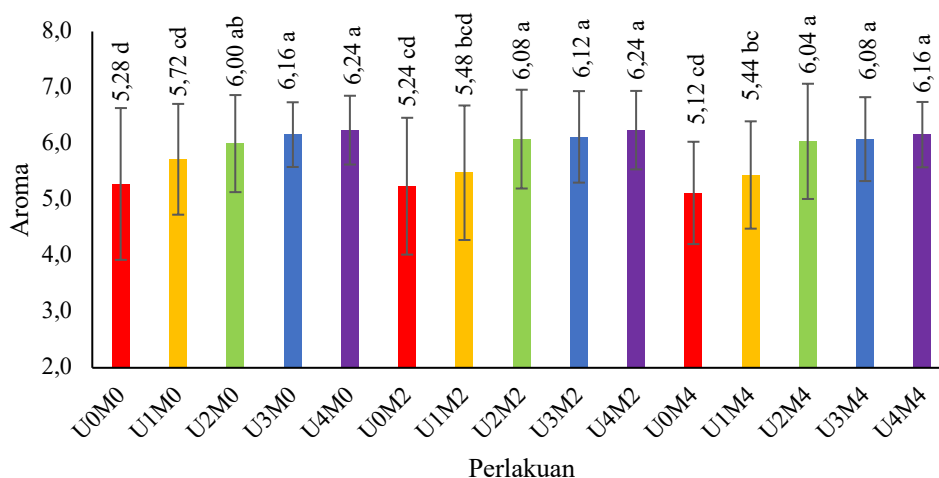
et al., 2021). Antosianin dapat menggantikan penggunaan pewarna sintetis pada produk pangan sebagai alternatif pewarna alami yang lebih sehat dan aman dikonsumsi (Samber et al., 2013). Disamping itu, antosianin dalam ubi tidak beracun, tidak berbau, dapat memberikan warna yang cerah, hasil produksi tinggi dengan biaya rendah, kaya akan nutrisi, stabil terhadap cahaya dan panas, serta memiliki efek farmakologis tertentu (Li et al, 2019). Hasil uji selaras dengan penelitian Dewi et al. (2024), yang menyatakan penambahan *puree* ubi jalar ungu meningkatkan nilai penerimaan panelis terhadap atribut warna yoghurt santan.

Aroma

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi antar faktor perlakuan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai hedonik aroma es krim. Nilai rata – rata hedonik aroma es krim dapat dilihat pada Gambar 10. Gambar 10 menunjukkan nilai rata – rata kesukaan aroma berkisar antara 5,12 hingga 6,24 dengan kategori agak suka hingga suka. Kesukaan aroma tertinggi terdapat pada perlakuan U4M0 yaitu sebesar $6,24 \pm 1,01$ dan U4M2 yaitu sebesar $6,24 \pm 0,72$ dengan kategori suka yang tidak berbeda nyata dengan U2M0, U3M0, U2M2, U3M2, U4M2, U4M3, dan U4M4. Nilai kesukaan aroma terendah terdapat pada perlakuan U0M4 yaitu sebesar $5,12 \pm 0,08$

dengan kategori agak suka yang tidak berbeda nyata dengan U0M0, U1M0, U0M2, U1M2, U0M4, dan U1M4.

Berdasarkan Gambar 10, nilai hedonik aroma es krim meningkat seiring meningkatnya perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu maka. Peningkatan terjadi karena ubi jalar ungu dapat memberikan aroma khas yang disukai oleh panelis. Berdasarkan penelitian Nakamura et al. (2013) terhadap karakteristik aroma dari beberapa varietas ubi jalar, senyawa volatil utama yang berperan dalam memberikan aroma ubi jalar yaitu, α -terpineol, (E)- β -damascenone, fenilasetilaldehid, myrtenol, p-vinylguaiacol dan (E)-isoeugenol. Proses pemanasan selama pembuatan es krim dapat memicu terjadinya reaksi *Maillard* yang juga dapat berperan dalam memperkaya aroma es krim. Reaksi ini terjadi karena gugus asam amino bereaksi dengan gula pereduksi akibat pemanasan (Hustiany, 2016). Protein dan gula laktosa dalam susu dapat bereaksi dengan glukosa dan fruktosa dalam ubi jalar ungu sehingga menghasilkan senyawa volatil yang memberikan aroma karamel dan meningkatkan nilai hedonik atribut aroma es krim. Hasil uji hedonik aroma pada penelitian ini sejalan dengan penelitian Lanusu et al. (2017) yang menyatakan bahwa kesukaan panelis terhadap atribut aroma meningkat seiring meningkatnya *puree* ubi jalar ungu pada es krim.



