

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Es Krim Probiotik

1. Karakteristik Es Krim Probiotik

Es krim probiotik merupakan salah satu bentuk pengembangan pangan fungsional yang mengombinasikan karakteristik sensoris es krim dengan manfaat kesehatan dari bakteri probiotik. Menurut Cruz et al., (2009), es krim memiliki potensi yang baik sebagai media pembawa (carrier) probiotik karena kandungan lemak, protein, dan total padatan yang relatif tinggi mampu membentuk matriks pelindung bagi sel probiotik selama proses pembekuan dan penyimpanan. Matriks tersebut dapat mengurangi kerusakan sel akibat pembentukan kristal es dan tekanan osmotik sehingga bakteri probiotik tetap bertahan selama penyimpanan. Selain itu, suhu penyimpanan beku mampu memperlambat aktivitas metabolisme bakteri sehingga es krim berpotensi menjadi media penghantar probiotik yang efektif (Lukman & Kurniawati, 2025).

Salah satu karakteristik yang membedakan es krim probiotik dengan es krim konvensional adalah nilai pH yang lebih rendah akibat aktivitas fermentasi bakteri asam laktat yang mengubah laktosa menjadi asam laktat (Rosita Sia, 2014). Penurunan pH memberikan cita rasa sedikit asam yang menjadi ciri khas produk probiotik serta membantu menghambat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk sehingga dapat meningkatkan keamanan produk (Zain et al., 2021). Menurut Akalın & Erişir (2008), penambahan *Lactobacillus acidophilus* dan *Bifidobacterium animalis* menghasilkan es krim dengan pH lebih rendah dibandingkan kontrol, namun masih memiliki tingkat penerimaan sensoris yang baik. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan pH akibat penambahan kultur probiotik tidak selalu menurunkan penerimaan konsumen apabila masih berada pada kisaran yang sesuai..

Menurut FAO/WHO (2002), produk probiotik sebaiknya mengandung mikroorganisme hidup dalam jumlah yang cukup agar mampu memberikan

manfaat fisiologis bagi kesehatan. Oleh karena itu, pengembangan es krim probiotik tidak hanya mempertimbangkan cita rasa dan tekstur, tetapi juga kemampuan matriks produk dalam mendukung keberlangsungan bakteri probiotik selama proses pengolahan dan penyimpanan (Diza et al., 2016).

Karakteristik fisik seperti overrun juga menjadi faktor yang menentukan karakteristik produk. Overrun merupakan persentase peningkatan volume es krim akibat masuknya udara selama proses pembekuan. Overrun yang terlalu rendah akan menghasilkan tekstur yang padat dan keras, sedangkan overrun yang terlalu tinggi dapat menyebabkan tekstur menjadi terlalu ringan dan cepat meleleh (Pratiwi et al., 2016). Menurut Marshall et al. (2013), overrun merupakan salah satu parameter penting yang memengaruhi tekstur, kelembutan, dan penerimaan konsumen terhadap es krim.

Laju pelelehan (melting rate) juga menjadi indikator karakteristik fisik yang penting. Es krim dengan laju pelelehan yang lambat umumnya memiliki stabilitas yang lebih baik selama penyajian. Penelitian Soukoulis et al. (2009) menunjukkan bahwa penambahan inulin dapat memperlambat laju pelelehan karena meningkatkan kemampuan sistem dalam menahan air dan memperkuat struktur es krim. Demikian pula, penambahan tepung pisang yang mengandung pati resisten dan serat pangan berpotensi meningkatkan stabilitas struktur produk sehingga dapat mengurangi kecepatan pelelehan (Awaliah, 2022).

Dari aspek tekstur, es krim probiotik yang baik memiliki tekstur halus, lembut, dan tidak berpasir. Tekstur dipengaruhi oleh ukuran kristal es, kadar lemak, total padatan, serta keberadaan stabilizer dan emulsifier. Menurut Cruz et al. (2009), kombinasi lemak susu, protein, dan bahan penstabil yang tepat dapat menghasilkan struktur es krim yang mampu melindungi bakteri probiotik sekaligus memberikan tekstur yang disukai konsumen (Mulyani et al., 2018).

Penelitian di Indonesia juga menunjukkan hasil yang serupa. Rosida & Santi (2021) melaporkan bahwa penambahan bahan sumber serat pada es

krim probiotik dapat memperlambat pelelehan tanpa menurunkan tingkat penerimaan panelis secara signifikan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penambahan kultur bakteri asam laktat pada es krim tidak hanya mampu menghasilkan produk probiotik yang stabil, tetapi juga tidak menurunkan tingkat penerimaan panelis terhadap warna, rasa, tekstur, maupun penerimaan keseluruhan produk. Hal ini menunjukkan bahwa es krim dapat dikembangkan sebagai pangan fungsional tanpa mengurangi mutu sensorinya (Nurwantoro et al., 2009).

2. Probiotik dan Prebiotik dalam Produk Pangan

Probiotik merupakan mikroorganisme hidup yang apabila dikonsumsi dalam jumlah yang cukup dapat memberikan manfaat kesehatan bagi inangnya (FAO/WHO, 2002). Mikroorganisme yang umum digunakan sebagai probiotik dalam produk pangan meliputi *Lactobacillus acidophilus*, *Lactocaseibacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Bifidobacterium bifidum*, dan *Bifidobacterium longum*. Bakteri tersebut berperan dalam menjaga keseimbangan mikrobiota usus, meningkatkan fungsi sistem imun, serta menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen melalui produksi asam organik, hidrogen peroksida, dan bakteriosin yang menyebabkan penurunan pH lingkungan usus (FAO/WHO, 2002; Setioningsih et al., 2004).

Efektivitas probiotik dipengaruhi oleh kemampuan mikroorganisme untuk tetap hidup selama proses pengolahan, penyimpanan, hingga mencapai saluran pencernaan. Oleh karena itu, formulasi produk pangan yang tepat menjadi faktor penting dalam mempertahankan viabilitas probiotik. Produk susu, termasuk es krim, memiliki kandungan protein, lemak, dan total padatan yang mampu membentuk matriks pelindung sehingga dapat membantu mempertahankan bakteri probiotik selama proses pembekuan dan penyimpanan (Cruz et al., 2009; Giri et al., 2018)

Menurut (Widiyaningsih, n.d.), bakteri asam laktat yang digunakan sebagai probiotik mampu memberikan manfaat kesehatan melalui perbaikan keseimbangan mikroflora usus dan peningkatan daya tahan tubuh. Ubaidillah (2025) juga menjelaskan bahwa konsumsi pangan probiotik secara teratur

dapat membantu mempertahankan kesehatan saluran pencernaan serta meningkatkan jumlah bakteri menguntungkan di dalam usus. Oleh karena itu, pengembangan produk pangan yang mengandung probiotik menjadi salah satu strategi untuk meningkatkan nilai fungsional pangan.

Prebiotik merupakan komponen pangan yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan manusia, tetapi difermentasi secara selektif oleh mikroorganisme menguntungkan di usus sehingga memberikan manfaat kesehatan bagi inang (Gibson & Roberfroid, 1995). Salah satu prebiotik yang paling banyak digunakan dalam industri pangan adalah inulin, yaitu serat pangan larut dari golongan fruktan yang mampu merangsang pertumbuhan bakteri probiotik, khususnya *Lactobacillus* dan *Bifidobacterium*. Selain berfungsi sebagai prebiotik, inulin juga memiliki sifat fungsional dalam produk pangan, yaitu memperbaiki tekstur, meningkatkan kemampuan mengikat air, serta dapat berperan sebagai pengganti sebagian lemak pada produk es krim sehingga menghasilkan tekstur yang lebih lembut dan stabil (Roberfroid, 2007; Soukoulis et al., 2009).

Selain inulin, tepung pisang agung juga berpotensi sebagai sumber prebiotik alami karena mengandung serat pangan dan pati resisten (resistant starch). Pati resisten merupakan fraksi pati yang tidak tercerna di usus halus sehingga difermentasi oleh mikrobiota usus besar menjadi asam lemak rantai pendek (short-chain fatty acids), yang berperan dalam menjaga kesehatan saluran pencernaan (Ovando-Martinez et al., 2009). Selain memberikan manfaat fisiologis sebagai prebiotik, kandungan serat pangan dan pati resisten pada tepung pisang juga dapat memperkuat struktur es krim, serta memperlambat laju pelelehan karena memiliki kemampuan mengikat air yang tinggi (Soukoulis et al., 2009a; Tolve et al., 2024).

Salah satu prebiotik yang banyak digunakan dalam industri pangan adalah inulin. Inulin merupakan serat pangan larut yang termasuk golongan fruktan dan tidak dapat dicerna di usus halus sehingga difermentasi oleh mikrobiota usus besar. Menurut Miksusanti dkk, (2020), inulin mampu meningkatkan populasi *Bifidobacterium* dan memperbaiki kesehatan saluran

pencernaan. Selain berfungsi sebagai prebiotik, inulin juga dapat memperbaiki tekstur, serta berperan sebagai pengganti sebagian lemak dalam produk pangan, termasuk es krim.

Selain inulin, pisang merupakan salah satu sumber prebiotik alami yang potensial karena mengandung serat pangan dan pati resisten (resistant starch). Pati resisten merupakan fraksi pati yang tidak tercerna di usus halus dan difermentasi oleh mikroorganisme di usus besar (Lasale et al., 2022). (Cicilia et al., 2026) menjelaskan bahwa pati resisten memiliki fungsi fisiologis yang menyerupai serat pangan dan dapat mendukung pertumbuhan bakteri menguntungkan dalam saluran pencernaan.

Kombinasi antara probiotik dan prebiotik dikenal sebagai sinbiotik (synbiotic). Menurut Gibson & Roberfroid (1995), sinbiotik merupakan kombinasi probiotik dan prebiotik yang bekerja secara sinergis untuk meningkatkan viabilitas dan aktivitas bakteri menguntungkan di dalam saluran pencernaan. Keberadaan prebiotik dapat berfungsi sebagai substrat bagi bakteri probiotik sehingga membantu meningkatkan kelangsungan hidup dan aktivitas metaboliknya.

3. Es Krim sebagai Pangan Fungsional

Pangan fungsional merupakan pangan yang selain berfungsi memenuhi kebutuhan gizi dasar juga memberikan manfaat fisiologis bagi kesehatan tubuh apabila dikonsumsi sebagai bagian dari pola makan sehari-hari (Susanto & Kristiningrum, 2021). Menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM RI, 2019), pangan fungsional adalah pangan olahan yang mengandung satu atau lebih komponen fungsional yang berdasarkan kajian ilmiah mempunyai fungsi fisiologis tertentu, terbukti aman, dan memberikan manfaat kesehatan. Komponen fungsional tersebut dapat berupa serat pangan, probiotik, prebiotik, antioksidan, vitamin, mineral, maupun senyawa bioaktif lainnya.

Konsep pangan fungsional berkembang seiring meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap hubungan antara pola konsumsi pangan dan kesehatan. Menurut Granato et al. (2020), pangan fungsional tidak hanya

berperan dalam pemenuhan kebutuhan zat gizi, tetapi juga membantu menjaga fungsi fisiologis tubuh serta berpotensi menurunkan risiko penyakit degeneratif melalui kandungan komponen bioaktifnya. Oleh karena itu, berbagai produk pangan terus dikembangkan dengan penambahan komponen bioaktif yang dapat memberikan manfaat kesehatan tambahan.

