

**PENGARUH PENYIMPANAN DAN PENGEMASAN TERHADAP MUTU
KIMIA DAN GUGUS FUNGSI BUBUK ES PUTER DENGAN
PENAMBAHAN EKSTRAK JAHE (*Zingiber officinale* Rosc.)**

SKRIPSI

Oleh

AZALIA RACHMA TARA



**PROGRAM STUDI S-1 TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2025**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kesadaran masyarakat Indonesia akan kesehatan telah meningkat secara signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Hal ini mendorong permintaan yang lebih tinggi untuk *healthy comfort food*. Minat terhadap produk nabati juga meningkat, terutama karena masalah kesehatan terkait produk hewani, antara lain intoleransi laktosa, kolesterol, dan alergi (Pontonio *et al.*, 2022). Di sisi lain, urbanisasi, perubahan gaya hidup, dan perkembangan kelas menengah mendorong konsumsi minuman instan. Konsumsi per kapita minuman ini telah meningkat lebih dari 60% sejak 2016, dengan teh siap minum sebagai segmen utama (Anonim, 2020). Tren ini menyoroti perlunya inovasi dengan menambahkan bahan-bahan fungsional, salah satunya jahe, yang mengandung asam askorbat, alkaloid, terpenoid, β -karoten, dan polifenol (Ahnafani *et al.*, 2024). Produksi jahe di Indonesia, terutama di Pulau Jawa, terus naik dari tahun 1996–2013 (Anonim, 2013). Produksinya mencapai 247,35 ribu ton pada tahun 2022, 307,24 ribu ton pada tahun 2021, dan rata-rata 195 ribu ton per tahun pada periode 2017–2020.

Jahe dikenal luas sebagai rempah dengan beragam manfaat kesehatan. Jahe gajah (*Zingiber officinale* var. Roscoe), jahe merah (*Zingiber officinale* var. Rubrum), dan jahe emprit (*Zingiber officinale* var. Amarum) adalah tiga jenis jahe yang banyak tumbuh di Indonesia. Jahe gajah memiliki produksi tertinggi dan paling umum digunakan di antara ketiganya (Aisa *et al.*, 2022). Tanaman ini

mengandung senyawa fenol meliputi gingerol, shogaol, paradol, dan zingeron, yang memiliki efek antioksidan, antimikroba, dan antiinflamasi. Namun, senyawa fenol sangat sensitif terhadap panas (Cao *et al.*, 2021). Pengolahan suhu rendah, misalnya dalam produksi es puter, dapat mempertahankan senyawa tersebut.

Es puter merupakan *dessert* tradisional mirip es krim yang populer di masyarakat Indonesia dari segala usia. Es puter disimpan pada suhu rendah sehingga dapat mencegah hilangnya senyawa fenol sebagai salah satu senyawa bioaktif dalam jahe (Mahardani dan Yuanita, 2021). Produk ini berbahan dasar santan sehingga dapat menjadi alternatif es krim bagi penderita *lactose intolerant* yang tidak dapat mengonsumsi susu sapi (Mulwa *et al.*, 2023).

Jahe dapat meningkatkan nilai gizi dan fungsi es puter. Hidangan ini menawarkan sensasi manis pedas dan dingin hangat yang khas. Senyawa bioaktif dalam jahe juga diharapkan dapat meningkatkan aktivitas antioksidan es puter (Tiara *et al.*, 2017). Namun, penyajian tradisional membutuhkan waktu yang lama, bertolak belakang dengan tuntutan konsumen akan kepraktisan. Oleh sebab itu, bubuk es puter dengan penambahan ekstrak jahe dibuat. Proses pengeringan beku dapat mempertahankan senyawa bioaktif jahe. Bubuk ini dapat disimpan dan dilarutkan dengan air untuk mendapatkan kembali tekstur lembutnya saat dibekukan. Selain praktis, bubuk es puter yang diperkaya jahe juga meningkatkan efisiensi energi dalam pemrosesan dan penyimpanan (Pushpadass *et al.*, 2021).

Kualitas dan kesegaran bubuk es puter dengan penambahan ekstrak jahe selama penyimpanan bergantung pada waktu dan kemasan. Produk ini mudah menggumpal pada suhu ruang, terutama jika lama disimpan. Oleh karena itu,

kemasan yang tepat diperlukan untuk melindunginya dari kelembapan, udara, dan perubahan suhu yang dapat mengurangi masa simpan (Amini *et al.*, 2023). Pengembangan produk memerlukan evaluasi stabilitasnya dalam berbagai jenis kemasan. Penyimpanan yang terlalu lama akan menurunkan stabilitas, yang dapat diminimalkan dengan memilih kemasan yang sesuai. Pilihan umum meliputi plastik *ziplock* dan *foil sachet*. Plastik *ziplock* terjangkau, tersedia secara luas, dan dapat disesuaikan penggunaannya berdasarkan porsi konsumsi, sementara *foil sachet* tidak transparan serta tahan kelembapan dan cahaya sehingga diharapkan dapat melindungi produk dengan lebih baik (Sarkar dan Aparna, 2020).

Penelitian sebelumnya telah mengkaji plastik *ziplock* dan *foil sachet* untuk produk pangan, yaitu tiwul instan, yang menunjukkan bahwa *foil sachet* memberikan masa simpan yang lebih lama dibandingkan plastik *ziplock* (Agustia *et al.*, 2021). Selain itu, penelitian Mansur *et al.* (2021) tentang kemasan dangke menemukan bahwa *aluminium foil* lebih baik dalam menjaga kualitas produk dibandingkan plastik *ziplock*. Namun, potensinya sebagai kemasan minuman instan belum diteliti.

Pengemasan yang tidak tepat selama penyimpanan dapat mengubah kualitas bubuk es puter dengan penambahan ekstrak jahe, termasuk sifat kimianya. Perubahan yang paling mudah terdeteksi adalah kadar air karena peningkatannya menyebabkan penggumpalan yang terlihat. Pengemasan yang tidak tepat mempercepat penyerapan air ke dalam produk sehingga kadar airnya tinggi. (Kaban *et al.*, 2019). Hal ini mendorong pertumbuhan mikroba yang menurunkan kualitas produk (Subagja *et al.*, 2022). Penurunan kualitas produk dapat dilihat

lebih lanjut dari peningkatan nilai pH, penurunan aktivitas antioksidan, dan perubahan profil gugus fungsi produk. Paparan oksigen memengaruhi kualitas bubuk es puter dengan penambahan ekstrak jahe. Oksidasi selama penyimpanan mendegradasi asam fenol dalam jahe (Afdhaliah *et al.*, 2024). Degradasi ini mengurangi gugus asam bebas sehingga nilai pH naik. Nilai pH berkaitan dengan aktivitas antioksidan. Jika nilai pH naik, maka aktivitas antioksidan menurun (Amperawati *et al.*, 2019). Kemasan dengan sifat penghalang yang buruk menyebabkan terpaparnya produk terhadap oksigen dan cahaya yang memicu oksidasi. Lebih lanjut, proses hidrolisis dan oksidasi yang terjadi selama penyimpanan dapat mengubah profil gugus fungsi bubuk es puter dengan penambahan ekstrak jahe yang dapat dilihat pada spektrum FTIR (Asmi *et al.*, 2022).

1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama penyimpanan dan pemilihan jenis kemasan terhadap mutu kimia bubuk es puter dengan penambahan ekstrak jahe, yaitu kadar air, nilai pH, aktivitas antioksidan, dan profil gugus fungsinya. Manfaat penelitian ini adalah mengetahui metode penyimpanan bubuk es puter dengan penambahan ekstrak jahe yang tepat sehingga dapat menjadi dasar pemilihan waktu simpan dan jenis kemasan bubuk.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Es Puter

Es puter merupakan salah satu hidangan penutup khas Indonesia yang mirip dengan es krim. Hal yang membedakan keduanya adalah kandungan lemak es puter yang lebih rendah daripada es krim. Es puter terbuat dari santan kelapa sedangkan es krim terbuat dari susu sapi (Kurniawan, 2020). Proses pembuatan es puter dilakukan secara manual dengan cara diputar atau diaduk dalam wadah yang dibalut es batu dan garam sehingga disebut es puter. Es puter sering dijajakan oleh pedagang keliling dengan gerobak dorong sambil memukul gong kecil. Maka dari itu, es puter juga sering disebut dengan es dung-dung atau es tung-tung. Es puter diadaptasi dari es krim yang dibawa oleh penjajah Belanda. Pada saat itu, es krim hanya dapat dikonsumsi oleh kalangan tertentu sehingga masyarakat mengganti susu sapi dengan santan kelapa (Mellyani dan Kusumaningrum, 2020).