Keterangan:

- Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)
- Kriteria hedonik : 7 = sangat suka, 6 = suka, 5 = agak suka, 4 = netral, 3 = agak tidak suka, 2 = tidak suka, 1 = sangat tidak suka

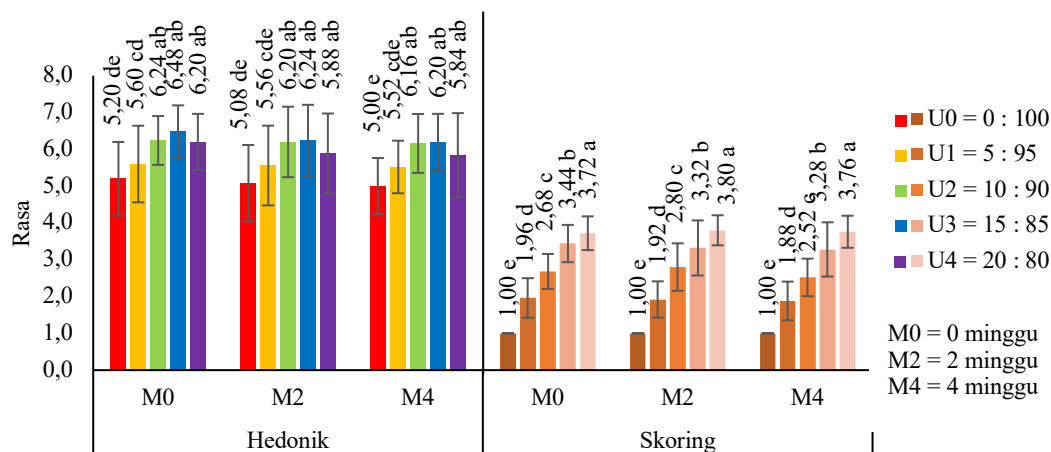
Gambar 10. Nilai rata – rata interaksi antar faktor perlakuan pada uji hedonik terhadap aroma es krim ubi jalar ungu probiotik

Rasa

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi antar faktor perlakuan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai hedonik dan skoring rasa es krim. Nilai rata – rata hedonik dan skoring rasa es krim dapat dilihat pada Gambar 11.

Gambar 11 menunjukkan nilai rata – rata kesukaan rasa berkisar antara 5,00 hingga 6,48 dengan kategori agak suka hingga suka. Kesukaan rasa tertinggi terdapat pada perlakuan U3M0 yaitu sebesar $6,48 \pm 0,71$ dengan kategori suka yang tidak berbeda nyata dengan U2M0, U4M0, U2M2, U3M2, U4M2, U2M4, U3M4, dan U4M4. Nilai kesukaan rasa terendah terdapat pada perlakuan U0 yaitu sebesar

$5,00 \pm 0,76$ dengan kategori agak suka yang tidak berbeda nyata dengan U0M0, U0M2, U1M2, U0M4, U1M4. Peningkatan rasio *puree* ubi jalar ungu dibandingkan susu meningkatkan nilai rata – rata skoring rasa es krim. Nilai rata – rata skoring rasa berkisar antara 1 hingga 3,80 dengan kategori tidak khas ubi jalar ungu hingga khas ubi jalar ungu. Perlakuan U4M2 memperoleh skoring rasa tertinggi sebesar $3,80 \pm 0,40$ dengan kategori khas ubi jalar ungu yang tidak berbeda nyata dengan U4M0 dan U4M4. Perlakuan U0M0, U0M2, dan U0M4 memperoleh nilai skoring terendah yaitu sebesar $1 \pm 0,0$ dengan kategori tidak khas ubi jalar ungu.