Es krim merupakan salah satu produk pangan yang berpotensi dikembangkan menjadi pangan fungsional karena memiliki tingkat penerimaan yang tinggi pada berbagai kelompok usia serta memiliki matriks yang mampu membawa komponen bioaktif. Selain berfungsi sebagai pangan selingan, es krim dapat digunakan sebagai media pembawa (carrier) berbagai komponen bioaktif, seperti probiotik, prebiotik, dan serat pangan, karena kandungan lemak, protein, dan total padatnya mampu membentuk matriks yang melindungi komponen tersebut selama proses pembekuan dan penyimpanan (Cruz et al., 2009).

Berbagai penelitian telah mengembangkan es krim probiotik sebagai pangan fungsional dengan penambahan bakteri probiotik maupun bahan prebiotik. Sriantha dkk., (2007) melaporkan bahwa penambahan bakteri probiotik pada es krim mampu mempertahankan viabilitas bakteri selama penyimpanan beku hingga tetap memenuhi persyaratan minimal produk probiotik ($>10^6$ CFU/g). Selain itu, (Nurwantoro et al., 2009) menunjukkan bahwa penambahan *Lactobacillus acidophilus* dan *Bifidobacterium animalis* pada es krim mampu mempertahankan viabilitas bakteri selama penyimpanan beku tanpa menurunkan tingkat penerimaan panelis terhadap warna, rasa, tekstur, maupun penerimaan keseluruhan.

Salah satu bahan lokal yang berpotensi digunakan dalam pengembangan es krim fungsional adalah tepung pisang agung yang mengandung serat pangan dan pati resisten sebagai komponen prebiotik alami.

B. Pisang Agung sebagai Bahan Pangan Fungsional

1. Pengertian Pisang Agung



Gambar 1 Pisang Agung

Pisang agung (*Musa paradisiaca*) merupakan salah satu varietas pisang lokal unggulan yang banyak dibudidayakan di Kabupaten Lumajang, Jawa Timur. Pisang ini dikenal memiliki ukuran buah yang besar, bentuk memanjang, kulit berwarna hijau kekuningan saat matang, serta daging buah berwarna kuning cerah dengan tekstur yang relatif padat. Pisang agung termasuk komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi penting bagi masyarakat Kabupaten Lumajang dan telah menjadi salah satu ikon daerah tersebut (Prahardini et al., 2010).

Menurut Musita (2009), pengolahan pisang menjadi tepung merupakan salah satu bentuk diversifikasi pangan yang mampu memperpanjang umur simpan bahan baku, meningkatkan kemudahan penyimpanan, serta menghasilkan bahan dengan karakteristik yang lebih beragam dibandingkan buah segar. Pengolahan menjadi tepung juga menghasilkan bahan baku dengan kadar air yang lebih rendah sehingga lebih stabil selama penyimpanan (Musita, 2009). Selain itu, tepung pisang tetap mengandung serat pangan dan pati resisten yang berpotensi berperan sebagai prebiotik alami (Jenie et al., 2014; Ovando-Martinez et al., 2009). Karakteristik tersebut menjadikan tepung pisang lebih sesuai digunakan sebagai bahan dalam formulasi es krim karena memberikan komposisi yang lebih konsisten pada setiap perlakuan penelitian.

Dibandingkan beberapa varietas pisang konsumsi lainnya, pisang agung memiliki ukuran buah yang lebih besar, rendemen daging buah yang

tinggi, serta kandungan karbohidrat, pati resisten, dan serat pangan yang cukup tinggi sehingga lebih potensial diolah menjadi tepung sebagai bahan baku produk pangan fungsional (Nihayah, 2014). Menurut Kementerian Pertanian Republik Indonesia (2020), pisang merupakan salah satu komoditas buah tropis yang memiliki produktivitas tinggi dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan alternatif karena mengandung karbohidrat, serat pangan, vitamin, mineral, dan senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan.

Menurut Musita (2009), pengolahan pisang menjadi tepung merupakan salah satu bentuk diversifikasi pangan yang mampu memperpanjang umur simpan bahan baku, meningkatkan kemudahan penyimpanan, serta menghasilkan bahan dengan karakteristik yang lebih beragam dibandingkan buah segar. Pengolahan menjadi tepung juga mempertahankan kandungan serat pangan dan pati resisten serta menghasilkan bahan baku dengan kadar air rendah yang lebih stabil selama penyimpanan. Karakteristik tersebut menjadikan tepung pisang lebih sesuai digunakan sebagai bahan dalam formulasi es krim karena memberikan komposisi yang lebih konsisten pada setiap perlakuan penelitian.

Selain sebagai sumber karbohidrat, tepung pisang agung mengandung serat pangan dan pati resisten (resistant starch) yang berpotensi berperan sebagai prebiotik alami. Pati resisten tidak dicerna di usus halus, tetapi difermentasi oleh bakteri menguntungkan di usus besar sehingga dapat mendukung pertumbuhan bakteri probiotik dan meningkatkan kesehatan saluran pencernaan (Lasale et al., 2022)

Penelitian oleh Musita (2009) menunjukkan bahwa tepung pisang mengandung serat pangan dan pati resisten yang berpotensi sebagai prebiotik alami. Komponen tersebut mampu menjadi substrat bagi bakteri menguntungkan di dalam usus serta berpotensi meningkatkan nilai fungsional produk pangan. Oleh karena itu, tepung pisang agung dipilih dalam penelitian ini sebagai sumber serat pangan sekaligus prebiotik alami yang diharapkan

mampu meningkatkan karakteristik fisik dan nilai fungsional es krim probiotik.

2. Kandungan Gizi Pisang Agung

Pisang agung (*Musa paradisiaca*) merupakan salah satu varietas pisang yang memiliki kandungan zat gizi cukup lengkap sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pangan fungsional. Komponen utamanya berupa karbohidrat, disertai protein, vitamin, mineral, serat pangan, serta senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan (Rojabiyah, 2015). Kandungan zat gizi tersebut menjadikan pisang agung tidak hanya berperan sebagai sumber energi, tetapi juga berpotensi meningkatkan nilai fungsional suatu produk pangan.

Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2019), buah pisang mengandung energi sekitar 90–130 kkal per 100 gram, yang sebagian besar berasal dari karbohidrat. Pada buah yang belum matang, karbohidrat didominasi oleh pati, sedangkan selama proses pematangan sebagian pati akan terhidrolisis menjadi gula sederhana seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa sehingga rasa buah menjadi lebih manis.

Selain sebagai sumber energi, pisang agung juga mengandung serat pangan yang berperan dalam menjaga kesehatan saluran pencernaan. Serat pangan dapat meningkatkan volume feses, memperlancar proses defekasi, serta mendukung pertumbuhan bakteri menguntungkan di dalam usus *Santi dkk.*, (2024). Menurut (Afifah et al., 2020), tepung pisang memiliki kandungan serat pangan yang cukup tinggi sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan pangan fungsional. Dalam produk es krim, keberadaan serat pangan juga dapat meningkatkan kapasitas pengikatan air, dan membantu menghasilkan tekstur yang lebih stabil.

Komponen penting lainnya yang terdapat pada pisang adalah pati resisten (resistant starch). Pati resisten merupakan fraksi pati yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan di usus halus dan akan difermentasi oleh mikrobiota usus besar (Cicilia et al., 2026). Menurut Ovando-Martinez et al. (2009), pisang yang belum matang memiliki kandungan pati resisten lebih

tinggi dibandingkan pisang matang karena sebagian besar pati belum mengalami hidrolisis menjadi gula sederhana. Oleh karena itu, penggunaan pisang yang diolah menjadi tepung sebelum matang mampu mempertahankan kandungan pati resisten dalam jumlah yang lebih tinggi.

Pati resisten memiliki fungsi fisiologis yang menyerupai serat pangan karena dapat menjadi substrat bagi bakteri menguntungkan dalam usus. Menurut Muhibbah (2011), konsumsi pangan yang mengandung pati resisten dapat meningkatkan produksi asam lemak rantai pendek (short-chain fatty acids) seperti asetat, propionat, dan butirat yang berperan dalam menjaga kesehatan kolon. Oleh karena itu, tepung pisang yang dibuat dari buah yang belum matang banyak dimanfaatkan sebagai sumber prebiotik alami dalam pengembangan pangan fungsional.

Penelitian Jenie et al. (2014) menunjukkan bahwa tepung pisang dari buah yang belum matang mengandung pati resisten dan serat pangan dalam jumlah yang relatif tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber prebiotik alami. Berdasarkan karakteristik tersebut, tepung pisang agung dipilih dalam penelitian ini sebagai sumber serat pangan dan pati resisten yang diharapkan dapat meningkatkan nilai fungsional serta mendukung karakteristik fisik es krim probiotik.

3. Tepung Pisang Agung

Tepung pisang merupakan produk hasil pengolahan buah pisang melalui tahapan sortasi, pencucian, pengupasan, pengirisan, pengeringan, penepungan, dan pengayakan hingga diperoleh serbuk halus. Pengolahan pisang menjadi tepung bertujuan untuk memperpanjang umur simpan, mempermudah penyimpanan dan distribusi, serta meningkatkan nilai tambah komoditas pisang. Selain itu, pengolahan menjadi tepung dapat mengurangi kehilangan hasil pascapanen karena buah pisang segar memiliki kadar air tinggi dan mudah mengalami kerusakan (Musita, 2009).

Dibandingkan buah segarnya, tepung pisang memiliki kadar air yang lebih rendah sehingga lebih stabil selama penyimpanan serta lebih mudah diaplikasikan sebagai bahan baku berbagai produk pangan. Menurut Aurore

et al., (2009), tepung pisang kaya akan karbohidrat, terutama pati, serta mengandung serat pangan, mineral, vitamin, dan senyawa bioaktif yang berpotensi memberikan manfaat kesehatan. Karakteristik tersebut menjadikan tepung pisang sebagai salah satu bahan baku yang banyak dimanfaatkan dalam pengembangan pangan fungsional.

Salah satu keunggulan utama tepung pisang adalah kandungan pati resisten (resistant starch) dan serat pangan yang relatif tinggi, terutama apabila dibuat dari buah yang belum matang (Ovando-Martinez et al., 2009). Kandungan tersebut berpotensi memberikan efek prebiotik karena dapat difermentasi oleh mikrobiota usus sehingga menghasilkan asam lemak rantai pendek (short-chain fatty acids) yang berperan dalam menjaga kesehatan saluran pencernaan (Nugent, 2005). Selain manfaat fisiologis, keberadaan pati resisten dan serat pangan juga meningkatkan kemampuan pengikatan air pada produk pangan.

Menurut Hassan, Z. H. (2014), tepung pisang berpotensi sebagai bahan pangan fungsional sekaligus alternatif bahan baku lokal karena mengandung pati resisten dan serat pangan dalam jumlah yang cukup tinggi. Penelitian Pranoto et al. (2014) juga melaporkan bahwa penambahan tepung pisang pada produk pangan mampu meningkatkan kandungan serat serta memperbaiki nilai fungsional produk yang dihasilkan.

Salah satu keunggulan utama tepung pisang adalah kandungan pati resisten (resistant starch) yang relatif tinggi, terutama apabila dibuat dari buah yang belum matang. Pati resisten merupakan fraksi pati yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan di usus halus sehingga difermentasi oleh mikrobiota usus besar (Ovando-Martinez et al., 2009). Menurut Afifah et al., (2020), tepung pisang mentah memiliki kandungan pati resisten yang cukup tinggi dan berpotensi memberikan efek fisiologis yang serupa dengan serat pangan. Konsumsi pangan yang mengandung pati resisten diketahui dapat meningkatkan produksi asam lemak rantai pendek (short-chain fatty acids) yang berperan dalam menjaga kesehatan kolon dan mendukung pertumbuhan bakteri menguntungkan dalam saluran pencernaan.