Es puter memiliki komponen yang serupa dengan es krim, yaitu mengandung vitamin, mineral, protein, lemak, dan karbohidrat. Namun, lemak dalam es puter lebih rendah daripada es krim. Es krim yang dibuat dengan susu *full cream* mengandung lemak sebanyak 16,50%. Sementara itu, kadar lemak es puter yang dibuat dengan santan kelapa adalah 13,38% (Kho *et al.*, 2023). Kandungan gizi es puter dapat dilihat pada Tabel 1. Selain itu, perbedaan antara es puter dan es krim terletak pada *overrun*-nya. Es puter memiliki nilai *overrun* yang lebih rendah dari es krim karena protein nabati tidak dapat menstabilkan udara

sebaik protein hewani (Goff *et al.*, 2025). *Overrun* adalah jumlah udara yang terperangkap dalam es krim atau es puter selama proses pengadukan dan pembekuan. Es krim mengandung protein susu, yaitu kasein dan *whey* yang dapat memerangkap udara selama pembekuan dengan membentuk struktur busa yang stabil sehingga *overrun* lebih besar (Afriana dan Kurnia, 2024). Sementara itu, bahan nabati yaitu santan kelapa tidak mengandung protein susu sehingga pengikatan udaranya tidak maksimal dan *overrun*-nya rendah.

Tabel 1. Kandungan Gizi Es Puter

Parameter	Kandungan
Kadar Air (%) ¹⁾	66,54
Lemak (%) ²⁾	13,38
Protein (%) ²⁾	2,03
Abu (%) ¹⁾	27,18
Karbohidrat (%) ¹⁾	0,73
Total Padatan (%) ²⁾	30,21
Serat Tidak Larut (%) ²⁾	0,94
Serat Larut (%) ²⁾	1,16
Total Fenol (mg GAE/100 g) ²⁾	24,27
Aktivitas Antioksidan (%) ²⁾	71,98

Sumber: ¹⁾Wardani dan Arifiyana (2020); ²⁾Kho *et al.* (2023)

Konsumen yang alergi susu sapi dan penderita *lactose intolerant* yang tidak dapat mengonsumsi es krim akibat kandungan laktosa dalam susu sapi dapat memanfaatkan es puter sebagai alternatif karena secara teknis kedua hidangan dingin tersebut memiliki karakteristik yang sama. Es puter juga pilihan tepat bagi vegan dan vegetarian yang tidak mengonsumsi produk hewani karena *frozen dessert* ini terbuat dari bahan-bahan nabati (Nistor *et al.*, 2020). Syarat mutu es puter belum diatur dalam SNI sehingga persyaratannya mengacu pada es krim. Hal ini disebabkan karena es puter dan es krim memiliki banyak kemiripan,

meskipun ada beberapa perbedaan yang terletak pada bahan pembuatan, lemak, protein, dan *overrun*. Syarat mutu es krim tercantum pada SNI 01-3713-1995 yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Syarat Mutu Es Krim

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Penampakan	-	Normal
	Bau	-	Normal
	Rasa	-	Normal
2.	Lemak	%b/b	Min 8,0
3.	Gula dihitung sebagai sukrosa	%b/b	Min 8,0
4.	Protein	%b/b	Min 2,7
5.	Jumlah Padatan	%b/b	Min 3,4
6.	Pewarna Tambahan dan Buatan	-	Negatif
	Pemantap dan Pengemulsi	-	Negatif
7.	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks 1,0
	Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks 20,0
8.	Cemaran Arsen	mg/kg	Maks 0,5
9.	Angka Lempeng	Koloni/g	Maks $2,0 \times 10^5$
	MPN Coliform	APM/g	< 3
	9.3 <i>Salmonella</i>	Koloni/25g	Negatif
	9.4 <i>Listeria</i> spp.	Koloni/25g	Negatif
10.	<i>Overrun</i>	%	Industri: 70–80% Rumah Tangga: 30–50%

Sumber: Anonim (1995)

2.2. Bahan Pembuatan Es Puter

Bahan utama pembuatan es puter meliputi santan kelapa, gula, dan penstabil (*stabilizer*). Penstabil yang digunakan dalam penelitian ini adalah CMC (*carboxymethylcellulose*). Komposisi es puter terdiri dari 12–14% lemak, 8–10% padatan tanpa lemak, 13–16% pemanis, 0,2–0,4% penstabil dan pengemulsi, serta 38–40% total padatan (Romulo *et al.*, 2021). Berikut penjabaran dari bahan-bahan pembuatan es puter.

2.2.1. Santan Kelapa

Santan kelapa merupakan emulsi minyak dalam air berwarna putih yang dibuat dari daging kelapa segar yang diparut, baik dengan atau tanpa ditambahkan air. Santan kelapa kaya kandungan mineral (kalsium, fosfor, dan kalium), vitamin (C, E, dan B), protein (asam glutamat, asam aspartat, dan arginin), lemak, serta antioksidan (Aboulfazli *et al.*, 2016). Kandungan gizi santan kelapa murni per 100 g dapat dilihat pada Tabel 3. Faktor yang menentukan kandungan gizi santan kelapa meliputi jenis kelapa, umur, wilayah pertumbuhan, proses pembuatan, dan efisiensi ekstraksinya (Koyo *et al.*, 2016). Protein dalam santan kelapa memiliki kadar lipid, antioksidan, dan asam amino esensial yang tinggi.

Santan kelapa mengandung 98% lemak jenuh dan lima puluh persennya adalah trigliserida dengan asam lemak rantai sedang (*medium chain fatty acid*) (Patil dan Benjakul, 2018). Asam lemak ini tidak merusak dinding arteri dan tidak meningkatkan tekanan darah atau kolesterol. Hal ini disebabkan karena santan kelapa dapat meningkatkan kadar HDL (*high-density lipoprotein*) atau kolesterol baik dan menurunkan kadar LDL (*low-density lipoprotein*) yang berbahaya (Vanga dan Raghavan, 2018). HDL dapat melindungi jantung sekaligus membuang LDL dari aliran darah. Asam laurat merupakan asam lemak utama dalam santan kelapa. Asam lemak ini akan bersifat antibakteri setelah diubah menjadi monolaurin (Nitbani *et al.*, 2022). Selain itu, asam laurat dapat mengurangi risiko penyakit jantung dan *stroke* dengan menurunkan kadar trigliserida dan kolesterol. Penurunan kadar kolesterol dilakukan dengan

mencegah aktivitas enzim HMG-CoA reduktase yang terlibat dalam pembuatan kolesterol (Xia *et al.*, 2021).

Tabel 3. Kandungan Gizi Santan Kelapa Murni per 100 g

Parameter	Kandungan
Kadar Air (g) ¹⁾	54,90
Protein (g) ²⁾	4,20
Lemak (g) ¹⁾	34,30
Karbohidrat (g) ²⁾	5,60
Energi (KKal) ²⁾	324
Fosfor (mg) ²⁾	45
Zat Besi (mg) ²⁾	2
Kalsium (mg) ²⁾	14
Vitamin B1 (mg) ²⁾	0,02
Vitamin C (mg) ²⁾	2

Sumber: ¹⁾Novitasari dan Murtini (2018); ²⁾Dasopang *et al.* (2025)

Santan kelapa memiliki kalori yang lebih rendah dari susu sapi. Satu *cup* atau gelas kecil ukuran 70 mL santan kelapa tanpa pemanis mengandung 40 kalori, sedangkan susu sapi mengandung 150 kalori (Bharti *et al.*, 2021). Meskipun begitu, santan kelapa dalam es puter memiliki fungsi yang sama dengan susu sapi dalam es krim, yaitu sebagai sumber lemak. Santan kelapa berperan penting dalam pembentukan rasa, tekstur, dan aroma es puter karena kandungan lemaknya yang tinggi. Selain memberikan tekstur *creamy* dan *mouthful*, lemak di dalamnya juga meningkatkan rasa melalui interaksi dengan bahan lain. Ukuran kristal es yang terbentuk dalam es puter salah satunya dipengaruhi oleh peran lemak dalam produksi globula lemak, yang nantinya akan berdampak pada tekstur es puter (Masuda *et al.*, 2023). Fungsi lain santan kelapa dalam pembuatan es puter adalah sebagai *emulsifier* karena kandungan fosfolipid dan protein di dalamnya. Fosfolipid sebanyak 0,27 g terdapat dalam 100 g santan kelapa. Selain

itu, lebih dari 80% protein dalam santan kelapa disusun oleh albumin dan globulin yang dapat menstabilkan emulsi. Protein ini mencakup asam glutamat, asam aspartat, arginin, alanin, serin, prolin, isoleusin, leusin, valin, lisin, dan metionin dengan jumlah yang cukup tinggi (Aboufazli *et al.*, 2016).

2.2.2. Gula

Gula merupakan pemanis yang terbuat dari penguapan nira tebu. Syarat mutu gula dapat dilihat pada Tabel 4. Gula memiliki kemampuan untuk menurunkan titik beku serta meningkatkan tekstur, total padatan, dan viskositas es puter (Alfadila *et al.*, 2020). Kandungan gula dalam es puter dapat memengaruhi rasa dan titik bekunya. Es puter dengan kadar gula tinggi akan terlalu manis, sedangkan es puter dengan kadar gula rendah akan membentuk terlalu banyak kristal es (Prasetyo *et al.*, 2023).