Keterangan:

- Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)
- Kriteria hedonik : 7 = sangat suka, 6 = suka, 5 = agak suka, 4 = netral, 3 = agak tidak suka, 2 = tidak suka, 1 = sangat tidak suka
- Kriteria skoring : 5 = sangat ungu, 4 = ungu, 3 = agak ungu, 2 = putih keunguan, 1 = putih

Gambar 11. Nilai rata – rata interaksi antar faktor perlakuan pada uji hedonik dan skoring terhadap rasa es krim ubi jalar ungu probiotik

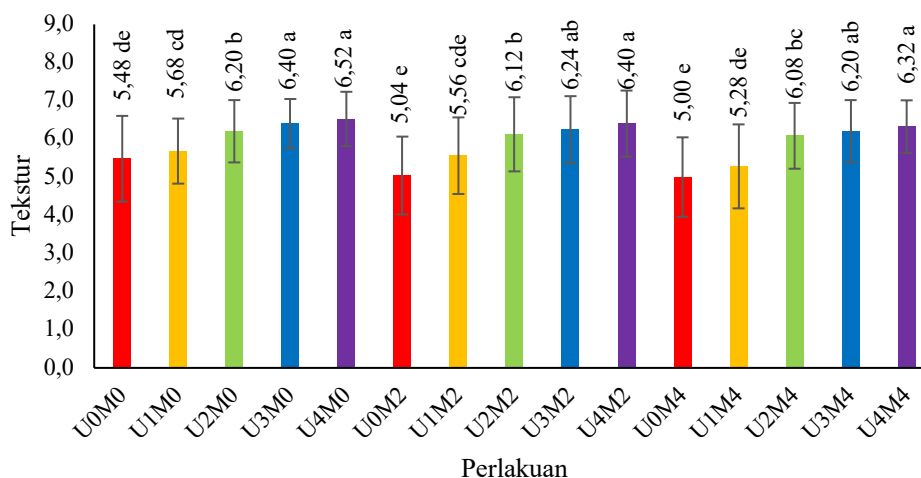
Berdasarkan Gambar 11, semakin banyak perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu maka nilai hedonik rasa es krim meningkat. hingga perlakuan tertentu. Peningkatan kesukaan rasa terjadi hingga perlakuan U3, namun menurun pada perlakuan U4. Penurunan tingkat kesukaan pada perlakuan U4 disebabkan oleh rasa khas ubi jalar ungu yang terlalu dominan, sehingga es krim menjadi terlalu manis dan mengganggu keseimbangan cita rasanya. Menurut Kurniawan *et al.* (2021), penambahan bubur ubi jalar ungu pada es krim kefir yang lebih banyak akan meningkatkan rasa manis es krim. Hal ini disebabkan oleh kontribusi kandungan gula hasil dari hidrolisis pati yang terdapat dalam ubi jalar ungu.

Tekstur

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi antar faktor perlakuan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai hedonik tekstur es krim, Nilai rata – rata hedonik tekstur es krim dapat dilihat pada Gambar 12.

Gambar 12 menunjukkan bahwa nilai rata – rata kesukaan tekstur berkisar antara 5,00 hingga 6,52 dengan kategori agak suka hingga sangat suka. Perlakuan U4M0 memperoleh nilai kesukaan tertinggi yaitu sebesar $6,52 \pm 0,71$ dengan kategori sangat suka yang tidak berbeda nyata dengan U3M0, U3M2, U3M4, dan U4M4. Nilai kesukaan tekstur terendah terdapat pada perlakuan U0M4 yaitu sebesar $5,00 \pm 1,04$ dengan kategori agak suka yang tidak

berbeda nyata dengan U0M0, U0M2, U1M2, U0M4, dan U1M4.