Selain pati resisten, tepung pisang juga mengandung serat pangan yang berperan dalam menjaga kesehatan sistem pencernaan. Serat pangan diketahui dapat membantu meningkatkan rasa kenyang, memperlambat pengosongan lambung, memperbaiki fungsi usus, serta mendukung keseimbangan mikrobiota usus. Menurut Nugent (2005), kombinasi antara serat pangan dan pati resisten dapat memberikan efek prebiotik yang bermanfaat bagi kesehatan saluran cerna.

Penelitian oleh (Musita, 2009) menunjukkan bahwa tepung pisang memiliki kandungan serat pangan yang cukup tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku pangan fungsional. Selain itu, penelitian Pranoto et al. (2014) melaporkan bahwa penggunaan tepung pisang dalam produk pangan dapat meningkatkan kandungan serat dan memperbaiki nilai fungsional produk yang dihasilkan. Karakteristik tersebut menjadikan tepung pisang sebagai salah satu bahan yang potensial untuk dikembangkan dalam berbagai produk pangan inovatif.

Selain memberikan manfaat kesehatan, tepung pisang juga memiliki karakteristik teknologi pangan yang menguntungkan. Kandungan pati dan seratnya mampu memperbaiki kapasitas pengikatan air dan membantu menghasilkan tekstur produk yang lebih stabil Ovando-Martinez et al., (2009). Dalam penelitian ini, tepung pisang agung dipilih dibandingkan buah segar karena memiliki karakteristik yang lebih seragam, lebih stabil selama penyimpanan, lebih mudah ditimbang sesuai formulasi, serta memudahkan standardisasi komposisi pada setiap perlakuan sehingga variasi karakteristik produk lebih dipengaruhi oleh perbedaan formulasi daripada perubahan kadar air bahan baku.

4. Pemanfaatan Pisang dalam Produk Pangan Olahan

Pisang merupakan salah satu komoditas hortikultura yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku berbagai produk pangan olahan karena memiliki kandungan karbohidrat, serat pangan, vitamin, mineral, dan senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan. Selain dikonsumsi dalam bentuk segar, pisang dapat diolah menjadi berbagai produk, seperti keripik,

sale, tepung pisang, roti, biskuit, mi, minuman, hingga produk pangan beku (Aurore et al., 2009). Diversifikasi pengolahan pisang juga menjadi salah satu upaya meningkatkan nilai tambah komoditas lokal serta mengurangi kehilangan hasil pascapanen akibat tingginya kadar air pada buah segar (Kementerian Pertanian RI, 2020).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan tepung pisang pada produk pangan mampu meningkatkan kandungan serat dan pati resisten sehingga meningkatkan nilai fungsional produk. Ovando-Martinez et al. (2009) melaporkan bahwa penggunaan tepung pisang dapat meningkatkan kandungan indigestible carbohydrates dan serat pangan, sedangkan Pranoto et al. (2014) menunjukkan bahwa penambahan tepung pisang mampu meningkatkan kandungan serat serta memperbaiki nilai gizi produk pangan. Karakteristik tersebut menjadikan tepung pisang berpotensi digunakan sebagai bahan baku pangan fungsional.

Salah satu bentuk pemanfaatan pisang yang banyak dikembangkan adalah dalam bentuk tepung pisang. Tepung pisang memiliki beberapa keunggulan, antara lain umur simpan yang lebih panjang, mudah diaplikasikan pada berbagai produk pangan, serta mengandung pati resisten dan serat pangan yang relatif tinggi (Elfana, 2023). Menurut Hassan, Z. H. (2014), tepung pisang berpotensi digunakan sebagai bahan pangan fungsional karena kandungan pati resistennya yang mampu memberikan efek fisiologis menyerupai serat pangan. Selain itu, tepung pisang juga dapat digunakan sebagai bahan substitusi sebagian tepung terigu dalam berbagai produk pangan sehingga dapat mendukung diversifikasi pangan berbasis bahan lokal.

Pemanfaatan tepung pisang dalam produk roti dan biskuit telah banyak diteliti. Menurut Ovando-Martinez et al., (2009), penggunaan tepung pisang pada produk pasta mampu meningkatkan kandungan karbohidrat tidak tercerna (indigestible carbohydrates) dan serat pangan tanpa menurunkan kualitas produk secara signifikan. Penelitian Agama-Acevedo et al. (2016) juga menunjukkan bahwa penggunaan tepung pisang mentah pada produk

bakery dapat meningkatkan kandungan pati resisten dan memperbaiki nilai fungsional produk.

Penelitian Pranoto et al. (2014) menunjukkan bahwa substitusi tepung pisang pada produk pangan dapat meningkatkan kandungan serat pangan serta memperbaiki nilai gizi produk. Selain itu, Musita (2009) menyatakan bahwa tepung pisang berpotensi digunakan sebagai bahan baku pangan fungsional karena kandungan serat pangan dan pati resistennya yang cukup tinggi.

Penelitian oleh (Soukoulis et al., 2009a) menunjukkan bahwa penambahan tepung pisang pada produk pangan mampu meningkatkan kandungan serat pangan serta memengaruhi karakteristik tekstur produk. Peningkatan konsentrasi tepung pisang umumnya menyebabkan tekstur produk menjadi lebih padat karena tingginya kandungan pati dan serat pangan yang terdapat dalam tepung pisang. Meskipun demikian, penggunaan tepung pisang dalam proporsi yang tepat dapat menghasilkan produk dengan karakteristik sensoris yang masih dapat diterima oleh konsumen.

Selain pada produk bakery, pemanfaatan tepung pisang juga mulai dikembangkan pada produk pangan beku seperti es krim. Menurut Cruz et al., (2009), penambahan bahan pangan yang mengandung serat pangan pada es krim dapat memperbaiki stabilitas selama penyimpanan dan meningkatkan nilai fungsional produk. Serat pangan yang terdapat pada tepung pisang juga dapat berperan sebagai bahan pengisi (bulking agent) yang membantu memperbaiki tekstur dan body es krim.

C. Inulin sebagai Sumber Serat Pangan

1. Pengertian Inulin

Inulin merupakan polisakarida alami yang termasuk ke dalam golongan fruktan, yaitu karbohidrat yang tersusun atas rantai unit fruktosa yang dihubungkan oleh ikatan β -(2 $\rightarrow$ 1) glikosidik dengan satu molekul glukosa pada ujung rantainya. Inulin banyak ditemukan secara alami pada berbagai tanaman seperti chicory (*Cichorium intybus*), Jerusalem artichoke

(*Helianthus tuberosus*), bawang merah, bawang putih, asparagus, gandum, dan pisang (Roberfroid, 2007). Panjang rantai inulin bervariasi tergantung sumbernya, sehingga dapat memengaruhi sifat fungsional dan fisiologisnya.

Inulin termasuk serat pangan larut air (soluble dietary fiber) yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan manusia di saluran pencernaan bagian atas. Karena tidak mengalami hidrolisis maupun absorpsi di usus halus, inulin akan mencapai kolon dalam keadaan relatif utuh dan difermentasi oleh mikroorganisme usus. Proses fermentasi tersebut menghasilkan asam lemak rantai pendek (short-chain fatty acids) seperti asetat, propionat, dan butirat yang berperan penting dalam menjaga kesehatan saluran pencernaan (Roberfroid, 2007).

Menurut Meyer & Stasse-Wolthuis (2009), inulin merupakan salah satu prebiotik yang paling banyak diteliti dan telah terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan bakteri menguntungkan seperti *Lactobacillus* dan *Bifidobacterium* di dalam usus. Oleh karena itu, inulin sering digunakan sebagai bahan tambahan pada pangan fungsional untuk meningkatkan kesehatan mikrobiota usus dan memperbaiki fungsi saluran pencernaan.

Gibson et al., (2017) menjelaskan bahwa suatu komponen pangan dapat dikategorikan sebagai prebiotik apabila mampu difermentasi secara selektif oleh mikroorganisme menguntungkan dalam usus dan memberikan manfaat kesehatan bagi inangnya. Inulin memenuhi kriteria tersebut karena secara selektif merangsang pertumbuhan bakteri probiotik yang berperan dalam menjaga keseimbangan mikroflora usus. Peningkatan populasi bakteri menguntungkan tersebut dapat membantu menghambat pertumbuhan bakteri patogen, meningkatkan fungsi imun, serta memperbaiki kesehatan saluran cerna.

Selain manfaat fisiologisnya, inulin juga memiliki karakteristik teknologi pangan yang menguntungkan. Menurut Franck (2002), inulin mampu membentuk gel mikro-kristalin yang memberikan sensasi menyerupai lemak (fat mimetic) sehingga sering digunakan sebagai pengganti sebagian lemak dalam berbagai produk pangan. Inulin juga dapat

memperbaiki tekstur, meningkatkan kestabilan emulsi, serta memberikan karakteristik sensoris yang lebih baik pada produk pangan.

Dalam industri pangan, inulin banyak dimanfaatkan pada produk susu fermentasi, yoghurt, minuman probiotik, bakery, produk rendah lemak, serta produk pangan beku seperti es krim.

Menurut Desnilasari & Lestari (2014), inulin merupakan salah satu jenis prebiotik yang banyak digunakan dalam produk probiotik dan sinbiotik karena memiliki kemampuan mendukung pertumbuhan bakteri asam laktat serta meningkatkan manfaat kesehatan produk pangan. Selain itu, Badan Pengawas Obat dan Makanan menyatakan bahwa serat pangan seperti inulin dapat dimanfaatkan dalam formulasi pangan fungsional karena memiliki manfaat fisiologis yang telah didukung oleh bukti ilmiah (BPOM RI, 2019).

2. Karakteristik dan Sifat Fungsional Inulin

Inulin merupakan serat pangan larut air yang memiliki berbagai karakteristik fisik dan fungsional yang mendukung penggunaannya dalam industri pangan. Inulin tersusun atas rantai fruktosa yang panjangnya bervariasi tergantung sumber bahan bakunya. Secara fisik, inulin berbentuk serbuk berwarna putih, tidak berbau, dan memiliki rasa sedikit manis. Kelarutan inulin dalam air dipengaruhi oleh panjang rantai fruktosanya, dimana inulin rantai pendek memiliki kelarutan yang lebih tinggi dibandingkan inulin rantai panjang (Cahyaningtyas & Wikandari, 2022).

Meyer & Stasse-Wolthuis (2009) menjelaskan bahwa inulin mampu membentuk struktur gel mikro-kristalin yang menyerupai globula lemak sehingga sering dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian lemak (fat replacer) pada berbagai produk pangan. Karakteristik tersebut memungkinkan inulin memberikan sensasi mulut (mouthfeel) yang lebih baik tanpa meningkatkan kadar lemak produk secara signifikan.

Selain itu, inulin juga memiliki nilai energi yang relatif rendah karena tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan manusia. Menurut Roberfroid (2007) inulin hanya menghasilkan sekitar 1,5–2 kkal per gram sehingga sering digunakan dalam pengembangan pangan fungsional dan produk

rendah kalori. Kemampuan inulin dalam meningkatkan total padatan, memperbaiki tekstur, mempertahankan kelembapan, serta meningkatkan stabilitas produk menjadikannya salah satu bahan yang banyak digunakan dalam formulasi pangan modern, termasuk produk susu fermentasi dan pangan beku.