Tabel 4. Syarat Mutu Gula

No.	Parameter Uji	Satuan	Persyaratan	
			GKP 1	GKP 2
1.	Warna			
1.1	Warna Kristal	CT	4,0–7,5	7,6–10,0
1.2	Warna Larutan	IU	81–200	201–300
2.	Besar Jenis Butir	Mm	0,8–1,2	0,18–1,2
3.	Susut Pengeringan (b/b)	%	Maks 0,1	Maks 0,1
4.	Polarisasi (°Z, 20 °C)	°Z	Min 99,6	Maks 99,5
5.	Abu Konduktiviti (b/b)	%	Maks 0,10	Maks 0,15
6.	Bahan Tambahan Pangan			
6.1	Belarang Dioksida (SO ₂)	mg/kg	Maks 30	Maks 30
7.	Cemaran Logam			
7.1	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks 2	Maks 2
7.2	Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks 2	Maks 2
7.3	Arsen (As)	mg/kg	Maks 1	Maks 1

Sumber: Anonim (2010)

Titik beku es puter diturunkan oleh gula sehingga air di dalamnya tetap tidak membeku pada suhu penyajian, yaitu -15 hingga -18 °C. Maka dari itu, gula adalah salah satu komponen yang sangat berperan dalam pembuatan es puter. Gula mengandung 99,90% padatan, 97,10% sukrosa, 1,24% gula pereduksi, 0,61% air, 0,70% senyawa kimia bukan gula, serta mengandung massa jenis 1.595 g/cc dan sangat mudah larut (Macedo *et al.*, 2023). Meskipun adonan es puter dapat memiliki kadar gula 12–20%, kadar yang paling sering digunakan adalah 14–16% (Konstantas *et al.*, 2019). Es puter yang mengandung lebih dari 16% gula cenderung lengket dan lembek.

2.2.3. CMC (*Carboxymethylcellulose*)

CMC merupakan penstabil dari tanaman yang berperan dalam kestabilan emulsi pada es puter. CMC mengurangi tegangan permukaan dengan menciptakan lapisan pelindung di atas gumpalan dalam fase terdispersi sehingga senyawa yang tidak larut lebih mudah terdispersi dan stabil dalam sistem (Tumober *et al.*, 2021). Penstabil koloid hidrofilik ini dapat menyerap air bebas dan menurunkan konsentrasinya. Kadar air rendah akan mencegah terbentuknya kristal es, terutama saat suhu penyimpanan berfluktuasi (Mailoa *et al.*, 2017). CMC juga dapat membentuk tekstur *creamy* pada es puter. Hal ini disebabkan karena viskositas dan daya leleh produk meningkat seiring CMC membatasi pembentukan kristal es yang besar (Ulum *et al.*, 2022).

CMC tidak membentuk gel padat seperti gelatin atau beberapa penstabil berbasis tanaman lainnya, tetapi penstabil ini bekerja lebih baik pada produk es,

yaitu es puter, es krim, dan sorbet (Djali *et al.*, 2017). Jumlah penstabil yang digunakan dalam es puter bergantung pada komposisi adonan, waktu pembentukan, suhu, dan tekanan. CMC tidak mengubah rasa atau kualitas es puter dan umumnya digunakan dalam jumlah sedikit. Pembuatan es puter membutuhkan 0,1–0,5% penstabil dan 0,25% adalah konsentrasi CMC yang ideal untuk membuat es puter (Bayu *et al.*, 2024).

2.3. Jahe Gajah (*Zingiber officinale* Rosc.)

Jahe merupakan tanaman herba tahunan dari famili *Zingiberaceae* yang telah dibudidayakan sejak lama. Tanaman ini biasanya diolah menjadi bubuk, ekstrak cair atau bubuk dalam kapsul, sirup, permen, *crystallized ginger*, dan teh (Bag, 2018). Jahe sering digunakan sebagai rempah-rempah masakan Asia karena sensasi pedas dan hangatnya yang khas. Senyawa aktif di dalamnya dapat mengobati berbagai penyakit, antara lain batuk, sakit perut, diare, mual, kolera, rematik, dan sakit gigi (Günaydın *et al.*, 2021). Tiga varietas jahe yang paling dikenal oleh masyarakat umum adalah jahe gajah, jahe merah, dan jahe emprit. Jahe gajah biasanya dipakai untuk rempah masakan dan jamu karena sensasi pedasnya yang lebih ringan daripada jahe merah (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) sehingga lebih mudah diterima oleh masyarakat yang tidak terbiasa dengan sensasi pedas khas jahe (Fibryanto *et al.*, 2022). Gambar jahe gajah dapat dilihat pada Ilustrasi 1.



Ilustrasi 1. Gambar Jahe Gajah

Sumber: Dokumentasi Penelitian

Jahe memiliki tinggi sekitar 0,5–1 m, akar serabut, tunas tegak, dan rimpang bercabang. Helai daunnya berbentuk melengkung dengan ujung meruncing berwarna hijau dengan panjang 15–30 cm dan lebar 2–2,5 cm. Setiap bunga memiliki tiga kelopak kuning kehijauan dengan perbungaan meruncing dan berbentuk kerucut sepanjang 4,5 cm (Zhang *et al.*, 2021). Bunganya muncul dari rimpang dan menembus pelepah daun tanpa tangkai. Bagian utama jahe terletak pada rimpangnya. Rimpang jahe berwarna kuning muda hingga coklat dan ukurannya tidak beraturan dengan struktur tebal, bercabang, bersisik, serta beraroma pedas yang khas (Pan *et al.*, 2018).

Jahe berasal dari Asia Tropis, yang meliputi India dan Cina. Tanaman ini ditanam secara luas di sekitar 50 negara di seluruh dunia, yang sebagian besar berada di iklim tropis dan subtropis. India, Cina, dan Nigeria adalah produsen

teratas dunia yang menyumbang masing-masing 35, 19, dan 12% dari produksi global (Madan, 2016). Indonesia juga berkontribusi dalam produksi global dan menjadi produsen jahe terbesar di Asia Tenggara bersama Thailand. Negara ini menyumbang 2,48% dengan produksi jahe sebesar 307,24 ribu ton di tahun 2021 (Anonim, 2021). Jahe merupakan tanaman yang tumbuh subur di dataran rendah maupun pegunungan sehingga pembudidayaannya tersebar di seluruh Indonesia. Bengkulu, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Sumatera Utara adalah daerah penghasil jahe di Indonesia (Koesmarijanto *et al.*, 2019).

Komponen minyak dalam jahe dapat dibedakan menjadi dua, yaitu minyak menguap (volatil) dan minyak tak menguap (nonvolatil). Minyak atsiri termasuk minyak menguap dengan komponen utamanya seskuiterpen hidrokarbon, yang mengandung senyawa zingiberen, kurkumin, dan farnesen masing-masing 35, 18, dan 10% (Barki *et al.*, 2017). Selain itu, minyak atsiri mengandung senyawa fenol yang memberi sensasi pedas dan hangat di mulut serta berperan besar dalam aktivitas farmakologis jahe. Senyawa ini meliputi gingerol, shogaol, paradol, dan zingeron (Gao *et al.*, 2024). Jahe segar yang dikeringkan atau dipanaskan dapat memicu gingerol di dalamnya mengalami reaksi dehidrasi dan menghasilkan shogaol yang dua kali lebih pedas daripada gingerol. Maka dari itu, jahe kering biasanya terasa lebih pedas dan hangat dibandingkan dengan jahe segar. Komposisi kimia jahe per 100 g dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Komposisi Kimia Jahe per 100 g

Parameter	Kandungan
Air	15,02
Protein (g)	5,09
Lemak (g)	3,72
Serat Tidak Larut (%)	23,50
Serat Larut (%)	25,50
Karbohidrat (g)	38,35
Vitamin C (mg)	9,33
Total Karotenoid (mg)	79
Abu (g)	3,85
Kalsium (mg)	88,40
Fosfor (mg)	174
Besi (mg)	8
Seng (mg)	0,92
Tembaga (mg)	0,54

Sumber: Shahrajabian *et al.* (2019)

Senyawa aktif gingerol, shogaol, dan zingeron memiliki sifat farmakologis dan fisiologis, meliputi antikanker, antikarsinogenik, antimikroba, antiradang, dan antimutagenik (Haromin *et al.*, 2020). Senyawa ini termasuk antioksidan yang dapat memblokir produksi radikal bebas superoksida dan hidroksil oleh sel kanker secara efektif. Selain itu, jahe memiliki aktivitas antibakteri dari kandungan minyak atsiri di dalamnya, contohnya kamfena, oleoresin, sesquiphellandrene, zingiberen, β -farnesene, β -bisabolene, citral, zingiberol, felandren, borneol, sineol, limonene, vitamin A, B, C, serta senyawa flavonoid dan polifenol (Fibryanto *et al.*, 2022). Senyawa tersebut memiliki kemampuan untuk merusak membran plasma sel bakteri dan mengganggu proses koagulasinya. Metabolit sekunder golongan terpena yang dapat ditemukan pada jahe adalah seskuiterpena, antara lain zingiberen, β -bisabolen, α -farnesen, dan α -sesquiphellandrene (Zhang *et al.*, 2021).