Keterangan:

- Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)
- Kriteria hedonik : 7 = sangat suka, 6 = suka, 5 = agak suka, 4 = netral, 3 = agak tidak suka, 2 = tidak suka, 1 = sangat tidak suka

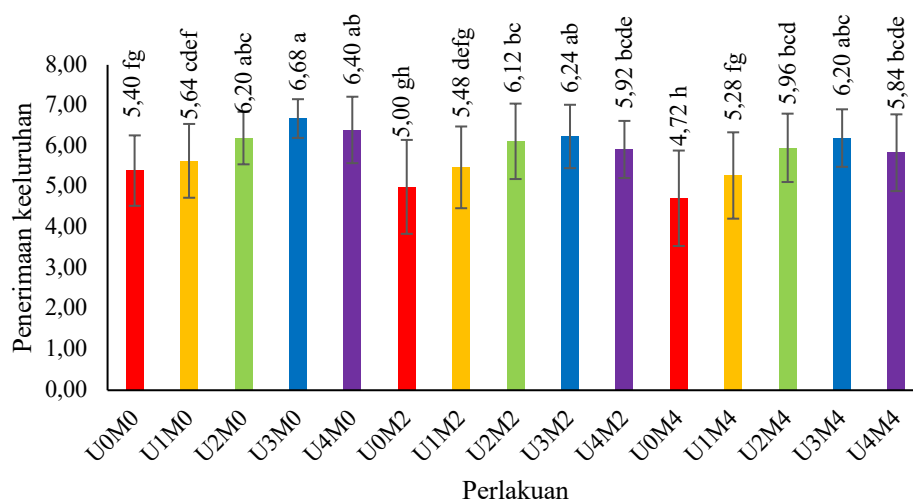
Gambar 12. Nilai rata – rata interaksi antar faktor perlakuan pada uji hedonik terhadap tekstur es krim ubi jalar ungu probiotik

Berdasarkan Gambar 12, semakin banyak perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu maka nilai hedonik tekstur meningkat. Penambahan ubi menghasilkan tekstur yang semakin lembut dan *creamy*. Ubi jalar ungu dapat berfungsi sebagai penstabil (*stabilizer*) yang membantu menjaga kestabilan molekul udara dalam adonan, sehingga dapat menghambat pembentukan kristal es kasar, menghambat pengerasan lemak, serta memperbaiki tekstur, kualitas, dan daya tahan es krim terhadap pelelehan (Uvanti, 2021). Pati pada ubi jalar ungu menyebabkan tekstur yang dihasilkan lebih lembut (Ratnaningrum, 2018). Tekstur es krim berkorelasi dengan nilai daya kembang. Es krim dengan daya kembang rendah menyebabkan tekstur es

krim lebih padat (Uvyanti, 2021). Penurunan kesukaan tekstur seiring meningkatnya waktu penyimpanan dapat disebabkan karena tekstur es krim yang menjadi lebih kasar. Perubahan tekstur es krim menjadi kasar dapat terjadi akibat adanya rekristalisasi es yang disebabkan oleh fluktuasi suhu *freezer*. Semakin lama waktu penyimpanan, ukuran kristal es akan meningkat melalui proses rekristalisasi, sehingga tekstur es krim lebih kasar (Cook dan Hartel, 2010).

Penerimaan keseluruhan

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi antar faktor perlakuan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai hedonik penerimaan keseluruhan es krim. Nilai penerimaan keseluruhan es krim dapat dilihat pada Gambar 13.



Keterangan:

- Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)
- Kriteria hedonik : 7 = sangat suka, 6 = suka, 5 = agak suka, 4 = netral, 3 = agak tidak suka, 2 = tidak suka, 1 = sangat tidak suka

Gambar 13. Nilai rata – rata interaksi antar faktor perlakuan pada uji hedonik terhadap penerimaan keseluruhan es krim ubi jalar ungu probiotik