3. Inulin sebagai Prebiotik

Inulin dikenal sebagai salah satu jenis prebiotik yang paling banyak digunakan dalam produk pangan fungsional. Prebiotik merupakan komponen pangan yang tidak dapat dicerna oleh tubuh manusia tetapi dapat dimanfaatkan secara selektif oleh mikroorganisme menguntungkan dalam saluran pencernaan. Roberfroid (2007) menjelaskan bahwa suatu bahan dapat disebut sebagai prebiotik apabila mampu menstimulasi pertumbuhan dan aktivitas bakteri menguntungkan sehingga memberikan manfaat kesehatan bagi inangnya.

Setelah dikonsumsi, inulin tidak mengalami pencernaan di lambung maupun usus halus sehingga mencapai kolon dalam keadaan relatif utuh. Di dalam kolon, inulin difermentasi oleh bakteri probiotik seperti *Lactobacillus* spp. dan *Bifidobacterium* spp.. Proses fermentasi tersebut menghasilkan asam lemak rantai pendek (short-chain fatty acids) berupa asetat, propionat, dan butirat yang memiliki berbagai manfaat bagi kesehatan saluran pencernaan Roberfroid (2007).

Peningkatan produksi asam lemak rantai pendek dapat membantu menurunkan pH kolon sehingga menciptakan lingkungan yang kurang mendukung pertumbuhan bakteri patogen. Selain itu, asam lemak rantai pendek juga berfungsi sebagai sumber energi bagi sel epitel usus dan berperan dalam menjaga integritas mukosa saluran pencernaan. Menurut Kolida & Gibson (2011), konsumsi inulin secara rutin dapat meningkatkan populasi *Bifidobacterium* dalam usus yang berkontribusi terhadap kesehatan mikrobiota dan sistem imun tubuh.

Dalam pengembangan produk pangan sinbiotik, inulin sering dikombinasikan dengan probiotik karena mampu mendukung pertumbuhan

dan aktivitas mikroorganisme probiotik. Gibson et al (2017) menyatakan bahwa kombinasi probiotik dan prebiotik dalam satu produk pangan dapat menghasilkan efek sinbiotik yang lebih optimal dibandingkan penggunaan probiotik saja. Oleh karena itu, penggunaan inulin dalam penelitian ini diharapkan dapat mendukung pertumbuhan bakteri asam laktat yang berasal dari yoghurt sekaligus meningkatkan nilai fungsional es krim yang dihasilkan.

4. Penggunaan Inulin dalam Produk Es Krim

Pemanfaatan inulin dalam produk es krim terus berkembang seiring meningkatnya permintaan konsumen terhadap pangan fungsional. Inulin tidak hanya berperan sebagai sumber serat pangan, tetapi juga memiliki fungsi teknologi yang dapat memperbaiki karakteristik fisik dan sensoris produk. Dalam formulasi es krim, inulin sering digunakan sebagai bahan penambah total padatan, pengganti sebagian lemak, serta prebiotik yang mendukung pertumbuhan bakteri probiotik (Awaliah, 2022).

Selain itu, Cruz et al. (2009) menjelaskan bahwa es krim merupakan matriks pangan yang baik untuk membawa probiotik karena kandungan lemak dan total padatannya mampu melindungi sel probiotik dari kerusakan selama proses pembekuan. Penambahan inulin dalam sistem tersebut dapat meningkatkan manfaat kesehatan produk melalui pembentukan efek sinbiotik antara probiotik dan prebiotik.

Penggunaan inulin dalam es krim juga dapat meningkatkan kandungan serat pangan tanpa menimbulkan perubahan rasa yang signifikan. Oleh karena itu, inulin banyak digunakan dalam pengembangan es krim fungsional yang ditujukan untuk meningkatkan kualitas gizi sekaligus mempertahankan karakteristik sensoris yang dapat diterima konsumen.

5. Pengaruh Inulin terhadap Karakteristik Fisik Es Krim

Penambahan inulin dalam formulasi es krim diketahui memengaruhi beberapa karakteristik fisik produk, terutama overrun, laju pelelehan (melting rate), tekstur, total padatan, dan kekerasan. Sebagai serat pangan larut, inulin

memiliki kemampuan mengikat air sehingga membantu meningkatkan kestabilan campuran es krim. Kemampuan tersebut mendukung terbentuknya struktur es krim yang lebih stabil selama proses pembekuan (Akalın & Erişir, 2008).

Penambahan inulin juga dapat memengaruhi nilai overrun karena kemampuan pengikatan air membantu mempertahankan gelembung udara yang terbentuk selama proses pembekuan. Distribusi udara yang lebih merata menghasilkan struktur es krim yang lebih stabil dan tekstur yang lebih lembut. Namun, penggunaan inulin dalam jumlah yang terlalu tinggi dapat menyebabkan campuran menjadi terlalu kental sehingga proses masuknya udara berkurang dan nilai overrun dapat menurun (El-Nagar et al., 2002).

Selain itu, inulin berperan dalam memperlambat laju pelelehan (*melting rate*). Kemampuannya mengikat air dan membentuk jaringan gel membantu mempertahankan struktur es krim sehingga pelelehan berlangsung lebih lambat pada suhu ruang. Soukoulis et al., (2009) melaporkan bahwa penambahan inulin mampu meningkatkan ketahanan es krim terhadap pelelehan dibandingkan formulasi tanpa inulin

Penggunaan inulin juga berkontribusi terhadap pembentukan tekstur yang lebih halus serta menurunkan pembentukan kristal es berukuran besar. Selain itu, penambahan inulin meningkatkan total padatan sehingga struktur produk menjadi lebih kompak dan stabil selama penyimpanan beku. Kristal es yang lebih kecil menghasilkan sensasi tekstur yang lebih lembut dan meningkatkan penerimaan konsumen (Soukoulis et al., 2009; Akalın & Erişir, 2008).

Meskipun demikian, penggunaan inulin perlu disesuaikan dengan proporsi yang tepat. Penambahan inulin yang terlalu tinggi dapat menghasilkan struktur es krim yang terlalu padat atau keras serta mengurangi kemampuan pengembangan udara selama proses pembekuan, sehingga berpotensi menurunkan mutu fisik produk (Akalın & Erişir, 2008).

D. Bahan Penyusun Es Krim Probiotik

1. Susu sebagai Bahan Dasar

Susu merupakan bahan utama dalam pembuatan es krim yang berfungsi sebagai sumber zat gizi sekaligus pembentuk karakteristik fisik produk. Susu mengandung berbagai komponen penting seperti protein, lemak, laktosa, vitamin, dan mineral yang berperan dalam pembentukan tekstur, cita rasa, nilai gizi, serta kestabilan es krim. Komponen protein susu, terutama kasein dan protein whey, memiliki kemampuan mengikat air dan membentuk sistem koloid yang berkontribusi terhadap struktur produk selama proses pembekuan (Goff & Hartel, 2013a).

Menurut Goff & Hartel (2013), protein susu berperan dalam meningkatkan kestabilan emulsi, mempertahankan distribusi lemak, serta membantu pembentukan tekstur es krim yang lembut. Protein susu juga berfungsi sebagai agen pengemulsi alami yang membantu menjaga kestabilan campuran selama proses pengolahan dan penyimpanan.

Lemak susu merupakan komponen penting yang berkontribusi terhadap kelembutan tekstur, sensasi krimi (*creaminess*), serta cita rasa es krim. Lemak membantu membentuk struktur yang stabil dengan menangkap gelembung udara selama proses pengadukan dan pembekuan. Menurut Marshall, Goff, & Hartel (2017), kadar lemak yang memadai akan menghasilkan tekstur yang lebih halus, mengurangi pembentukan kristal es berukuran besar, serta meningkatkan penerimaan konsumen terhadap produk es krim.

Selain protein dan lemak, susu juga mengandung laktosa yang berfungsi sebagai sumber energi dan memberikan sedikit rasa manis pada produk. Mineral seperti kalsium dan fosfor yang terdapat dalam susu turut berperan dalam meningkatkan nilai gizi es krim. Menurut Badan Standardisasi Nasional (2018), penggunaan susu dalam formulasi es krim tidak hanya bertujuan untuk memenuhi persyaratan kandungan protein dan lemak, tetapi juga untuk menghasilkan karakteristik fisik dan sensoris yang baik.

Penelitian oleh Violalita et al. (2025) menunjukkan bahwa penggunaan susu dalam formulasi es krim berpengaruh terhadap overrun dan laju pelelehan produk. Semakin tinggi kandungan padatan susu, semakin baik kemampuan produk dalam mempertahankan struktur selama penyimpanan.

Penelitian lain oleh Susilawati (2026) menyatakan bahwa komponen protein susu berperan dalam meningkatkan daya ikat air dan memperbaiki karakteristik tekstur produk pangan beku. Sementara itu, Surono (2016) menjelaskan bahwa susu merupakan media yang sangat baik untuk pertumbuhan bakteri asam laktat karena mengandung laktosa dan nutrisi lain yang mendukung aktivitas mikroorganisme probiotik.

2. Greek Yoghurt

Greek yoghurt merupakan salah satu jenis yoghurt yang dihasilkan melalui proses fermentasi susu menggunakan bakteri asam laktat, kemudian dilanjutkan dengan proses penyaringan (straining) untuk mengurangi kandungan whey. Proses penyaringan tersebut menyebabkan Greek yoghurt memiliki tekstur yang lebih kental serta kandungan protein dan total padatan yang lebih tinggi dibandingkan yoghurt biasa. Selain itu, Greek yoghurt umumnya memiliki kadar air yang lebih rendah sehingga menghasilkan konsistensi yang lebih padat dan karakteristik sensoris yang khas (Tamime & Robinson, 2007).

Menurut (Ye et al., 2005), proses penyaringan pada Greek yoghurt meningkatkan konsentrasi protein, lemak, dan total padatan karena sebagian air dan laktosa yang terdapat dalam whey terpisah selama proses produksi. Peningkatan total padatan tersebut memberikan kontribusi terhadap tekstur yang lebih kental dan stabil dibandingkan yoghurt konvensional. Karakteristik ini menjadikan Greek yoghurt banyak digunakan sebagai bahan baku dalam berbagai produk pangan, termasuk produk pangan beku.

Greek yoghurt mengandung bakteri asam laktat yang berperan sebagai probiotik, terutama dari kelompok *Lactobacillus* dan *Streptococcus thermophilus*. Menurut FAO/WHO (2002), probiotik merupakan mikroorganisme hidup yang apabila dikonsumsi dalam jumlah cukup dapat

memberikan manfaat kesehatan bagi inangnya. Keberadaan bakteri probiotik dalam Greek yoghurt berpotensi membantu menjaga keseimbangan mikrobiota usus, meningkatkan kesehatan saluran pencernaan, serta mendukung fungsi sistem imun .

Selain sebagai sumber probiotik, Greek yoghurt juga merupakan sumber protein berkualitas tinggi. Protein utama dalam Greek yoghurt terdiri atas kasein dan protein whey yang mengandung asam amino esensial lengkap. Menurut (Chandan & Kilara, 2013), kandungan protein yang tinggi pada Greek yoghurt berperan dalam meningkatkan nilai gizi produk pangan sekaligus memberikan efek kenyang yang lebih lama. Kandungan protein tersebut juga berkontribusi terhadap pembentukan struktur dan tekstur produk selama proses pengolahan.

Dalam pembuatan es krim, Greek yoghurt memiliki beberapa fungsi teknologi yang penting. Kandungan protein dan total padatan yang lebih tinggi dibandingkan yoghurt biasa dapat memperbaiki kemampuan pengikatan air serta membantu pembentukan tekstur yang lebih lembut dan stabil. Menurut (Akalin & Erişir, 2008), bahan susu fermentasi yang mengandung probiotik dapat meningkatkan kualitas tekstur dan membantu mempertahankan viabilitas bakteri selama penyimpanan beku.