2.4. Ekstrak Jahe

Ekstrak merupakan konsentrat pekat hasil ekstraksi, yaitu proses pemisahan zat aktif dalam suatu bahan menggunakan pelarut tertentu (Kalantari *et al.*, 2017). Keberhasilan ekstraksi bergantung pada pelarut yang digunakan. Pelarut polar akan memisahkan zat polar dan pelarut nonpolar akan memisahkan zat nonpolar. Etanol merupakan pelarut dengan beberapa keunggulan, yaitu efektif, harga terjangkau, serta bermutu baik untuk produk pangan dan farmasi (Fauziyah *et al.*, 2022). Senyawa fenol dalam jahe antara lain gingerol, shogaol, dan zingeron adalah zat polar yang larut dalam etanol. Senyawa ini mengandung banyak gugus hidroksil yang mengikat gula sebagai glikosida (Nadhira dan Cahyana, 2023). Selain jenis pelarut, hasil ekstraksi juga dipengaruhi oleh persiapan sampel. Senyawa fenol dalam jahe sensitif terhadap suhu tinggi sehingga persiapan sampelnya, yaitu suhu dan prosedur pengeringan, berdampak pada hasil ekstraksi. Selain itu, waktu ekstraksi berbanding lurus dengan zat aktif yang dipisahkan. Semakin lama ekstraksi, semakin banyak senyawa fenol yang diekstrak (Wibisono *et al.*, 2020).

Maserasi merupakan metode ekstraksi yang digunakan dalam penelitian ini. Metode tersebut dilakukan dengan merendam sampel dalam pelarut pada suhu ruang tanpa melibatkan pemanasan. Hal ini bertujuan untuk mencegah senyawa fenol hilang karena suhu tinggi. Konsep dasar maserasi adalah pelarut melewati dinding sel simplisia untuk masuk ke rongga sel yang berisi zat aktif kemudian zat tersebut terdispersi dalam pelarut (Handoyo, 2020). Remaserasi atau perendaman ulang dilakukan setelah maserasi untuk memperpanjang waktu kontak antara

pelarut dan simplisia sehingga rendemen yang dihasilkan besar. Filtrat dari proses maserasi dapat dipekatkan pada suhu 50 °C menggunakan *vacuum rotary evaporator* untuk menghasilkan ekstrak jahe yang pekat, berwarna cokelat gelap, dan beraroma khas jahe. Gambar ekstrak jahe dapat dilihat pada Ilustrasi 2. Ekstrak jahe memiliki aktivitas antioksidan yang berasal dari senyawa bioaktif di dalamnya, antara lain 6-gingerol, 6-shogaol, diarylheptanoid, dan kurkumin, yang lebih tinggi daripada tokoferol (Sari, 2016). Konsentrasi ekstrak jahe yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada penelitian Yangilar dan Yildiz (2018) yang menguji penambahan ekstrak jahe pada produk *dairy* dengan konsentrasi yang paling dapat diterima adalah 0,4%. Selain itu, percobaan penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi ekstrak jahe sebesar 0,4% adalah nilai rekomendasi kadar ekstrak yang dapat ditambahkan agar produk diterima dengan baik secara organoleptik.



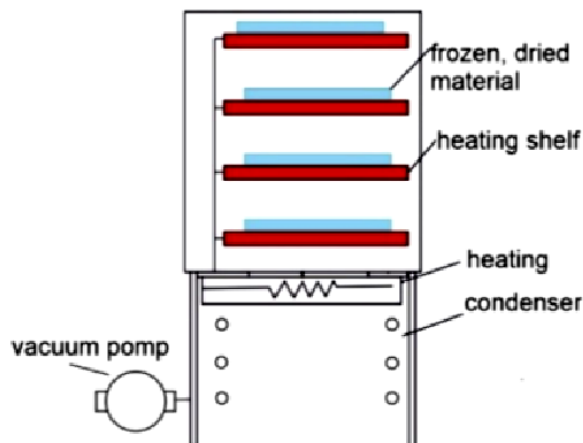
Ilustrasi 2. Gambar Ekstrak Jahe

Sumber: Dokumentasi Penelitian

2.5. *Freeze Drying*

Freeze drying atau pengeringan beku merupakan metode pengeringan berbasis nontermal. Metode ini melibatkan proses pembekuan air dalam suatu produk kemudian air beku menyublim karena adanya penurunan suhu dan tekanan. *Freeze drying* dapat mempertahankan nilai gizi, karakteristik fisikokimia, dan kualitas sensoris dari produk yang dikeringkan sehingga metode ini lebih unggul daripada metode pengeringan lainnya (Habibi *et al.*, 2019). Tahapan *freeze drying* ada tiga, yaitu pembekuan pada suhu $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ atau lebih rendah, pengeringan primer untuk menghilangkan air dan pelarut dalam keadaan beku melalui sublimasi, dan pengeringan sekunder untuk menghilangkan uap air atau air yang terperangkap dalam lapisan kering (Hasbullah dan Putra, 2022).

Proses *freeze drying* akan membentuk tiga lapisan pada produk yang dikeringkan, antara lain lapisan kering di permukaan, lapisan beku di bagian dalam, dan lapisan transisi atau permukaan sublimasi (Liapis dan Bruttini, 2020). Permukaan sublimasi lama-kelamaan bergeser ke bagian dalam produk sehingga lapisan kering di permukaan menjadi lebih tebal. Proses ini dapat terjadi jika es tempat terjadinya sublimasi memiliki suhu dan tekanan uap di bawah titik tripel, yaitu pada suhu $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 603 Pa (Bhatta *et al.*, 2020). Uap air yang dihasilkan selama proses pengeringan akan dihisap dan dikondensasikan untuk mencegah produk menjadi basah. *Freeze dryer* bekerja dengan menurunkan suhu kemudian mengurangi tekanan dengan pompa vakum (Pratiwi *et al.*, 2023). Udara panas dipompa dari *exhaust heat* kondensor ke dalam ruang pengering setelah tekanan tercapai. Skema umum sistem *freeze dryer* dapat dilihat pada Ilustrasi 3.



Ilustrasi 3. Skema Umum Sistem *Freeze Dryer*

Sumber: Jakubczyk dan Jaskulska (2021)

Metode *freeze drying* dapat meningkatkan umur simpan produk dengan cara menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan memperlambat oksidasi lipid (Silva-Espinoza *et al.*, 2019). Metode ini juga digunakan dalam skala industri untuk mengeringkan makanan jangka panjang. Meskipun begitu, pengeringan menggunakan *freeze dryer* menghabiskan lebih banyak waktu dan biaya daripada pengeringan tradisional. Maka dari itu, alat ini lebih sering digunakan untuk mengeringkan produk pangan yang sulit dikeringkan, contohnya kopi, bawang, sup, buah-buahan, dan obat-obatan (Oyinloye dan Yoon, 2020). Es puter dengan penambahan ekstrak jahe dengan senyawa fenol di dalamnya yang sensitif terhadap panas juga lebih cocok dikeringkan dengan metode pengeringan nontermal yaitu *freeze drying*.

2.6. Penyimpanan dan Pengemasan

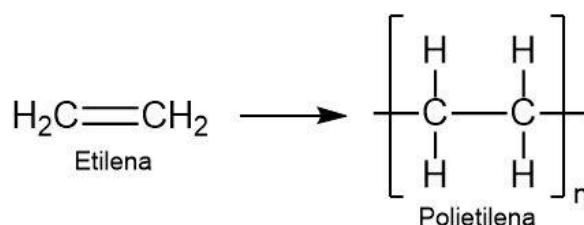
Penyimpanan merupakan upaya untuk menahan atau menunda suatu produk dalam kurun waktu tertentu sebelum akhirnya produk tersebut digunakan atau dikonsumsi. Efisiensi penyimpanan dipengaruhi oleh oksigen, suhu, kelembapan, dan paparan cahaya (Manihuruk, 2020). Faktor lingkungan ini dapat mempercepat atau memperlambat penurunan kualitas produk. Jenis dan kandungan produk, yaitu kadar air, lemak, dan pH juga memengaruhi kemampuan produk untuk mempertahankan kualitasnya selama penyimpanan (Fitria *et al.*, 2021). Penurunan kualitas dapat mengubah rasa, tekstur, warna, dan nilai gizi produk. Semakin lama produk disimpan, semakin rusak produk tersebut. Maka dari itu, perlu adanya pengemasan yang tepat untuk melindungi produk dari faktor lingkungan yang mempercepat kerusakannya. Hal ini disebabkan karena kualitas produk akan tetap menurun seiring berjalannya waktu jika tidak dikemas dengan baik meskipun lingkungan penyimpanannya sudah ideal (Adawiyah *et al.*, 2016).

Pengemasan merupakan salah satu cara untuk melindungi dan mengawetkan produk. Tujuan dari perlakuan ini adalah untuk mencegah kerusakan, memperpanjang masa simpan, serta menjaga kualitas dan keamanan produk. Kemasan dapat melindungi produk dari kerusakan kimia, meliputi oksidasi dan hidrolisis serta kerusakan biologis, antara lain kontaminasi mikroba patogen dan agen pembusuk (Ropikoh *et al.*, 2024). Selain itu, kemasan dapat menjaga produk dari gangguan fisik, yaitu benturan, getaran, dan gesekan. Kemasan produk pangan dianggap ideal apabila kemasan tersebut sudah memenuhi persyaratan tertentu, antara lain permeabilitas terhadap udara, tidak bereaksi dengan produk

sehingga tidak mengubah rasa, warna, atau komposisinya, tidak teroksidasi atau bocor, tahan panas, dan mudah digunakan (Jamrianti, 2021). Kemasan memainkan peran penting dalam mempertahankan kualitas dan memperpanjang masa simpan produk bubuk seperti bubuk es puter dengan penambahan ekstrak jahe yang rentan terhadap reaksi oksidasi serta perubahan suhu, kelembapan, dan udara karena area permukaannya yang terpapar atmosfer cukup luas (Bilang dan Laga, 2018).