Gambar 13 menunjukkan bahwa rata – rata penerimaan kesukaan es krim berkisar antara 4,72 hingga 6,68 dengan kategori agak suka hingga sangat suka. Perlakuan U3M0 memperoleh nilai penerimaan keseluruhan tertinggi yaitu sebesar $6,68 \pm 0,47$ dengan kategori suka yang tidak berbeda nyata dengan U2M0, U4M0, U3M2, dan U3M4. Penerimaan keseluruhan terendah diperoleh perlakuan U0M4 sebesar $4,72 \pm 1,17$ dengan kategori agak suka yang tidak berbeda nyata dengan U0M2. Berdasarkan Gambar 18, semakin banyak perbandingan *puree* ubi jalar ungu maka nilai hedonik penerimaan keseluruhan es krim meningkat hingga perlakuan tertentu. Penerimaan keseluruhan panelis terhadap es krim meningkat hingga U3, namun terjadi penurunan pada perlakuan U4.

Penurunan ini berbanding lurus dengan nilai kesukaan atribut rasa es krim.

Perlakuan terbaik

Penentuan perlakuan terbaik mempertimbangkan kriteria pada setiap parameter uji serta jika tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan. Adapun kriteria yang digunakan sebagai acuan seleksi meliputi, nilai daya kembang dalam rentang 71-100%, waktu leleh paling lambat, kadar protein memenuhi syarat minimal 2,7% (SNI 01-3713-2018 tentang es krim), total BAL memenuhi syarat minimal produk probiotik sebesar 10^7 – 10^9 CFU/g, aktivitas antioksidan tertinggi, kadar antosianin tertinggi, serta nilai kesukaan uji hedonik tertinggi pada masing masing atribut.

Berdasarkan kriteria tersebut, ditentukan empat perlakuan yang paling

memenuhi syarat parameter, yaitu U4M0, U4M2, U3M4, dan U4M4. Dari keempatnya, dipilih U3M4 dan U4M4 sebagai kandidat terbaik karena keduanya mampu mempertahankan viabilitas probiotik sesuai syarat produk probiotik selama penyimpanan hingga 4 minggu. Selanjutnya, perlakuan U3M4 ditetapkan sebagai perlakuan terbaik, dengan pertimbangan bahwa perlakuan ini memperoleh nilai kesukaan tertinggi pada atribut rasa dan penerimaan keseluruhan dibandingkan dengan U4M4.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan interaksi antar faktor perlakuan berpengaruh nyata terhadap kadar antosianin, hedonik warna, aroma, rasa, tekstur, penerimaan keseluruhan, serta skoring warna dan rasa. Faktor perlakuan perbandingan *puree* ubi jalar ungu dengan susu berpengaruh nyata terhadap nilai daya kembang (*overrun*), waktu leleh (*melting time*), kadar protein, dan aktivitas antioksidan. Faktor perlakuan lama penyimpanan berpengaruh nyata terhadap waktu leleh (*melting time*), total BAL dan aktivitas antioksidan.

Es krim ubi jalar ungu probiotik pada perlakuan U3M4 mampu mempertahankan viabilitas *Lc. paracasei* RB210 hingga 4 minggu dengan karakteristik daya kembang 88%, waktu leleh 8,05 menit, kadar protein 3,37%, total BAL 8,24 log CFU/g ($1,83 \times 10^8$ CFU/g),

aktivitas antioksidan 41,72%, kadar antosianin 2,55 mg/100g, warna disukai dengan kriteria warna ungu, rasa disukai dengan kriteria agak khas ubi jalar ungu, dan aroma disukai, serta tekstur, dan penerimaan keseluruhan sangat disukai.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, D. R., & Handajani, S. (2011). Es krim ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas*): Tinjauan sifat sensoris, fisik, kimia, dan aktivitas antioksidannya. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 4(2). <https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.13572>
- Andriani, R. B., & Wikandari, P. R. (2022). The effect of fermentation time on the product quality of purple sweet potato (*Ipomea batatas*) probiotic ice cream with starter culture of *Lactobacillus plantarum* B1765. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 15(1), <https://doi.org/10.30574/wjarr.2022.15.1.0629>
- Aritotang, S. N., Roza, E., & Rossi, E. (2019). *Probiotik dan prebiotik: dari kedelai untuk pangan fungsional*. Indomedia Pustaka.
- Badan Standarisasi Nasional. (2018). SNI-01-37313-2018 Es krim. Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Bilang, M., Tahir, M., & Haedar, D. (2018). Mempelajari viabilitas enkapsulasi sel probiotik (*Lactobacillus plantarum* dan *Streptococcus thermophilus*) pada es krim. *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*, 41-52. <https://doi.org/10.20956/canrea.v1i1.21>
- Cook, K. L.K., & Hartel, R. W., (2010). Mechanisms of ice crystallization in ice cream production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 9. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00101.x>
- Dewi, N. M. A. Si., Suparthana, I. P., Sugitha, I M. (2024). Pengaruh penambahan puree ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L. var. Ayamurasaki) terhadap karakteristik yoghurt santan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 13(4), 792-807.