Penelitian oleh Arief et al. (2015) menunjukkan bahwa penggunaan yoghurt pada produk pangan fungsional mampu meningkatkan kandungan bakteri asam laktat serta memperbaiki karakteristik sensoris produk. Selain itu, Surono (2016) menjelaskan bahwa produk susu fermentasi seperti yoghurt merupakan media yang baik untuk membawa mikroorganisme probiotik karena kandungan nutriennya mampu mendukung kelangsungan hidup bakteri selama penyimpanan.

3. Sukrosa dan Dekstrosa

Sukrosa dan dekstrosa merupakan jenis pemanis yang umum digunakan dalam formulasi es krim karena tidak hanya berfungsi memberikan rasa manis, tetapi juga berperan penting dalam pembentukan karakteristik fisik produk. Penambahan gula dalam es krim memengaruhi titik beku, tekstur,

kestabilan, serta sifat sensoris produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, pemilihan jenis dan jumlah gula menjadi salah satu faktor penting dalam formulasi es krim (Goff & Hartel, 2013a).

Sukrosa merupakan disakarida yang tersusun atas satu molekul glukosa dan satu molekul fruktosa. Sukrosa merupakan pemanis yang paling banyak digunakan dalam industri pangan karena memiliki tingkat kemanisan yang tinggi, mudah larut dalam air, serta memberikan cita rasa yang diterima oleh konsumen. Dalam pembuatan es krim, sukrosa berfungsi sebagai sumber rasa manis sekaligus berperan dalam menurunkan titik beku (*freezing point depression*). Penurunan titik beku menyebabkan sebagian air tetap berada dalam fase cair pada suhu pembekuan sehingga tekstur es krim menjadi lebih lembut dan tidak terlalu keras Marshall, Goff, & Hartel (2017).

Selain sukrosa, dekstrosa juga sering digunakan dalam formulasi es krim. Dekstrosa merupakan bentuk D-glukosa yang memiliki tingkat kemanisan sekitar 70–75% dibandingkan sukrosa. Meskipun tingkat kemanisannya lebih rendah, dekstrosa memiliki kemampuan yang lebih besar dalam menurunkan titik beku karena berat molekulnya lebih kecil dibandingkan sukrosa. Menurut (Goff & Hartel, 2013b), penggunaan dekstrosa dapat meningkatkan kelembutan tekstur dan mengurangi pembentukan kristal es berukuran besar selama penyimpanan.

Kombinasi sukrosa dan dekstrosa banyak diterapkan dalam industri es krim karena mampu menghasilkan keseimbangan antara tingkat kemanisan dan karakteristik fisik produk. Marshall, Goff, & Hartel (2017) menjelaskan bahwa penggunaan kedua jenis gula tersebut secara bersamaan dapat menghasilkan tekstur yang lebih lembut, meningkatkan stabilitas selama penyimpanan, serta memperbaiki kualitas sensoris es krim. Selain itu, kombinasi sukrosa dan dekstrosa dapat membantu mengendalikan kekerasan produk sehingga es krim lebih mudah disendok dan dikonsumsi.

Menurut Goff & Hartel (2013), gula dalam es krim juga berkontribusi terhadap peningkatan total padatan yang berpengaruh pada body dan tekstur produk. Peningkatan total padatan dapat mengurangi jumlah air bebas dalam

campuran sehingga pembentukan kristal es menjadi lebih kecil dan merata. Kondisi tersebut menghasilkan tekstur yang lebih halus dan meningkatkan penerimaan konsumen terhadap produk.

Penelitian oleh (Fernanda et al., 2026) melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi gula dapat memengaruhi overrun dan laju pelelehan es krim. Selain itu, Goff & Hartel (2013) menyatakan bahwa keseimbangan komposisi gula dalam produk pangan beku berperan penting dalam menghasilkan tekstur yang stabil dan karakteristik sensoris yang baik.

4. Kuning Telur

Menurut Kementerian Kesehatan RI (2019), kuning telur merupakan salah satu bahan yang umum digunakan dalam pembuatan es krim karena berfungsi sebagai emulsifier alami sekaligus memberikan kontribusi terhadap karakteristik fisik dan sensoris produk. Kuning telur mengandung berbagai zat gizi, seperti protein, lemak, fosfolipid, vitamin, dan mineral yang berperan dalam pembentukan struktur es krim. Salah satu komponen utama yang menjadikan kuning telur penting dalam formulasi es krim adalah lesitin, yaitu fosfolipid yang memiliki kemampuan sebagai agen pengemulsi alami.

Emulsifier merupakan senyawa yang dapat membantu menyatukan dua fase yang secara alami tidak dapat bercampur, seperti lemak dan air. Dalam sistem emulsi es krim, lesitin yang terdapat pada kuning telur bekerja dengan menurunkan tegangan antarmuka antara fase lemak dan fase air sehingga emulsi menjadi lebih stabil. Penggunaan kuning telur dalam formulasi es krim dapat meningkatkan kestabilan emulsi, memperbaiki tekstur, meningkatkan body, serta menghasilkan nilai overrun yang lebih baik. Emulsi yang stabil sangat penting dalam pembuatan es krim karena dapat mencegah pemisahan lemak selama proses pengolahan dan penyimpanan (Winarno, 2025).

Selain berfungsi sebagai emulsifier, kuning telur juga berkontribusi terhadap pembentukan tekstur yang lebih halus dan lembut. Goff & Hartel (2013) menjelaskan bahwa emulsifier membantu proses destabilisasi lemak secara terkendali selama pembekuan dan pengadukan sehingga terbentuk jaringan lemak yang mampu menahan gelembung udara. Kondisi tersebut

menghasilkan struktur es krim yang lebih stabil, tekstur yang lebih lembut, dan sensasi meleleh yang lebih baik saat dikonsumsi.

Kuning telur juga memberikan kontribusi terhadap warna dan cita rasa produk. Kandungan pigmen karotenoid seperti lutein dan zeaxanthin dalam kuning telur dapat menghasilkan warna kuning krem yang khas pada es krim. Selain itu, kandungan lemak pada kuning telur turut meningkatkan sensasi krimi (*creaminess*) dan memperkaya cita rasa produk. Menurut Marshall, Goff, & Hartel (2017), penggunaan kuning telur dalam jumlah yang tepat dapat meningkatkan penerimaan konsumen terhadap es krim karena memberikan tekstur yang lebih lembut dan rasa yang lebih kaya.

Dari aspek gizi, kuning telur merupakan sumber protein berkualitas tinggi yang mengandung asam amino esensial lengkap. Selain itu, kuning telur juga mengandung vitamin A, vitamin D, vitamin E, vitamin B12, fosfor, dan selenium yang berkontribusi terhadap nilai gizi produk. Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2019), telur merupakan salah satu sumber protein hewani yang memiliki nilai biologis tinggi dan mudah dicerna oleh tubuh.

Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kuning telur dalam produk pangan beku dapat meningkatkan karakteristik fisik produk. Goff & Hartel (2013) melaporkan bahwa penggunaan emulsifier dalam formulasi es krim berpengaruh terhadap overrun dan laju pelelehan produk. Selain itu, Winarno (2025) menyatakan bahwa stabilitas emulsi yang baik berperan penting dalam menghasilkan tekstur es krim yang halus dan homogen.

5. Carboxymethyl Cellulose (CMC)

Carboxymethyl Cellulose (CMC) merupakan salah satu bahan penstabil (*stabilizer*) yang banyak digunakan dalam industri pangan, termasuk pada produk es krim. CMC merupakan turunan selulosa yang mudah larut dalam air dan mampu meningkatkan kemampuan pengikatan air dalam campuran es krim. Penambahan CMC bertujuan untuk memperbaiki tekstur, mempertahankan kestabilan emulsi, menghambat pembentukan kristal es

berukuran besar, serta meningkatkan stabilitas produk selama pembekuan dan penyimpanan (Goff & Hartel, 2013).

Penggunaan bahan penstabil pada es krim sangat penting karena produk mengalami proses pembekuan dan penyimpanan yang dapat menyebabkan rekristalisasi, yaitu pembentukan kristal es yang semakin besar selama penyimpanan. Kristal es yang berukuran besar akan menghasilkan tekstur yang kasar dan menurunkan mutu produk. Menurut Bahramparvar & Mazaheri Tehrani (2011), penambahan bahan penstabil mampu meningkatkan kemampuan sistem dalam mengikat air, menghambat pertumbuhan kristal es, memperbaiki tekstur, serta memperlambat laju pelelehan (melting rate), sehingga mutu es krim tetap terjaga selama penyimpanan.

CMC bekerja dengan mengikat air bebas di dalam campuran sehingga mengurangi mobilitas air dan memperlambat pembentukan kristal es selama proses pembekuan maupun penyimpanan. Selain itu, CMC membantu mempertahankan distribusi udara, lemak, dan komponen padatan tetap homogen sehingga menghasilkan struktur es krim yang lebih stabil (Goff & Hartel, 2013).

Penambahan CMC juga berpengaruh terhadap karakteristik fisik es krim, terutama overrun, laju pelelehan (melting rate), dan tekstur. Pengikatan air yang lebih baik membantu mempertahankan udara yang terperangkap selama proses pembekuan sehingga struktur es krim menjadi lebih stabil. Marshall, Goff, & Hartel (2017) menjelaskan bahwa penggunaan bahan penstabil dalam jumlah yang tepat mampu menghasilkan tekstur yang lebih lembut, meningkatkan kestabilan struktur, serta memperlambat pelelehan es krim pada suhu ruang.

Penelitian Bahramparvar & Mazaheri Tehrani (2011) menunjukkan bahwa penggunaan bahan penstabil pada es krim mampu menghasilkan tekstur yang lebih halus, memperlambat laju pelelehan, dan meningkatkan stabilitas produk selama penyimpanan. Oleh karena itu, CMC banyak

digunakan dalam formulasi es krim untuk mempertahankan mutu fisik dan meningkatkan penerimaan konsumen.

Menurut Winarno (2004), CMC merupakan salah satu hidrokoloid yang banyak digunakan dalam industri pangan karena memiliki kemampuan mengikat air, stabil selama proses pengolahan, serta tidak memengaruhi cita rasa produk secara nyata. Oleh sebab itu, CMC banyak diaplikasikan sebagai bahan penstabil pada es krim maupun berbagai produk pangan lainnya.

E. Karakteristik Fisik Produk Pangan Beku

1. Density

Density atau massa jenis merupakan salah satu parameter fisik yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas es krim. Density didefinisikan sebagai perbandingan antara massa (berat) dengan volume suatu bahan. Pada produk es krim, nilai density menggambarkan tingkat kepadatan produk yang dipengaruhi oleh komposisi bahan penyusun dan jumlah udara yang terperangkap selama proses pembekuan dan pengadukan (freezing and whipping process) (Goff & Hartel, 2013).

Menurut Marshall, Goff, & Hartel (2017), density merupakan indikator penting dalam menentukan karakteristik body dan tekstur es krim. Nilai density yang tinggi menunjukkan bahwa es krim memiliki jumlah udara yang relatif sedikit sehingga produk menjadi lebih padat dan berat. Sebaliknya, density yang rendah menunjukkan adanya udara yang lebih banyak dalam sistem es krim sehingga tekstur menjadi lebih ringan dan mengembang.