2.6.1. Plastik *Ziplock*

Plastik *ziplock* merupakan kemasan yang dapat ditutup kembali (*resealable*) karena adanya dua tonjolan plastik yang saling mengunci di bagian atasnya. Kedua tonjolan tersebut akan membentuk segel kedap air dan udara saat ditekan bersamaan, yang memungkinkan kemasan dibuka dan ditutup berulang kali tanpa merusak produk (Sand, 2021). Plastik *ziplock* tersedia dalam berbagai ukuran dan ketebalan sehingga cocok untuk menyimpan berbagai jenis produk pangan. Kemasan ini umumnya terbuat dari polietilena, yaitu plastik yang terbentuk melalui polimerisasi adisi etilena yang dipicu oleh radikal bebas pada tekanan 1.000–3.000 atm dan suhu 300–500 °C (Alshmimri, 2016). Polimerisasi pembentukan polietilena dapat dilihat pada Ilustrasi 4.



Ilustrasi 4. Polimerisasi Pembentukan Polietilena

Sumber: Burdett dan Eisinger (2017)

Radikal bebas sering kali menghilangkan hidrogen dari pusat rantai selama proses sintesis berlangsung sehingga muncul polietilena yang sangat bercabang dengan rantai samping hidrokarbon yang berbeda-beda. Jenis polietilena ini disebut dengan LDPE (*low-density polyethylene*) yang memiliki nilai densitas kurang dari $0,94 \text{ g/cm}^3$ karena kesulitan mengemas rantai samping hidrokarbon yang tidak teratur (Kayili dan Çelebi, 2021). Ketidakteraturan ini membuat LDPE fleksibel sehingga dapat dimanfaatkan sebagai kemasan, salah satunya adalah plastik *ziplock*. Kemasan tersebut bersifat lentur, ringan, murah, tahan terhadap robekan dan kelembapan, mudah didaur ulang, serta tidak reaktif saat kontak langsung dengan produk pangan (Cheng, 2024).

2.6.2. Foil Sachet

Aluminium foil merupakan jenis kemasan logam dengan ketebalan kurang dari $150 \text{ }\mu\text{m}$ atau $0,15 \text{ mm}$ (Napitupulu *et al.*, 2021). Kemasan ini bersifat fleksibel, tidak transparan, dan kedap udara. Nilai densitas *aluminium foil* lebih tinggi jika dibandingkan dengan PP (*polypropylene*) dan LDPE (*low-density polyethylene*). *Aluminium foil*, PP, dan LDPE masing-masing memiliki nilai densitas $1,06$, $0,92$, dan $0,91 \text{ kg/m}^3$ (Yuriandala *et al.*, 2016). Nilai ini berkaitan dengan permeabilitas terhadap gas dan uap air, yaitu kemampuan keduanya untuk melewati suatu kemasan pada suhu dan kondisi kelembapan relatif tertentu. Semakin tinggi nilai densitas kemasan, semakin rendah permeabilitasnya sehingga kemasan lebih sulit ditembus oleh gas dan uap air (Jost, 2018). Kualitas produk

yang dikemas dipengaruhi oleh gas dan uap air karena keduanya menyebabkan proses oksidasi dan hidrolisis yang dapat merusak produk.

Ketebalan *aluminium foil* yang biasanya digunakan dalam rumah tangga dan industri adalah 50, 80, dan 100 μm (Syafira *et al.*, 2018). Semakin tebal kemasan, semakin rendah permeabilitasnya terhadap gas dan uap air. Karakteristik *aluminium foil* dengan ketebalan yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 6. *Aluminium foil* setebal 50 μm meningkatkan kadar air lebih cepat daripada ketebalan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa *aluminium foil* dengan ketebalan 80 dan 100 μm lebih baik dalam mencegah uap air masuk ke dalam kemasan. *Aluminium foil* yang tipis lebih mudah ditembus oleh gas dan uap air dari lingkungan selama penyimpanan daripada *aluminium foil* yang tebal (Halimatussa'diyah *et al.*, 2024).

Tabel 6. Karakteristik *Aluminium Foil* dengan Ketebalan yang Berbeda

Karakteristik	Ketebalan		
	50 μm	80 μm	100 μm
Densitas (g/cm^3)	0,27	1,06	1,10
Gramatur (g/m^2)	36,04	84,62	110,27
Laju Transmisi Uap Air (g/m^2 per 24 jam)	0,57	0,13	0,08
Laju Transmisi Gas Oksigen (cc/m^2 per 24 jam)	0,85	0,29	0,32

Sumber: Syafira *et al.* (2018)

Foil sachet merupakan kemasan kecil yang terbuat dari *aluminium foil*. Kemasan ini tahan terhadap perpindahan gas dan tidak transparan sehingga dapat mempertahankan rasa produk serbuk seperti bubuk es puter dengan penambahan ekstrak jahe sekaligus melindunginya dari cahaya (Ahmid *et al.*, 2021). Selain itu, *foil sachet* dapat disegel dengan *sealer*. Penyegelan ini dilakukan untuk

meningkatkan daya rekat dan kerapian kemasan sehingga produk lebih tahan lama (Yahya *et al.*, 2019).

2.7. Parameter Pengujian

Parameter pengujian dalam penelitian ini meliputi kadar air, nilai pH, aktivitas antioksidan, dan gugus fungsi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*). Berikut penjabaran dari parameter-parameter pengujian tersebut.

2.7.1. Kadar Air

Kadar air merupakan persentase air terikat dalam suatu bahan yang dapat memengaruhi kualitas, karakteristik, dan kesegaran produk akhir. Jumlahnya dalam bahan pangan berdampak langsung pada keawetan produk. Semakin tinggi kadar air, semakin pendek umur simpannya. Hal ini disebabkan karena air dimanfaatkan oleh mikroba untuk media reproduksi sehingga kadar air tinggi berpotensi mempercepat perkembangbiakan mikroba sekaligus meningkatkan kerusakan produk (Kaban *et al.*, 2019). Kandungan air dalam suatu bahan dipengaruhi oleh struktur molekul dan komposisi kimianya, yaitu kelompok protein, polisakarida, dan serat. Kadar air bubuk es puter menyesuaikan bubuk es krim yang berkisar antara 2–4% (Pushpadass *et al.*, 2021).

2.7.2. Nilai pH

Nilai pH merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menunjukkan seberapa asam atau basa suatu larutan dengan skala 1 hingga 14. Suatu larutan dianggap asam jika pH-nya kurang dari tujuh ($\text{pH} < 7$), basa jika pH-nya lebih

dari tujuh ($\text{pH} > 7$), dan netral jika pH-nya sama dengan 7 ($\text{pH} = 7$). Nilai pH dapat diukur dengan pH meter, indikator universal, serta kertas lakmus merah dan biru. Produk pangan dapat dibedakan menjadi dua berdasarkan derajat keasamannya, yaitu produk dengan tingkat keasaman tinggi ($\text{pH} < 4,6$) dan keasaman rendah ($\text{pH} \geq 4,6$) (Wardani dan Arifiyana, 2020). Hal ini dipengaruhi oleh jenis bahan, keberadaan aktivitas fermentasi mikroba, dan penambahan zat asam yang berbeda di setiap produk pangan. Es puter memiliki nilai pH yang mirip dengan es krim, yaitu 6,3–6,7 (Singo dan Beswa, 2019). Sementara itu, penambahan ekstrak jahe dapat meningkatkan keasaman dan menurunkan pH es puter. Senyawa fenol dalam jahe bersifat asam sehingga peningkatan pH mengindikasikan kerusakan pada senyawa ini (Gabbi *et al.*, 2018).

2.7.3. Aktivitas Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat menghentikan risiko yang disebabkan oleh proses oksidasi. Senyawa ini mencegah timbulnya penuaan dini dan gangguan degeneratif (Wahdaningsih dan Untari, 2016). Antioksidan dalam tubuh yang sehat akan menangkal radikal bebas yang terbentuk. Jumlah radikal bebas yang berlebihan akan menyulitkan antioksidan endogen untuk menangkalnya. Hal ini menyebabkan kebocoran elektron dari mitokondria dan mengakibatkan ROS (*Reactive Oxygen Species*), yang juga dikenal sebagai stres oksidatif (Mulianto, 2020). Antioksidan dapat digunakan untuk menekan radikal bebas dan mencegah penyakit yang disebabkan olehnya. Radikal bebas merupakan senyawa reaktif dengan elektron tak berpasangan (tunggal) pada kulit

terluarnya. Elektron yang tak berpasangan ini menyebabkan radikal bebas menjadi sangat reaktif dan tidak stabil. Hal ini dapat membahayakan sel, gen, dan jaringan dalam tubuh. Maka dari itu, antioksidan sangat diperlukan untuk menangkal radikal bebas.

Turunan fenol dan amina adalah dua contoh senyawa antioksidan yang sering digunakan. Antioksidan fenol dibedakan menjadi dua, yaitu fenol sintetis dan alami. Antioksidan fenol sintetis yang umum digunakan meliputi PG (propil galat), TBHQ (tert-butil hidrokuinon), BHA (butil hidroksi anisol), dan BHT (butil hidroksil toluen). Senyawa ini memberikan efek negatif pada kesehatan dalam jangka panjang, salah satunya adalah meningkatkan karsinogenesis, yaitu proses sel kanker berkembang dari sel sehat (Zeb, 2020). Antioksidan alami dapat ditemukan pada tanaman obat. Tanaman ini mengandung senyawa kimia metabolit sekunder, antara lain flavonoid dan fenol, yang berfungsi sebagai penangkal radikal bebas dengan peran antioksidannya (Tohma *et al.*, 2017). Antioksidan alami yang diekstrak dari tanaman obat adalah pilihan efektif untuk mencegah stres oksidatif karena senyawa ini sering kali tidak beracun.