- <https://doi.org/10.24843/itepa.2024.v13.i04.p09>.
- Elfariyanti., Nadira., Adriani, A., Rinaldi. (2022). Analisis kandungan betakaroten pada ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) dari daerah sarcee aceh besar sebagai antioksidan alami. *Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu*. 3(1). <https://ojs.serambimekkah.ac.id/semnas/article/view/5205>
- Ginting, E., Yulifianti, R., & Jusuf, M. J. M. (2014). Ubi jalar sebagai bahan diversifikasi pangan. *Jurnal Pangan*, 23(2), 194-207. <https://www.jurnalpangan.com/index.php/pangan/article/view/63/57>
- Hasanuddin, H., Dewi, K. H., & Fitri, I. (2011). Pengaruh proses pembuatan es krim terhadap mutu es krim berbahan baku pisang. *Jurnal Agroindustri*, 1(1), 1-7. 10.31186/j.agroind.1.1.1-7
- Heller, K. J. (2001). Probiotic bacteria in fermented foods: product characteristics and starter organisms. *The American journal of clinical nutrition*, 73(2), 374-379. <https://doi.org/10.1093/ajcn/73.2.374s>
- Husna, E., Novita, M., & Rohaya, S. (2013). Kandungan antosianin dan aktivitas antioksidan ubi jalar ungu segar dan produk olahannya. *AgriTECH*, 33(3), 296-302. <https://doi.org/10.22146/agritech.9551>
- Hustiany, R. (2016). *Reaksi maillard pembentuk citarasa dan warna pada produk pangan*. Universitas Lambung Mangkurat Press. ISBN: 978-602-9092-71-4
- Jannah, M. N., Sholichah, R. M. A., Ulilalbab, A., & Palupi, M. (2016). Pengaruh penambahan tape ubi ungu dan jamur kuping terhadap daya terima, overrun dan titik leleh es krim. *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 7(2). <https://doi.org/10.35891/tp.v7i2.508>
- Kurniawan, A., Ayu, D. F., & Rossi, E. (2021). Karakterisasi sensori dan fisiko-kimia es krim kefir dan ubi jalar ungu. *Warta IHP*, 38(1), 89-97. <https://doi.org/10.32765/wartaihp.v38i1.6365>
- Kurniawan E, Faridah A and Holinesti R. (2014). Pengaruh Penambahan Ubi Jalar Ungu Terhadap Kualitas Es Krim. *E-Journal Home Econ Tour*.
- Lanusu, A. D., Surtijono, S. E., Karisoh, L. C. M., & Sondakh, E. H. B. (2017). Sifat organoleptik es krim dengan penambahan ubi jalar ungu (*Ipomea batatas* L). *Zootec*, 37(2), 474-482. <https://doi.org/10.35792/zot.37.2.2017.16783>
- Larasati, B., Matita, I. C., & Mastuti, T. S. (2024). pengaruh pure ubi jalar ungu dan jenis penstabil terhadap karakteristik fisikokimia dan organoleptik es skrim susu kedelai. *FaST-Jurnal Sains dan Teknologi (Journal of Science and Technology)*, 8(2), 144-157. <https://doi.org/10.19166/jstfast.v8i2.8976>
- Leko, A., Lawalata, V. N., & Nendissa, S. J. (2018). Kajian penambahan konsentrasi susu skim terhadap mutu minuman yogurt dari limbah air cucian beras lokal. *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*, 7(2), 49-55. 10.30598/jagritekno.2018.7.2.49
- Li, A., Xiao, R., He, S., An, X., He, Y., Wang, C., & He, J. (2019). Research advances of purple sweet potato anthocyanins: extraction, identification, stability, bioactivity, application, and biotransformation. *Molecules*, 24(21), 3816. <https://doi.org/10.3390/molecules24213816>
- Liu, Y., Sun, Y., Xie, A., Yu, H., Yin, Y., Li, X., & Duan, X. (2017). Potential of hyperspectral imaging for rapid prediction of anthocyanin content of purple-fleshed sweet potato slices during drying process. *Food Analytical Methods*. <https://doi.org/10.3836-3846>
- Lestari, F, E, E, D, W, A, F. (2012). Suplementasi probiotik (Lactobacillus plantarum) dalam sari buah sebagai alternatif produk pangan Fungsional. *Farmasains : Jurnal Farmasi Dan Ilmu Kesehatan*, 2(1). <https://doi.org/10.22219/far.v2i1.1154>
- 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), 176-176.