Nilai density berkaitan erat dengan overrun karena kedua parameter tersebut dipengaruhi oleh jumlah udara yang masuk selama proses pembekuan. Goff & Hartel (2013) menjelaskan bahwa peningkatan jumlah udara yang terperangkap dalam es krim akan menyebabkan volume produk bertambah sehingga density menurun. Oleh karena itu, density dan overrun umumnya memiliki hubungan yang berbanding terbalik.

Menurut Goff & Hartel (2013), density yang terlalu tinggi dapat menghasilkan tekstur yang terlalu padat (heavy body) dan kurang disukai

konsumen. Sebaliknya, density yang terlalu rendah dapat menyebabkan tekstur menjadi terlalu ringan, kurang stabil, dan mudah meleleh. Oleh karena itu, keseimbangan antara jumlah udara dan total padatan sangat diperlukan untuk menghasilkan es krim dengan karakteristik fisik yang baik.

Penelitian oleh Bahramparvar & Mazaheri Tehrani (2011), menunjukkan bahwa perubahan komposisi bahan penyusun es krim berpengaruh terhadap nilai density produk. Peningkatan kandungan padatan adonan dapat memengaruhi kemampuan campuran dalam menahan udara selama proses pembekuan sehingga berdampak pada density dan kualitas tekstur es krim.

2. Overrun

Menurut Muse & Hartel (2004), overrun merupakan faktor penting yang memengaruhi kualitas es krim karena berhubungan langsung dengan tekstur, kelembutan, dan penerimaan konsumen. Nilai overrun yang sesuai dapat menghasilkan es krim dengan tekstur yang ringan, lembut, dan mudah disendok. Sebaliknya, nilai overrun yang terlalu rendah dapat menyebabkan es krim menjadi padat dan keras, sedangkan overrun yang terlalu tinggi dapat menghasilkan tekstur yang terlalu ringan, berongga, dan kurang stabil.

Secara umum, overrun dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain komposisi bahan, kandungan lemak, kandungan protein, penggunaan bahan penstabil (stabilizer) dan pengemulsi (emulsifier), serta kondisi proses pembekuan. Bahan yang memiliki kemampuan mengikat air, seperti hidrokoloid dan serat pangan, dapat memengaruhi kemampuan campuran dalam mempertahankan udara selama proses pembekuan. Menurut Goff & Hartel (2013), keseimbangan sifat campuran sangat menentukan jumlah udara yang dapat terperangkap di dalam es krim. Campuran yang terlalu kental akan menghambat masuknya udara, sedangkan campuran yang terlalu encer menyebabkan udara mudah keluar sehingga struktur es krim menjadi kurang stabil dan nilai overrun menurun.

Kandungan lemak dan protein juga berperan penting dalam pembentukan overrun. Lemak membantu menstabilkan gelembung udara

melalui pembentukan jaringan lemak selama proses pembekuan, sedangkan protein berfungsi sebagai agen pembentuk lapisan di sekitar gelembung udara sehingga udara dapat dipertahankan dalam produk. Marshall, Goff, & Hartel (2017) menjelaskan bahwa keseimbangan antara lemak, protein, stabilizer, dan emulsifier sangat diperlukan untuk menghasilkan overrun yang optimal.

Pada es krim komersial, nilai overrun umumnya berkisar antara 35–100%, tergantung jenis produk dan metode produksi yang digunakan. Es krim premium biasanya memiliki overrun yang lebih rendah dibandingkan es krim industri karena mengandung lebih banyak padatan dan lemak sehingga teksturnya lebih padat dan kaya rasa (Goff & Hartel, 2013). Overrun yang baik pada es krim skala kecil umumnya berada pada kisaran 30–50%, sedangkan pada industri besar dapat mencapai lebih dari 80%.

(Bahramparvar & Mazaheri Tehrani, 2011) menyatakan bahwa peningkatan kandungan padatan dalam formulasi es krim dapat memengaruhi kemampuan produk dalam mempertahankan udara selama proses pembekuan. Selain itu, penggunaan bahan yang kaya serat pangan dapat menyebabkan nilai overrun menurun karena meningkatnya kekentalan campuran.

3. Melting Point

Melting point atau titik leleh merupakan salah satu parameter karakteristik fisik yang digunakan untuk mengevaluasi karakteristik es krim. Titik leleh menggambarkan kemampuan es krim dalam mempertahankan bentuknya sebelum mulai mengalami pelelehan pada suhu tertentu. Parameter ini berkaitan dengan stabilitas struktur es krim yang dipengaruhi oleh komposisi bahan penyusun, ukuran kristal es, kandungan lemak, jumlah udara (overrun), serta total padatan dalam produk (Marshall, Goff, & Hartel (2017).

Menurut Goff & Hartel (2013), proses pelelehan es krim merupakan fenomena kompleks yang melibatkan mencairnya kristal es, pecahnya struktur udara, serta perubahan jaringan lemak yang terbentuk selama proses pembekuan. Oleh karena itu, titik leleh dapat digunakan sebagai indikator kualitas struktur internal es krim. Produk dengan struktur yang stabil

umumnya memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap pelelehan dibandingkan produk dengan struktur yang kurang stabil.

Titik leleh es krim dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah kandungan total padatan. Semakin tinggi total padatan dalam formulasi, semakin sedikit air bebas yang dapat membentuk kristal es sehingga produk cenderung lebih stabil terhadap perubahan suhu. Selain itu, kandungan lemak yang tinggi dapat membentuk jaringan lemak yang membantu mempertahankan struktur produk selama proses pelelehan. Marshall, Goff, & Hartel (2017) menyatakan bahwa peningkatan kadar lemak dan total padatan umumnya akan meningkatkan ketahanan es krim terhadap pelelehan.

Keberadaan bahan penstabil juga berpengaruh terhadap titik leleh dan laju pelelehan (melting rate) es krim. Stabilizer seperti Carboxymethyl Cellulose (CMC) mampu mengikat air bebas dan mempertahankan kestabilan struktur es krim sehingga proses pelelehan berlangsung lebih lambat. Kemampuan tersebut juga membantu menghambat pembentukan kristal es berukuran besar selama penyimpanan beku. BahramParvar dan Mazaheri Tehrani (2011) menjelaskan bahwa penggunaan stabilizer dalam formulasi es krim dapat meningkatkan stabilitas struktur serta memperbaiki ketahanan produk terhadap pelelehan pada suhu ruang.

Selain itu, nilai overrun juga berkaitan dengan titik leleh. Es krim dengan overrun yang sangat tinggi umumnya mengandung lebih banyak udara sehingga struktur produk menjadi lebih ringan dan lebih cepat kehilangan bentuk ketika terkena suhu ruang. Sebaliknya, es krim dengan overrun yang lebih rendah cenderung memiliki struktur yang lebih padat dan lebih tahan terhadap pelelehan (Muse & Hartel, 2004a).

Penelitian oleh Bahramparvar & Mazaheri Tehrani (2011) menunjukkan bahwa peningkatan kandungan padatan dalam formulasi es krim dapat meningkatkan kestabilan produk dan memperpanjang waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi meleleh. Hasil tersebut menunjukkan

bahwa komposisi bahan sangat berpengaruh terhadap karakteristik pelelehan es krim.

4. Melting Rate

Melting rate atau laju pelelehan merupakan salah satu parameter karakteristik fisik yang penting dalam evaluasi kualitas es krim. Melting rate menggambarkan kecepatan es krim mengalami pelelehan ketika diletakkan pada suhu ruang dalam kondisi tertentu. Parameter ini digunakan untuk menilai stabilitas struktur es krim setelah proses pembekuan dan menjadi salah satu indikator penerimaan konsumen karena berkaitan dengan kenyamanan saat dikonsumsi (Muse & Hartel, 2004a).

Menurut Muse & Hartel (2004), laju pelelehan dipengaruhi oleh struktur internal es krim yang terdiri atas kristal es, globula lemak, gelembung udara, dan fase serum yang saling berinteraksi membentuk sistem kompleks. Struktur yang stabil akan mampu mempertahankan bentuk produk lebih lama sehingga pelelehan berlangsung lebih lambat. Sebaliknya, struktur yang kurang stabil akan menyebabkan es krim lebih cepat mencair ketika berada pada suhu ruang.

Laju pelelehan dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain kandungan lemak, total padatan, overrun, ukuran kristal es, serta penggunaan bahan penstabil. Kandungan lemak yang tinggi dapat membentuk jaringan lemak (fat network) yang membantu mempertahankan struktur produk selama proses pelelehan (Muse & Hartel, 2004). Marshall, Goff, & Hartel (2017) menjelaskan bahwa peningkatan kadar lemak dalam es krim umumnya menghasilkan ketahanan pelelehan yang lebih baik karena jaringan lemak mampu menahan air dan udara dalam sistem.

Selain lemak, total padatan juga berperan penting dalam menentukan melting rate. Produk dengan total padatan yang lebih tinggi umumnya memiliki jumlah air bebas yang lebih sedikit sehingga pembentukan kristal es menjadi lebih terkendali dan proses pelelehan berlangsung lebih lambat. Dalam penelitian ini, tepung pisang agung dan inulin berpotensi meningkatkan total padatan sehingga dapat memengaruhi laju pelelehan es

krim (Rabiey & Britten, 2009). Overrun juga memiliki hubungan dengan laju pelelehan. Es krim dengan overrun yang terlalu tinggi mengandung lebih banyak udara sehingga struktur produk menjadi lebih ringan dan cenderung lebih cepat mengalami keruntuhan selama pelelehan. Sebaliknya, overrun yang terlalu rendah dapat menghasilkan tekstur yang terlalu padat. Oleh karena itu, diperlukan keseimbangan antara jumlah udara dan total padatan untuk memperoleh karakteristik pelelehan yang optimal (Goff & Hartel, 2013).

Penelitian oleh Haryanti dan Zueni (2015) menunjukkan bahwa peningkatan kandungan padatan dan penggunaan bahan penstabil dapat memperlambat laju pelelehan es krim. Hasil tersebut menunjukkan bahwa komposisi bahan sangat berpengaruh terhadap stabilitas produk selama penyimpanan maupun saat konsumsi.

Pengukuran melting rate umumnya dilakukan dengan menempatkan sampel es krim pada suhu ruang tertentu, kemudian mengamati jumlah es krim yang meleleh dalam periode waktu tertentu atau mencatat waktu yang diperlukan hingga sebagian atau seluruh sampel mencair. Semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk meleleh, semakin baik stabilitas fisik produk yang dihasilkan (Muse & Hartel, 2004).

5. Total Soluble Solid

Total Soluble Solid (TSS) merupakan jumlah komponen padatan yang larut dalam suatu bahan pangan, seperti gula, protein terlarut, asam organik, mineral, dan senyawa terlarut lainnya. Nilai TSS umumnya dinyatakan dalam derajat Brix ($^{\circ}\text{Brix}$) dan diukur menggunakan refraktometer. Pada produk es krim, nilai TSS menggambarkan konsentrasi padatan terlarut yang berasal dari bahan-bahan penyusun formulasi, seperti sukrosa, susu, Greek yoghurt, dan inulin. Perbedaan komposisi bahan pada setiap formulasi dapat menyebabkan variasi nilai TSS yang dihasilkan (Marshall et al., 2013). Pengukuran TSS menggunakan refraktometer merupakan metode yang sederhana, cepat, dan banyak digunakan untuk memperkirakan konsentrasi padatan terlarut dalam produk pangan (AOAC, 2005).