Interaksi antara antioksidan dan DPPH (*2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*) mendorong pengiriman proton ke radikal DPPH melalui mekanisme transfer elektron dan penghilangan langsung atom H-fenol. Interaksi ini menyebabkan penetralan radikal bebas dan produksi DPPH-H, yaitu DPPH dengan sifat reaktif rendah (Gulcin dan Alwasel, 2023). Metode DPPH adalah uji aktivitas antioksidan yang populer dan harganya terjangkau. Metode ini dilakukan dengan mengukur RSA (*Radical Scavenging Activity*). RSA merupakan kapabilitas suatu

zat untuk menargetkan dan menghilangkan radikal bebas dari zat lain. RSA sering digunakan untuk mengevaluasi kemampuan antioksidan dalam mengurangi kerusakan pada sel yang ditimbulkan oleh radikal bebas (Tamaroh *et al.*, 2018). Pada metode DPPH, radikal bebas akan diserang oleh senyawa antioksidan dan diubah menjadi biru kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometri. Tingkat reduksi warna yang dihasilkan senyawa kimia terhadap radikal bebas adalah dasar untuk menghitung nilai RSA. Semakin besar RSA, semakin besar kandungan antioksidannya (Akbar dan Youfa, 2020).

Salah satu komponen yang memiliki aktivitas antioksidan pada jahe, baik dalam pengaturan *in vitro* maupun *in vivo*, adalah gingerol. Senyawa ini telah terbukti memiliki aktivitas antiinflamasi dan antiapoptotik, yaitu kapabilitas untuk menekan atau menghentikan kematian sel terprogram dengan meningkatkan ekspresi gen yang menghambat apoptosis dan menurunkan ekspresi gen yang mendorong apoptosis (Hassa *et al.*, 2018). Rimpang jahe segar, daun jahe segar, jahe kering, dan akar jahe segar pada konsentrasi 120 µg/mL masing-masing memiliki RSA sebesar 91, 80, 73, dan 52%. Selain itu, nilai IC₅₀ jahe dalam menghambat radikal DPPH adalah 0,64 µg/mL (Poonkuil dan Raja, 2017). Hal ini membuktikan bahwa jahe mengandung antioksidan yang kuat.

2.7.4. FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

FTIR merupakan salah satu pendekatan atau teknik spektroskopi inframerah yang digunakan untuk menentukan keberadaan gugus kompleks suatu zat. Alat ini dapat menganalisis senyawa organik untuk mengetahui struktur analit dan gugus

fungsinya menggunakan bilangan gelombang antara 4.000 hingga 400 cm^{-1} (Musfiroh *et al.*, 2019). Spektrum inframerah dibedakan menjadi tiga area bilangan gelombang, yaitu spektrum jauh, tengah, dan dekat. Bilangan gelombangnya secara berurutan adalah <400 , 400–4.000, dan 4.000–13.000 cm^{-1} . Sementara itu, spektrum inframerah tengah dibedakan menjadi empat area bilangan gelombang, yaitu ikatan tunggal, rangkap tiga, rangkap dua, dan *fingerprint*. Bilangan gelombangnya secara berurutan adalah 4.000–2.500, 2.500–2.000, 2.000–1.500, dan 1.500–600 (Nandiyanto *et al.*, 2019). Gambar spektroskopi FTIR dapat dilihat pada Ilustrasi 5. Preparasi sampel FTIR tidak rumit dan hasil analisisnya sangat presisi tanpa membutuhkan waktu yang lama. Selain itu, alat ini sangat efektif dan ramah lingkungan karena tidak memerlukan pelarut atau komponen lain dalam jumlah banyak serta tidak menyebabkan kerusakan sampel (Buana dan Fajriati, 2019).



Ilustrasi 5. Gambar Spektroskopi FTIR

Sumber: Dokumentasi Penelitian

Hasil analisis spektroskopi FTIR adalah spektrum yang diperoleh dari gugus fungsi atau ikatan kimia suatu material. Setiap molekul atau senyawa memiliki pola spektrum yang unik (*fingerprint*), yang dapat ditunjukkan dan disimpulkan dari spektrum FTIR dengan menganalisis penyerapan setiap ikatan dalam molekul atau senyawa tersebut (Firmansyah *et al.*, 2024). Spektroskopi FTIR dapat membandingkan dua sampel yang berbeda atau lebih dengan menganalisis struktur intramolekulnya. Kemampuan suatu senyawa untuk menyerap cahaya dipengaruhi oleh karakteristik fisikokimia, ikatan atom-ke-atom, dan karakteristik gugus fungsinya (Khan *et al.*, 2018). Maka dari itu, penyerapan cahaya tiap senyawa dapat bervariasi. Frekuensi regangan inframerah untuk beberapa jenis ikatan dapat dilihat pada Tabel 7.

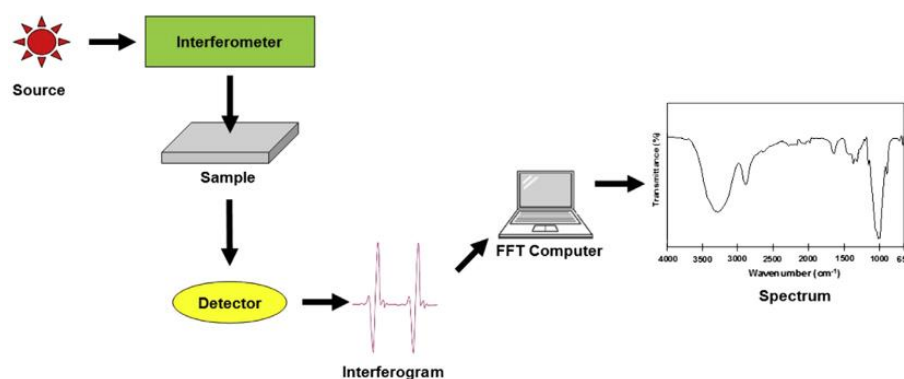
Tabel 7. Frekuensi Regangan Inframerah untuk Beberapa Jenis Ikatan

Jenis Ikatan	Gugus	Golongan Senyawa	Kisaran Frekuensi (cm ⁻¹)
Ikatan Tunggal dengan Hidrogen	C–H	Alkana	2.850–3.000
	=C–H	Alkena dan Senyawa Aromatik	3.030–3.140
	≡C–H	Alkuna	3.300
	O–H	Alkohol dan Fenol	3.500–3.700 (Berikatan Hidrogen)
		Asam Karboksilat	2.500–3.000
	N–H	Amina	3.200–3.600
	S–H	Tiol	2.550–2.600
	C=C	Alkena	1.600–1.680
Ikatan Rangkap Dua	C=N	Imina, Oksim	1.500–1.650
	C=O	Aldehid, Keton, Ester, Asam Karboksilat	1.650–1.780
Ikatan Rangkap Tiga	C≡C	Alkuna	2.100–2.260
	C≡N	Nitril	2.200–2.400

Sumber: Alauhdin *et al.* (2021)

Satuan bilangan gelombang atau jumlah gelombang per sentimeter umumnya digunakan untuk menyatakan frekuensi inframerah. Hanya butuh

beberapa menit untuk memperoleh spektrum inframerah suatu senyawa. FTIR beroperasi berdasarkan premis bahwa atom atau molekul adalah zat yang perlu dikenali (Kafle *et al.*, 2024). Cahaya inframerah dibagi menjadi dua berkas, yaitu satu diarahkan melalui pembanding sedangkan lainnya melalui sampel kemudian keduanya dilewatkan *chopper* secara bergantian. Berkas akan turun di detektor setelah melalui prisma lalu diubah menjadi sinyal listrik dan ditangkap oleh *recorder*. *Amplifier* diperlukan sebagai bantuan sinyal jika sinyal sangat lemah. Data yang dikumpulkan *recorder* akan diubah menjadi puncak serapan yang mewakili spektrum inframerah (Pambudi *et al.*, 2017). Gambar komponen dasar spektroskopi FTIR dapat dilihat pada Ilustrasi 6.



Ilustrasi 6. Gambar Komponen Dasar Spektroskopi FTIR

Sumber: Mohamed *et al.* (2017)

BAB III

MATERI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2024 hingga bulan Mei 2025. Penelitian dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro, Laboratorium Kimia dan Gizi Pangan serta Laboratorium Rekayasa Pangan dan Hasil Pertanian Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro, Laboratorium Riset Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, PRTPP BRIN (Pusat Riset Teknologi dan Proses Pangan Badan Riset dan Inovasi Nasional) Gunungkidul, serta Laboratorium Cendekia Nanotech Utama Semarang.