- <https://doi.org/10.6066/jtip.2014.25.2.176>
- Mohammadi, R., Mortazavian, A. M., Khosrokhavar, R., & da Cruz, A. G. (2011). Probiotic ice cream: viability of probiotic bacteria and sensory properties. *Annals of microbiology*, 61, 411-424. <https://doi.org/10.1007/s13213-010-0188-z>
- Nakamura, A., Ono, T., Yagi, N., & Miyazawa, M. (2013). Volatile compounds with characteristic aroma of boiled sweet potato (*Ipomoea batatas* L. cv Ayamurasaki, *Ipomoea batatas* L. cv Beniazuma and *Ipomoea batatas* L. cv Simon 1). *Journal of Essential Oil Research*, 25(6), 497-505. <https://doi.org/10.1080/10412905.2013.809320>
- Nayik, G. A., Al Obaid, S., Ansari, M. J., Karabagias, I. K., Sarwar, N., & Ramniwas, S. (2023). Effect of storage on physicochemical attributes of ice cream enriched with microencapsulated anthocyanins from black carrot. *Food Science and Nutrition*, 11(7), 3976–3988. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3384>
- Nugroho, B., Santosa, A. P., & Amirudin, S. (2021). Karakteristik fisikokimia dan sensoris es krim ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) dengan substitusi pemanis ekstrak daun stevia (*Stevia rebaudiana bertonii* M.) dan berbagai jenis stabilizer. *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, 2, 250-259. <http://conferenceproceedings.ump.ac.id/index.php/pspfs/article/view/193>
- Pangestu, A. D., Kurniawan, K., & Supriyadi, S. (2021). Pengaruh variasi suhu dan lama penyimpanan terhadap viabilitas Bakteri Asam Laktat (BAL) dan Nilai pH Yoghurt. *Borneo Journal of Medical Laboratory Technology*, 3(2), 10.33084/bjmlt.v3i2.2169
- Patras, A., Brunton, N. P., O'Donnell, C., & Tiwari, B. K. (2010). Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science & Technology*, 21(1), 3-11. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.e55>
- Puspawati, N. N., Antara, N. S., Permana, I. D. G. M., & Sukrama, I. D. M. (2022). The effect of prebiotic types on the metabolism of indigenous lactobacillus isolates. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 11(4), 664-654. <https://doi.org/10.24843/itepa.2022.v11.i04.p06>
- Puspitasari, D., Radiati, L. E., & Thohari, I. (2015). Effect of cilembu sweet potato starch and storage times on physicochemical and microbiology of synbiotic yoghurt ice cream. *The Journal of Experimental Life Science*, 5(2), 72-81. <https://doi.org/10.21776/ub.jels.2015.005.02.04>
- Poiana, M. A., Moigradean, D., & Alexa, E. (2010). Influence of home-scale freezing and storage on antioxidant properties and color quality of different garden fruits. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 16(2), 163-171. <https://www.agrojournal.org/16/02-06-10.pdf>
- Ratnawati, T., Nahriana., & Qurani, B. (2023). Pengembangan kulit pie dengan penambahan puree ubi jalar pada ibu-ibu rumah tangga. *Seminar Nasional Hasil Penelitian* 2023. <https://ojs.unm.ac.id/semnaslemlit/article/view/54096>
- Rahmawati, I. S., & Suntornasuk, W. (2016). Effects of fermentation and storage on bioactive activities in milks and yoghurts. *Procedia Chemistry*, 18, 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2016.01.010>
- Ratnaningrum, B. Rofianti. (2018). Pengaruh Konsentrasi Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea Batatas* L) sebagai Penstabil dalam Pembuatan Es Krim Sari Kedelai (*Glycinea Max* L. Merr). Artikel Ilmiah Ilmu dan Teknologi Pangan. Universitas Mataram
- Samber, L. N., Semangun, H., & Prasetyo, B. (2013). Karakteristik antosianin sebagai pewarna alami. In *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Environmental, and Learning* (10)3, 68-71. <https://jurnal.uns.ac.id/prosbi/article/download/6428/5810>
- Samhana, H., & IndrastiD. (2024). Perubahan Komponen Kimia Fungsional pada Umbi, Tepung, dan Beras Analog Ubi Jalar Ungu. *Jurnal Mutu Pangan : Indonesian Journal of Food Quality*, 11(2), 78-88.