Nilai TSS pada es krim dipengaruhi oleh jenis dan proporsi bahan yang mengandung komponen terlarut. Penambahan bahan seperti inulin, Greek yoghurt, dan gula dapat meningkatkan jumlah padatan terlarut sehingga berpotensi meningkatkan nilai TSS. Sebaliknya, perubahan proporsi bahan yang memiliki kandungan padatan terlarut lebih rendah dapat menghasilkan nilai TSS yang lebih kecil. Oleh karena itu, pengukuran TSS dapat digunakan untuk menggambarkan perbedaan konsentrasi padatan terlarut antar formulasi es krim yang dihasilkan (Marshall et al., 2013; Goff & Hartel, 2013).

6. Kekerasan (Hardness)

Kekerasan (hardness) merupakan salah satu karakteristik fisik es krim yang menunjukkan tingkat ketahanan produk terhadap penetrasi atau deformasi ketika diberikan gaya tertentu. Parameter ini berkaitan erat dengan tekstur es krim dan memengaruhi kemudahan produk saat disendok maupun sensasi ketika dikonsumsi. Es krim dengan nilai kekerasan yang terlalu tinggi cenderung sulit disendok dan memberikan tekstur yang lebih keras, sedangkan nilai kekerasan yang terlalu rendah dapat menyebabkan produk lebih mudah berubah bentuk dan cepat meleleh (Goff & Hartel, 2013).

Nilai kekerasan dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain kandungan lemak, total padatan (total solid), kadar air, ukuran kristal es, nilai overrun, serta penggunaan bahan penstabil dan serat pangan. Peningkatan total padatan umumnya menyebabkan struktur es krim menjadi lebih padat sehingga meningkatkan kekerasan, sedangkan overrun yang tinggi cenderung menghasilkan tekstur yang lebih lunak karena semakin banyak udara yang terperangkap dalam produk (Bahramparvar & Mazaheri Tehrani, 2011).

Pengukuran kekerasan es krim umumnya dilakukan menggunakan penetrometer atau texture analyzer. Nilai yang diperoleh menunjukkan tingkat penetrasi atau gaya yang diperlukan untuk menembus sampel es krim dan digunakan sebagai indikator kualitas tekstur produk (Goff & Hartel, 2013).

7. Draw Temperature

Draw temperature merupakan suhu es krim pada saat produk dikeluarkan dari mesin pembeku (ice cream freezer) setelah proses pembekuan dan pengadukan (freezing dan churning). Parameter ini mencerminkan kondisi akhir pembentukan struktur es krim sebelum proses pengerasan (hardening). Nilai draw temperature memengaruhi pembentukan kristal es, jumlah udara yang terperangkap (overrun), tekstur, serta kestabilan produk selama penyimpanan (Goff & Hartel, 2013).

Suhu draw dipengaruhi oleh komposisi adonan, terutama kandungan gula, total padatan, lemak, dan bahan penstabil. Semakin tinggi kandungan padatan terlarut, titik beku campuran akan semakin rendah sehingga suhu draw yang dicapai juga cenderung lebih rendah. Selain itu, formulasi yang berbeda dapat menghasilkan karakteristik pembekuan yang berbeda sehingga memengaruhi kualitas akhir es krim (Marshall, Goff, & Hartel, 2017).

Pada proses pembuatan es krim, draw temperature umumnya berada pada kisaran -5°C hingga -8°C , bergantung pada jenis mesin pembeku dan formulasi produk. Pengukuran dilakukan menggunakan termometer digital yang ditempatkan pada es krim segera setelah produk keluar dari mesin pembeku (Goff & Hartel, 2013).

F. Tingkat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (potential of hydrogen atau pH) merupakan salah satu parameter penting yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan suatu bahan yang ditentukan berdasarkan konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam larutan (Winarno, 2025). Pengukuran pH pada es krim probiotik diperlukan karena dapat memengaruhi stabilitas protein, viabilitas bakteri probiotik, tekstur, cita rasa, serta daya simpan produk (Tamime & Robinson, 2007).

Menurut (Tamime & Robinson, 2007), nilai pH merupakan indikator penting pada produk susu fermentasi karena berkaitan langsung dengan aktivitas bakteri asam laktat yang menghasilkan asam organik selama proses fermentasi. Pada es krim probiotik, nilai pH umumnya lebih rendah dibandingkan es krim konvensional karena adanya penambahan yoghurt atau kultur probiotik yang

menghasilkan asam laktat. Penurunan pH tersebut dapat memengaruhi karakteristik fisik dan sensoris produk.

Nilai pH es krim dipengaruhi oleh jenis bahan baku yang digunakan, terutama produk fermentasi seperti yoghurt, kandungan protein susu, serta bahan tambahan lainnya. Menurut Akalın & Erişir (2008), penambahan kultur probiotik dan bahan prebiotik pada es krim dapat menyebabkan perubahan pH selama penyimpanan akibat aktivitas metabolisme bakteri asam laktat. Nilai pH yang terlalu rendah dapat meningkatkan rasa asam dan memengaruhi penerimaan konsumen, sedangkan nilai pH yang terlalu tinggi dapat menurunkan karakteristik khas produk probiotik.

Selain memengaruhi cita rasa, pH juga berpengaruh terhadap stabilitas protein dalam sistem es krim. Goff & Hartel (2013) menjelaskan bahwa perubahan pH dapat memengaruhi interaksi antarprotein susu sehingga berdampak pada kestabilan emulsi dan tekstur produk. Pada kondisi pH mendekati titik isoelektrik protein susu, stabilitas sistem dapat menurun karena protein cenderung mengalami agregasi atau penggumpalan.

Dalam produk probiotik, nilai pH juga berkaitan erat dengan kelangsungan hidup bakteri probiotik. Menurut FAO/WHO (2002), kondisi lingkungan yang sesuai diperlukan untuk mempertahankan jumlah mikroorganisme probiotik hingga saat dikonsumsi. Nilai pH yang terlalu rendah dalam jangka waktu lama dapat menyebabkan penurunan viabilitas bakteri probiotik sehingga manfaat fungsional produk menjadi berkurang.

Pada penelitian ini, penggunaan Greek yoghurt sebagai sumber probiotik diperkirakan memberikan kontribusi terhadap penurunan pH es krim karena bakteri asam laktat menghasilkan asam organik selama proses fermentasi (Tamime & Robinson, 2007). Selain itu, penambahan tepung pisang agung dan inulin dapat memengaruhi aktivitas bakteri probiotik karena keduanya mengandung komponen prebiotik yang mampu mendukung pertumbuhan dan aktivitas bakteri menguntungkan di dalam produk (Akalın & Erişir, 2008). Tepung pisang mentah diketahui mengandung resistant starch yang dapat berfungsi sebagai substrat fermentasi bagi mikroorganisme usus dan berpotensi mendukung

sifat sinbiotik produk (Ovando-Martinez et al., 2009). Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan perbedaan nilai pH antar formulasi es krim probiotik yang dihasilkan.

Nilai pH es krim dipengaruhi oleh komposisi bahan penyusun, terutama penggunaan bahan susu fermentasi, kandungan asam organik, serta aktivitas bakteri asam laktat. Perubahan nilai pH dapat memengaruhi stabilitas protein susu, tekstur, dan karakteristik fisik produk (Goff & Hartel, 2013). Selain itu, penambahan prebiotik seperti inulin dapat mendukung pertumbuhan dan aktivitas bakteri probiotik sehingga meningkatkan produksi asam organik yang berkontribusi terhadap penurunan pH pada produk susu fermentasi (Roberfroid, 2007).

G. Karakteristik Organoleptik Es Krim

1. Warna

Warna merupakan atribut sensori pertama yang diamati oleh konsumen dan berperan penting dalam membentuk kesan awal terhadap suatu produk pangan. Warna es krim dipengaruhi oleh jenis bahan baku, proses pengolahan, serta keberadaan pigmen alami maupun tambahan. Pada penelitian ini, penambahan tepung pisang agung diperkirakan memberikan warna krem hingga kuning kecokelatan karena adanya pigmen alami dan reaksi pencokelatan selama proses pengolahan tepung. Warna yang menarik dapat meningkatkan daya tarik visual dan memengaruhi keputusan konsumen untuk mengonsumsi produk (Winarno, 2025).

2. Penampilan (Appearance)

Penampilan merupakan karakteristik visual secara keseluruhan yang mencakup bentuk, keseragaman, permukaan, dan daya tarik produk. Pada es krim, penampilan dipengaruhi oleh homogenitas adonan, distribusi udara (overrun), pembentukan kristal es, serta kestabilan emulsi. Es krim dengan penampilan yang baik umumnya memiliki permukaan halus, warna yang seragam, dan tidak menunjukkan adanya pemisahan fase maupun kristal es yang tampak jelas (Marshall, Goff, & Hartel, 2017).

3. Aroma

Aroma merupakan sensasi yang diterima oleh indera penciuman akibat senyawa volatil yang dilepaskan dari produk. Aroma es krim dipengaruhi oleh bahan baku utama seperti susu, Greek yoghurt, serta tepung pisang agung. Fermentasi pada Greek yoghurt menghasilkan senyawa volatil seperti asetaldehida, diasetil, dan asam laktat yang memberikan aroma khas yoghurt. Penambahan tepung pisang agung juga dapat memberikan aroma khas pisang yang memengaruhi tingkat kesukaan panelis. Aroma yang seimbang dan tidak menyimpang merupakan salah satu indikator penting dalam penerimaan produk pangan (Goff & Hartel, 2013).

4. Rasa Manis

Rasa manis merupakan salah satu atribut utama yang menentukan penerimaan konsumen terhadap es krim. Tingkat kemanisan dipengaruhi oleh jenis dan konsentrasi pemanis yang digunakan, seperti sukrosa dan dekstrosa, serta interaksinya dengan komponen lain dalam formulasi. Penambahan tepung pisang agung juga dapat memberikan sedikit rasa manis alami yang berasal dari kandungan gula sederhana pada bahan. Tingkat kemanisan yang seimbang diharapkan mampu menghasilkan cita rasa yang disukai tanpa menutupi cita rasa khas yoghurt maupun pisang (Marshall, Goff, & Hartel, 2017).

5. Tekstur

Tekstur merupakan karakteristik yang menggambarkan sifat fisik es krim ketika dikonsumsi, seperti kelembutan, kekompakan, dan kehalusan. Tekstur dipengaruhi oleh ukuran kristal es, kandungan lemak, total padatan, serta jumlah udara yang terperangkap selama proses pembekuan (overrun). Penambahan tepung pisang agung dan inulin dapat meningkatkan total padatan sehingga berpotensi menghasilkan tekstur yang lebih lembut dan stabil apabila digunakan dalam proporsi yang tepat (Bahramparvar & Mazaheri Tehrani, 2011).

6. Sensasi Kristal Es (Ice Crystal Perception)

Sensasi kristal es merupakan persepsi panelis terhadap keberadaan kristal es ketika produk dikonsumsi. Kristal es yang berukuran besar akan memberikan sensasi kasar atau berpasir (icy), sedangkan kristal es yang kecil akan menghasilkan tekstur yang lebih halus (smooth). Ukuran kristal es dipengaruhi oleh proses pembekuan, kandungan total padatan, penggunaan bahan penstabil, serta kondisi penyimpanan. Pengendalian pembentukan kristal es merupakan salah satu faktor penting dalam menghasilkan es krim berkualitas tinggi (Goff & Hartel, 2013).