3.1. Materi Penelitian

Bahan yang digunakan dalam pembuatan ekstrak jahe adalah jahe gajah yang didapatkan dari Pasar Johar Semarang, etanol *pro* analisis (Merck), dan akuades. Bahan yang digunakan dalam pembuatan es puter adalah santan kelapa (Kara), gula pasir (Rose Brand), CMC (Koepoe-Koepoe), air kelapa muda, dan air mineral. Bahan yang digunakan dalam pengujian adalah DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) dan akuades.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tisu dapur, *peeler*, pisau, baskom, tray, *cabinet dryer* (Getra, Cina), *blower* (Sekai, Indonesia), *chopper* (Philips, Indonesia), *aluminium foil*, ayakan 40 *mesh*, sendok, *food container* (Lock & Lock, Korea), spidol permanen, *freezer* (Gea, Cina), gelas *beaker* (Pyrex,

Jerman), kain saring, filter kopi, erlenmeyer (Pyrex, Jerman), corong, botol kaca gelap, *vacuum rotary evaporator* (Eyela, Jepang), timbangan digital (Tanita, Jepang), gelas ukur (Pyrex, Jerman), pipet tetes, panci, kompor listrik (Kris, Indonesia), termometer (Gea, Cina), timbangan analitik (Fujitsu, Jepang), *mixer* (Philips, Indonesia), *stopwatch*, *thinwall*, refrigerator (Modena, Italia), *homogenizer* (IKA Ultra Turrax, Jerman), *ice cream maker* (De'Longhi, Italia), *cup* plastik, *freeze dryer* (TEFIC, Cina), mortar, alu, plastik *ziplock*, *foil sachet*, *silica gel*, label, bolpoin, FTIR (Thermo Fisher Scientific, Amerika Serikat), tabung reaksi (Pyrex, Jerman), mikropipet, *vortex*, spektrofotometer UV-Vis (Vernier, Amerika Serikat), cawan porselen, penjepit, oven (Festar, Cina), desikator, pH meter (Tekcoplus, Cina).

3.2. Metode Penelitian

Metode penelitian mencakup prosedur penelitian, persiapan sampel, pengujian parameter penelitian, dan analisis data yang didapatkan dari hasil pengujian. Penelitian ini dilaksanakan menggunakan metode deskriptif kuantitatif.

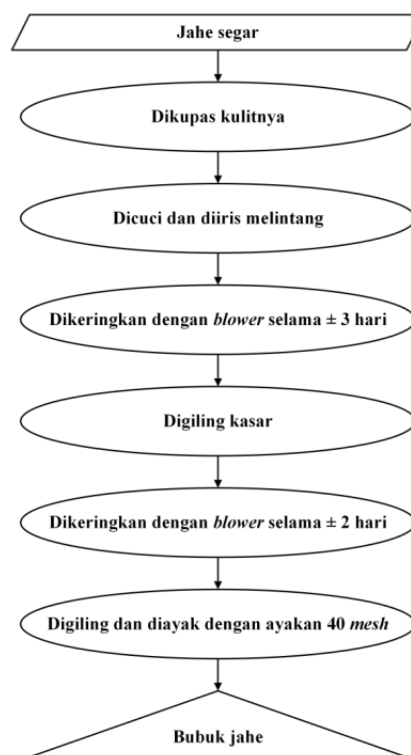
3.2.1. Prosedur Penelitian

Prosedur dalam penelitian ini meliputi pembuatan bubuk jahe (*Zingiber officinale* Rosc.), pembuatan ekstrak jahe, pembuatan es puter dengan penambahan ekstrak jahe, pembuatan bubuk es puter dengan penambahan ekstrak jahe, dan pengujian terhadap bubuk es puter dengan penambahan ekstrak jahe.

3.2.2. Persiapan Sampel

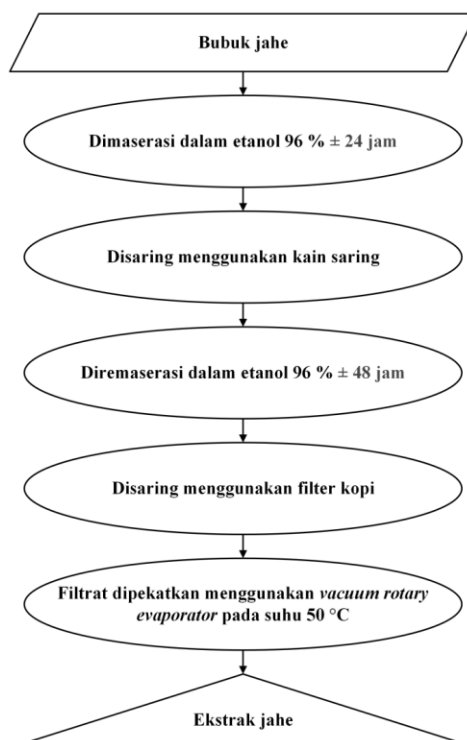
Persiapan sampel meliputi pembuatan bubuk jahe, ekstrak jahe, es puter dengan penambahan ekstrak jahe, dan bubuk es puter dengan penambahan ekstrak jahe.

3.2.2.1. Proses Pembuatan Bubuk Jahe. Pembuatan bubuk jahe dimulai dengan jahe dikupas menggunakan peeler kemudian dicuci di bawah air mengalir hingga bersih. Jahe diiris setebal 2–3 cm lalu ditata di atas tray. Tray berisi potongan jahe disusun dalam cabinet dryer lalu dikeringkan dengan blower selama 3 hari kemudian digiling kasar lalu dikeringkan kembali selama 2 hari. Jahe kering digiling lalu diayak menggunakan ayakan 40 mesh hingga menjadi bubuk halus. Diagram alir pembuatan bubuk jahe dapat dilihat pada Ilustrasi 7.



Ilustrasi 7. Diagram Alir Pembuatan Bubuk Jahe

3.2.2.2. Proses Pembuatan Ekstrak Jahe. Pembuatan ekstrak jahe mengacu pada (Luhurningtyas *et al.*, 2021). Metode ekstraksi yang dilakukan adalah maserasi. Jahe bubuk direndam dalam etanol 96% dengan perbandingan 1:5. Sebanyak 200 g jahe bubuk dimaserasi dengan 750 mL etanol, ditutup dengan *aluminium foil*, lalu dibiarkan selama 24 jam pada suhu ruang. Setelah 24 jam, filtrat disaring menggunakan kain saring, dituang ke dalam erlenmeyer, lalu ditutup dengan *aluminium foil*. Sementara itu, residu dimaserasi kembali dengan 250 mL etanol selama 2 x 24 jam. Filtrat yang diperoleh disaring menggunakan filter kopi lalu dicampur dengan filtrat sebelumnya kemudian dipekatkan dengan *vacuum rotary evaporator* pada suhu 50 °C hingga menghasilkan ekstrak kental. Diagram alir pembuatan ekstrak jahe dapat dilihat pada Ilustrasi 8.



Ilustrasi 8. Diagram Alir Pembuatan Ekstrak Jahe

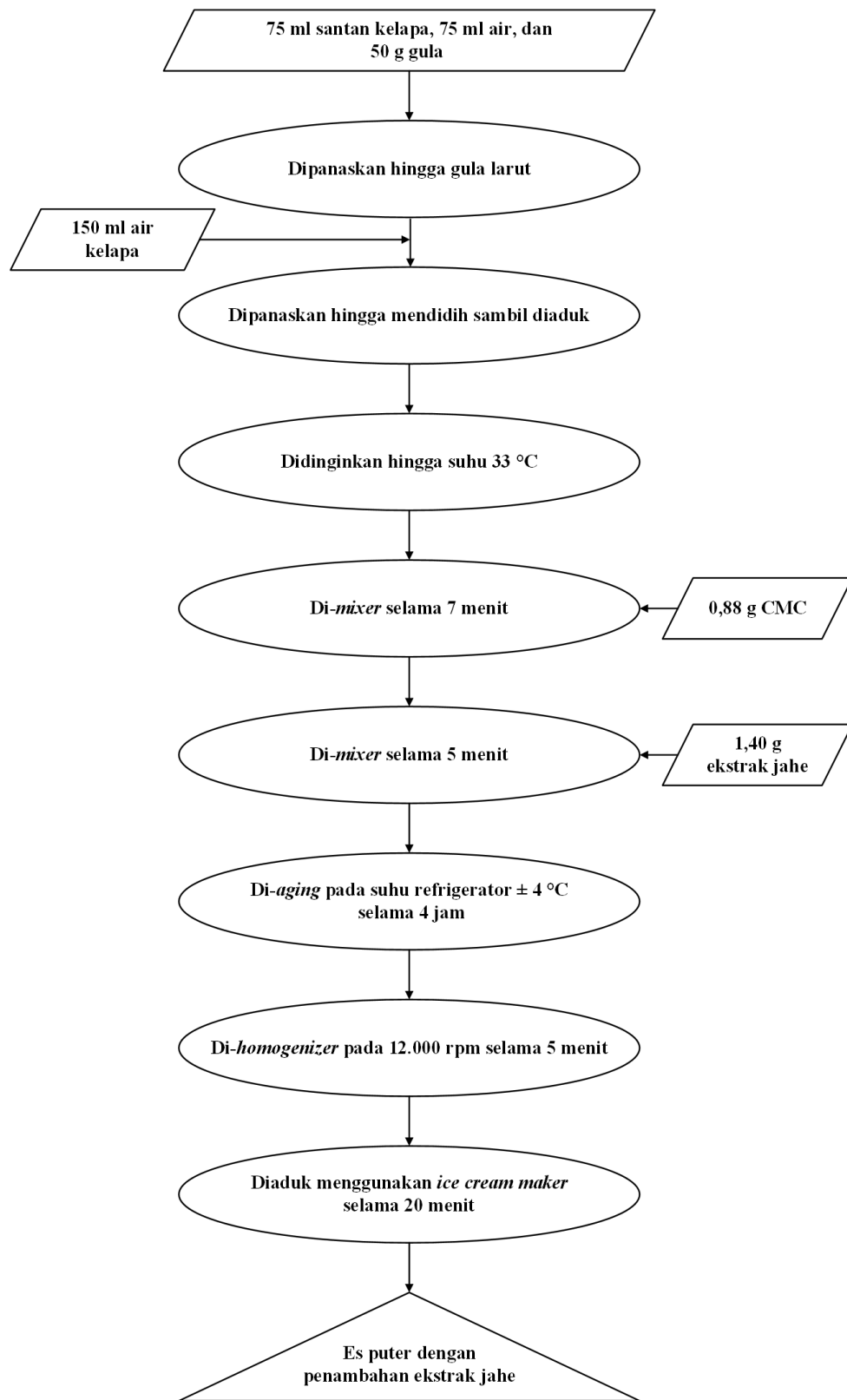
3.2.2.3. Proses Pembuatan Es Puter dengan Penambahan Ekstrak Jahe.