- <https://doi.org/10.29244/jmpi.2024.11.2.78>
- Sablani, S. S. (2015). Freezing of fruits and impact on anthocyanins. In *Processing and impact on active components in food*, 147-156. Academic Press. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-404699-3.00018-4>
- Sahbani, L. N., Putranto, W. S., & Utama, D. T., (2023). Pengaruh penambahan pasta ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* var. ayamurasaki) pada es krim sinbiotik terhadap jumlah bakteri asam laktat, pH, dan overrun. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 4(1), 24-32 <https://doi.org/10.24198/jthp.v4i1.45515>
- Siswati, O. D., Bintoro, V. P., & Nurwantoro, N. (2019). Karakteristik es krim ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* var ayamurasaki) dengan penambahan tepung umbi gembili (*Dioscorea esculenta* L.) sebagai bahan penstabil. *Jurnal Teknologi Pangan*, 3(1), 121-126. <https://doi.org/10.14710/jtp.2019.23254>
- Sofjan, R. P., & Hartel, R. W. (2004). Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. *International dairy journal*, 14(3), 255-262. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.08.005>
- Syamaladevi, R. M., Sablani, S. S., Tang, J., Powers, J., & Swanson, B. G. (2011). Stability of anthocyanins in frozen and freeze-dried raspberries during long-term storage: in relation to glass transition. *Journal of food science*, 76(6), E414-E421. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02249.x>
- Truong VD, Deighton N, Thompson RT, McFeeters RF, Dean LO, Pecota KV, Yencho GC. (2010). Characterization of anthocyanins and anthocyanidins in purple-fleshed sweetpotatoes by HPLC-DAD/ESI-MS/MS. *J Agric Food Chem*. 58(1):404-10. <https://doi.org/10.1021/jf902799a>
- Uvyanti, A. (2021). Penggunaan tepung ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) sebagai stabilizer dalam pembuatan es krim. Politeknik Pembangunan Pertanian Gowa.
- Wahyuningsih, W., & Pazra, D. F. (2022). Kualitas Fisik, Kimia, Mikrobiologi Susu Sapi pada Peternakan Sapi Perah di Kecamatan Caringin Kabupaten Bogor. *Jurnal Agroekoteknologi dan Agribisnis*, 6(1), 1-16. <https://doi.org/10.51852/jaa.v6i1.532>
- Yuliani, Y., Adhyatma, A., & Agustin, S. (2019). Overrun, kecepatan leleh, kadar vitamin C, dan karakteristik sensoris es krim rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.) dengan variasi jenis penstabil. *Journal of Tropical AgriFood*, 2(1), 26-33. <http://dx.doi.org/10.35941/jtaf.2.1.2020.4018.26-33>