7. Kesegaran (Freshness)

Kesegaran merupakan persepsi panelis terhadap sensasi menyegarkan yang diperoleh saat mengonsumsi es krim. Atribut ini dipengaruhi oleh suhu penyajian, tingkat keasaman, aroma, dan keseimbangan rasa produk. Pada es krim probiotik, keberadaan Greek yoghurt memberikan sedikit rasa asam yang dapat meningkatkan kesan segar apabila seimbang dengan tingkat kemanisan produk (Marshall, Goff, & Hartel, 2017).

8. Chewiness

Chewiness merupakan persepsi terhadap tingkat kekenyalan atau daya kunyah produk selama dikonsumsi. Pada es krim, atribut ini dipengaruhi oleh struktur matriks, kandungan total padatan, serta penggunaan bahan penstabil dan serat pangan. Penambahan tepung pisang agung dan inulin dalam jumlah yang tepat diharapkan dapat menghasilkan struktur yang kompak tanpa memberikan kesan terlalu padat atau liat (Goff & Hartel, 2013).

9. Aftertaste

Aftertaste merupakan sensasi rasa yang masih tertinggal di dalam rongga mulut setelah produk ditelan. Atribut ini dipengaruhi oleh komposisi bahan penyusun, tingkat keasaman, jenis pemanis, serta senyawa volatil yang masih bertahan setelah konsumsi. Aftertaste yang baik diharapkan memberikan kesan rasa yang menyenangkan tanpa meninggalkan rasa asing, pahit, atau sensasi tepung yang berlebihan (Lawless & Heymann, 2010; Setyaningsih et al., 2010; Stone & Sidel, 2004)

10. Penerimaan Keseluruhan (Overall Acceptability)

Penerimaan keseluruhan merupakan penilaian akhir panelis terhadap produk berdasarkan kombinasi seluruh atribut sensori yang diamati. Atribut ini menggambarkan tingkat kesukaan panelis secara umum terhadap es krim probiotik dan sering digunakan sebagai indikator utama dalam menentukan formulasi terbaik pada penelitian pengembangan produk pangan. Nilai penerimaan keseluruhan dipengaruhi oleh keseimbangan warna, penampilan, aroma, rasa, tekstur, serta atribut sensori lainnya sehingga menjadi parameter penting dalam optimasi formulasi produk (Stone & Sidel, 2004).

H. Penelitian Terkait

1. Penelitian Es Krim Probiotik

Penelitian mengenai es krim probiotik telah banyak dilakukan dalam beberapa tahun terakhir seiring meningkatnya minat masyarakat terhadap pangan fungsional yang tidak hanya memberikan nilai gizi, tetapi juga manfaat kesehatan. Es krim dipandang sebagai media yang potensial untuk penghantaran probiotik karena memiliki kandungan lemak dan total padatan yang mampu melindungi bakteri selama proses pembekuan dan penyimpanan. Selain itu, karakteristik sensoris es krim yang disukai berbagai kelompok usia menjadikan produk ini lebih mudah diterima oleh konsumen dibandingkan beberapa produk probiotik lainnya (Cruz et al., 2009).

Penelitian yang dilakukan oleh Akalın & Erişir (2008) mengevaluasi pengaruh penambahan inulin dan kultur probiotik pada es krim terhadap karakteristik fisik dan viabilitas bakteri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan inulin mampu memperbaiki tekstur dan membantu mempertahankan jumlah bakteri probiotik selama penyimpanan beku. Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi probiotik dan prebiotik dalam es krim berpotensi menghasilkan produk sinbiotik dengan karakteristik yang lebih baik.

Penelitian lain oleh Cruz et al. (2009) melaporkan bahwa es krim merupakan media yang efektif untuk mempertahankan viabilitas bakteri

probiotik selama penyimpanan. Kandungan lemak dan total padatan yang tinggi dalam es krim berperan sebagai pelindung sel bakteri terhadap kerusakan akibat pembekuan. Hasil penelitian tersebut memperkuat potensi es krim sebagai salah satu produk pangan fungsional berbasis probiotik.

Penelitian oleh Akalın & Erişir (2008) menunjukkan bahwa penambahan inulin pada es krim probiotik mampu memperbaiki tekstur, memperlambat laju pelelehan, serta membantu mempertahankan viabilitas bakteri probiotik selama penyimpanan beku. Hasil tersebut menunjukkan bahwa inulin berperan sebagai prebiotik sekaligus memberikan kontribusi terhadap kualitas fisik produk.

Penelitian (Cruz et al., 2009) melaporkan bahwa es krim merupakan media yang sesuai untuk penghantaran probiotik karena matriks lemak dan protein mampu melindungi bakteri selama penyimpanan beku. Selain itu, penambahan bahan yang mengandung serat pangan dapat meningkatkan nilai fungsional es krim tanpa menurunkan mutu sensoris apabila digunakan dalam konsentrasi yang tepat.

Penelitian Hoffmann Sardá et al. (2016) menunjukkan bahwa tepung pisang mentah mengandung pati resisten dan serat pangan yang tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku pangan fungsional. Kandungan tersebut dapat mendukung pengembangan produk sinbiotik karena menyediakan substrat bagi pertumbuhan bakteri probiotik.

Berdasarkan berbagai penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa penggunaan probiotik, prebiotik, dan bahan pangan lokal berpotensi meningkatkan nilai fungsional es krim. Namun, penelitian mengenai pemanfaatan tepung pisang agung (*Musa paradisiaca* var. Agung) khas Lumajang sebagai sumber prebiotik dalam formulasi es krim probiotik masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh formulasi tepung pisang agung terhadap karakteristik fisik, karakteristik organoleptik, dan viabilitas bakteri asam laktat pada es krim probiotik sehingga dapat menghasilkan produk sinbiotik berbasis pangan lokal dengan nilai fungsional dan daya terima yang baik.

2. Penelitian Tepung Pisang

Tepung pisang merupakan salah satu bahan pangan lokal yang telah banyak diteliti sebagai sumber karbohidrat, serat pangan, dan resistant starch yang berpotensi digunakan dalam pengembangan pangan fungsional. Pengolahan pisang menjadi tepung dilakukan untuk memperpanjang umur simpan, meningkatkan nilai ekonomi, serta memperluas pemanfaatan pisang dalam berbagai produk pangan. Menurut Furmaniak et al. (2009), pengolahan pisang menjadi tepung merupakan salah satu upaya meningkatkan nilai tambah komoditas pisang sekaligus mengurangi kehilangan hasil pascapanen.

Penelitian oleh Ovando-Martinez et al. (2009) menunjukkan bahwa tepung pisang mentah mengandung resistant starch dalam jumlah yang cukup tinggi. Kandungan tersebut berpotensi memberikan efek prebiotik karena dapat difermentasi oleh mikroflora usus sehingga mendukung pertumbuhan bakteri menguntungkan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa tepung pisang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan fungsional yang berkontribusi terhadap kesehatan saluran pencernaan.

Hoffmann Sardá et al. (2016) melaporkan bahwa penggunaan tepung pisang mentah pada produk pangan mampu meningkatkan kandungan serat pangan dan pati resisten tanpa menurunkan kualitas produk secara signifikan. Selain itu, penggunaan tepung pisang juga dapat meningkatkan kapasitas pengikatan air serta memengaruhi karakteristik tekstur produk pangan.

Nurhayati et al. (2014) menyatakan bahwa modifikasi tepung pisang melalui fermentasi spontan dan siklus pemanasan–pendinginan mampu meningkatkan kandungan pati resisten sehingga berpotensi dikembangkan sebagai bahan pangan fungsional. Peningkatan kadar pati resisten tersebut menunjukkan bahwa tepung pisang dapat dimanfaatkan sebagai sumber prebiotik alami yang mendukung kesehatan saluran pencernaan.

Selain itu, Nirmagustina et al. (2024) menunjukkan bahwa tepung pisang lokal Indonesia memiliki karakteristik fisik dan kandungan gizi yang baik, termasuk kandungan karbohidrat yang tinggi serta sifat fungsional yang mendukung penggunaannya sebagai bahan baku berbagai produk pangan

olahan. Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa tepung pisang memiliki potensi untuk dimanfaatkan pada produk pangan semi padat maupun pangan beku karena mampu memberikan kontribusi terhadap tekstur dan karakteristik fisik produk.

Berdasarkan berbagai penelitian tersebut, tepung pisang memiliki potensi besar sebagai bahan baku pangan fungsional sekaligus sumber prebiotik alami karena kandungan serat pangan dan resistant starch-nya. Namun, penelitian yang secara khusus memanfaatkan tepung pisang agung khas Lumajang sebagai sumber prebiotik dalam formulasi es krim probiotik masih sangat terbatas. Padahal, pisang agung merupakan salah satu komoditas unggulan Kabupaten Lumajang yang memiliki ukuran buah besar, kandungan karbohidrat tinggi, serta potensi untuk dikembangkan menjadi produk pangan bernilai tambah. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pemanfaatan tepung pisang agung dalam formulasi es krim probiotik serta pengaruhnya terhadap karakteristik fisik, karakteristik organoleptik, dan viabilitas bakteri asam laktat.

3. Penelitian Inulin dalam Produk Pangan Beku

Inulin merupakan serat pangan larut yang banyak dimanfaatkan dalam pengembangan produk pangan fungsional, termasuk produk pangan beku seperti es krim. Inulin banyak digunakan sebagai bahan tambahan dalam formulasi produk pangan yang bertujuan meningkatkan nilai fungsional sekaligus mempertahankan kualitas sensoris produk (Meyer & Stasse-Wolthuis, 2009).

Penelitian oleh Akalın & Erişir (2008) menunjukkan bahwa penambahan inulin pada es krim probiotik mampu memperbaiki tekstur, serta membantu mempertahankan viabilitas bakteri probiotik selama penyimpanan beku. Semakin tinggi konsentrasi inulin yang digunakan, semakin tinggi pula kemampuan produk dalam mempertahankan jumlah bakteri hidup. Selain itu, inulin juga berperan dalam meningkatkan total padatan sehingga dapat memperbaiki stabilitas struktur es krim.

Penelitian yang dilakukan oleh El-Nagar et al. (2002) melaporkan bahwa penggunaan inulin pada es krim rendah lemak mampu menghasilkan tekstur yang lebih lembut dan meningkatkan penerimaan konsumen. Inulin berfungsi sebagai fat replacer yang dapat memberikan sensasi lembut (creamy mouthfeel) menyerupai lemak sehingga sering digunakan dalam pengembangan produk pangan rendah lemak maupun pangan fungsional.

Hasil penelitian oleh Akin et al. (2007) menunjukkan bahwa penambahan inulin pada es krim dapat memperlambat laju pelelehan (melting rate) dan memperbaiki karakteristik tekstur produk. Inulin mampu mengikat air bebas dalam sistem sehingga mengurangi pembentukan kristal es berukuran besar yang dapat menurunkan kualitas tekstur es krim.

Di Indonesia, Nuraida et al. (2011) melaporkan bahwa inulin dan prebiotik lainnya dapat dimanfaatkan oleh berbagai bakteri probiotik sebagai sumber karbon sehingga mendukung pertumbuhan dan aktivitas bakteri asam laktat pada pengembangan produk sinbiotik. Temuan tersebut menunjukkan bahwa inulin berpotensi meningkatkan efektivitas produk pangan probiotik melalui peningkatan viabilitas mikroorganisme menguntungkan.

Selain itu, Cahyaningtyas & Wikandari (2022) menjelaskan bahwa inulin merupakan salah satu prebiotik yang paling banyak digunakan dalam pangan fungsional karena mampu merangsang pertumbuhan bakteri asam laktat, memberikan manfaat bagi kesehatan saluran pencernaan, serta berpotensi diaplikasikan pada berbagai produk pangan, termasuk produk berbasis susu.