Pembuatan es puter mengacu pada (Vedashree *et al.*, 2020) dengan beberapa modifikasi.

Tabel 8. Komposisi Adonan Es Puter dengan Penambahan Ekstrak Jahe

Komponen	Jumlah (g)
Santan kelapa	5
Air mineral	75
Gula	50
Air kelapa	150
CMC	0,88
Ekstrak jahe 0,4% (b/b)	1,40

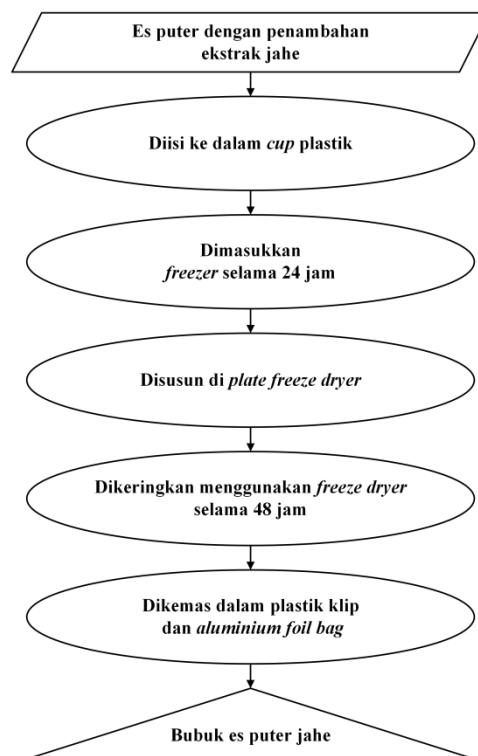
Sebanyak 50 g gula dilarutkan dalam 75 mL santan kelapa dan 75 mL air mineral pada suhu 80 °C. Setelah gula larut, air kelapa ditambahkan dan diaduk hingga mendidih. Adonan didinginkan hingga suhu 33 °C kemudian diberi 0,88 g CMC sedikit demi sedikit sambil diaduk menggunakan *mixer* selama 7 menit. Ekstrak jahe sebanyak 1,40 g ditambahkan ke adonan dan diaduk kembali selama 5 menit. Adonan yang sudah tercampur disimpan di dalam refrigerator selama 4 jam kemudian dihomogenkan pada kecepatan 12.000 rpm selama 5 menit lalu dimasukkan ke dalam *ice cream maker* yang sudah didinginkan selama 30 menit. Proses pengadukan dengan *ice cream maker* dilakukan selama 20 menit. Es puter ditempatkan dalam *thinwall* dan disimpan di *freezer* pada suhu -33 °C. Diagram alir pembuatan es puter dengan penambahan ekstrak jahe dapat dilihat pada Ilustrasi 9.



Ilustrasi 9. Diagram Alir Pembuatan Es Puter dengan Penambahan Ekstrak Jahe

3.2.2.4. Proses Pembuatan Bubuk Es Puter dengan Penambahan Ekstrak

Jahe. Pembuatan bubuk es puter dengan penambahan ekstrak jahe dimulai dengan pengisian es puter ke dalam *cup* plastik maksimal setengah dari tinggi *cup* kemudian disimpan dalam *freezer* selama 24 jam. *Compressor freeze dryer* dinyalakan hingga suhunya turun sampai -40°C lalu *cup* berisi es puter disusun di *sample holder plate*. Kabel dililitkan memutar tiang *plate* kemudian *vacuum pump* dinyalakan. Lama pengeringan adalah 48 jam. Bubuk es puter ditimbang lalu dikemas dalam plastik *ziplock* dan *foil sachet* berisi *silica gel* kemudian dimasukkan ke *thinwall*. Bubuk es puter yang sudah dikemas disimpan di suhu ruang. Diagram alir pembuatan bubuk es puter dapat dilihat pada Ilustrasi 10.



Ilustrasi 10. Diagram Alir Pembuatan Bubuk Es Puter dengan Penambahan Ekstrak Jahe

3.2.3. Pengujian Parameter

Parameter yang diuji pada bubuk es puter dengan penambahan ekstrak jahe meliputi kadar air, nilai pH, aktivitas antioksidan, dan gugus fungsi. Kadar air diuji menggunakan metode pengeringan oven, nilai pH diuji menggunakan pH meter, aktivitas antioksidan diuji menggunakan metode DPPH, dan gugus fungsi diuji menggunakan FTIR.

3.2.3.1. Kadar Air. Pengujian kadar air mengacu pada (Amanah *et al.*, 2024) dengan beberapa modifikasi. Cawan porselen dikeringkan dalam oven selama 1 jam pada suhu 105 °C kemudian ditempatkan dalam desikator selama 30 menit lalu ditimbang. Sebanyak 0,5 g bubuk es puter ditimbang di atas cawan porselen lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C hingga beratnya konstan, yang memakan waktu sekitar 3 jam. Bubuk es puter yang telah dikeringkan ditempatkan dalam desikator selama 30 menit sebelum ditimbang. Kadar air dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Kadar Air} = \frac{B - C}{A} \times 100\%$$

Keterangan:

A = Berat sampel (g); B = Berat cawan dan sampel sebelum pengeringan (g);

C = Berat cawan dan sampel setelah pengeringan (g)

3.2.3.2. Nilai pH. Pengujian nilai pH mengacu pada (Pandiangnan *et al.*, 2022) dengan beberapa modifikasi. Bubuk es puter dengan penambahan ekstrak jahe sebanyak 2 g dilarutkan terlebih dahulu dalam 2 mL air. Pengujian nilai pH dilakukan menggunakan pH meter yang dikalibrasi dengan larutan penyangga

standar pH 4, 7, dan 10. Elektroda dibilas dengan akuades kemudian dikeringkan dengan tisu lalu dicelupkan dalam 2 mL sampel hingga nilai pH stabil. Setiap kali sampel yang diuji diganti, elektroda dibilas dengan akuades.

3.2.3.3. Aktivitas Antioksidan. Pengujian aktivitas antioksidan mengacu pada (Thamer *et al.*, 2024) dengan beberapa modifikasi. Etanol sebanyak 5 mL ditambahkan dalam 0,1 g bubuk es puter dengan penambahan ekstrak jahe. Sebanyak 0,2 mL sampel diambil lalu ditambahkan 1 mL larutan DPPH 0,05 mM. Campuran ini dihomogenkan menggunakan *vortex* kemudian dibiarkan selama 30 menit di tempat gelap. Absorbansi diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 513 nm. Aktivitas antioksidan sampel ditentukan oleh besarnya hambatan serapan radikal DPPH melalui perhitungan persentase inhibisi serapan DPPH menggunakan rumus berikut.

$$\text{Inhibisi} = \frac{\text{Serapan kontrol} - \text{Serapan sampel}}{\text{Serapan kontrol}} \times 100\%$$

3.2.3.4. Gugus Fungsi. Prosedur pengujian FTIR pada bubuk es puter dengan penambahan ekstrak jahe mengacu pada (Amponsah *et al.*, 2022). Sampel bubuk es puter dengan penambahan ekstrak jahe sebanyak 1 g diletakkan pada *sample holder plate* untuk analisis spektral. Spektrum dikumpulkan dalam mode *transmittance* di area inframerah tengah (4.000–400 cm⁻¹). Spektrum diperoleh pada resolusi 4 cm⁻¹ dan dilakukan pengulangan setiap sampel. Perangkat lunak Opus 5.5 digunakan untuk mengoperasikan FTIR dan mengumpulkan spektrumnya.

3.2.4. Analisis Data

Data kadar air, nilai pH, dan aktivitas antioksidan disajikan dalam diagram batang dan dianalisis secara deskriptif. Data FTIR diolah menggunakan Microsoft Excel 2019 dan OriginPro 2022 untuk membuat spektrum kemudian dari bilangan gelombang yang didapat diidentifikasi gugus fungsinya dan dianalisis secara deskriptif.