



SARI JAGUNG PROBIOTIK

Sebagai Alternatif

PANGAN FUNGSIONAL



Nur Aini - V. Prihananto - Budi Sustriawan



UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN
Gd. UNSOED Press
Jalan Prof. Dr. H.R. Boenyamin 708 Purwokerto
Kode Pos 53122 Kotak Pos 115
Telepon (0281) 626070
Email: unsoedpress@unsoed.ac.id

ISBN 978-623-7144-65-6



9 786237 144656

SARI JAGUNG PROBIOTIK SEBAGAI ALTERNATIF PANGAN FUNGSIONAL

Nur Aini
V. Prihananto
Budi Sustrawan



Penerbit
Universitas Jenderal Soedirman
2020

**SARI JAGUNG PROBIOTIK
SEBAGAI ALTERNATIF PANGAN FUNGSIONAL**

© 2020 Universitas Jenderal Soedirman

Cetakan Kesatu, Maret 2020
Hak Cipta dilindungi Undang-undang
All Right Reserved

Penulis:

Nur Aini
V. Prihananto
Budi Sustriawan

Editor Bahasa:

Gita Anggria Resticka, S.S., M.A.

Editor Isi:

Karseno, S.P., M.P., Ph.D

Diterbitkan oleh:

UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN
Gd. BPU Percetakan dan Penerbitan (UNSOED Press)
Telp. (0281) 626070
Email: unsoedpress@unsoed.ac.id



Anggota

Asosiasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia

Nomor : 003.027.1.03.2018

ix + 75 hal., 15 x 23 cm

ISBN : 978-623-7144-65-6

*Dilarang mengutip dan memperbanyak tanpa izin tertulis dari penerbit,
sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun, baik cetak,
photoprint, microfilm dan sebagainya.*

PRAKATA

Segala puji bagi Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku monograf dengan judul “Sari jagung probiotik sebagai alternatif pangan fungsional”.

Buku ini merupakan rangkaian seri hasil-hasil penelitian “Bio-Yoghurt Jagung-Kacang Hijau Sebagai Pangan Fungsional” baik yang sudah dipublikasikan atau yang belum dipublikasikan mulai dari tahun 2015-2019.

Rasa terima kasih penulis sampaikan dengan hormat atas kerja samanya dalam proses persiapan, penelitian sampai penyelesaian buku ini kepada:

1. Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia.
2. Rektor Universitas Jenderal Soedirman.
3. Ketua LPPM Universitas Jenderal Soedirman.
4. Mahasiswa Ilmu dan Teknologi Pangan: Arimah, Muhammad Syaifudin, Umi Latifah, Yanuar Hardika, Jesenia Ima, Fajri Aldrianur, Yuni Astuti, Melda Ruth Maulina, Muthmainah, Dyah Setyawati, Agung Widodo, dan Safira Prima Hastungkoro.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam buku ini, maka kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi perbaikan kualitas. Semoga buku ini memberi manfaat kepada pembaca dan peneliti pada khususnya serta masyarakat pada umumnya.

Purwokerto, November 2019

Penulis

DAFTAR ISI

BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Landasan Teori	2
1.1.1. Pangan Fungsional.....	2
1.1.2. Yoghurt.....	7
1.1.3. Jagung manis	9
1.1.4. Kacang hijau.....	10
1.2. Permasalahan	11
1.3. Metode pemecahan masalah	12
1.4. Temuan kebaruan.....	12
BAB 2. METODE DAN KARAKTERISASI	13
2.1. Pembuatan sari jagung	13
2.2. Pembuatan starter.....	14
2.3. Pembuatan sari jagung probiotik	14
2.4. Penyimpanan sari jagung probiotik	15
BAB 3. SARI JAGUNG.....	17
3.1. Karakteristik sari jagung.....	18
3.1.1. Total padatan terlarut.....	18
3.1.2. Viskositas	19
3.1.3. Kadar air	20
3.1.4. Kadar lemak.....	21
3.1.5. Kadar protein.....	22
3.1.6. Sifat sensori	23
3.2. Perbandingan sari jagung dengan susu kedelai.....	26
3.3. Penerimaan sari jagung oleh konsumen.....	28
BAB 4. SARI JAGUNG PROBIOTIK.....	31
4.1. Karakteristik Sari Jagung Probiotik.....	31
4.1.1. Bakteri Asam Laktat.....	31
4.1.2. Kadar Lemak	32
4.1.3. Kadar Protein.....	33
4.1.4. Kadar asam laktat dan pH.....	34
4.1.5. Padatan Terlarut.....	37
4.1.6. Viskositas	37
4.2. Perbandingan Sari Jagung Probiotik dengan Yoghurt Susu Sapi	38
4.3. Penerimaan Konsumen terhadap Sari Jagung Probiotik	40
4.4. Perubahan Sifat Sari Jagung Probiotik Selama Penyimpanan.....	43
4.4.1. Bakteri Asam Laktat.....	43

4.4.2. Protein.....	44
4.4.3. Total Asam dan pH.....	46
4.4.4. Padatan Terlarut dan Viskositas.....	48
4.4.5. Sifat Sensori.....	50
4.5. Penetapan Umur Simpan Sari Jagung Probiotik	54
BAB 5 PENUTUP	61
DAFTAR PUSTAKA.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Kandungan zat gizi jagung kuning dan jagung manis (tiap 100 g bahan).....	10
Tabel 2	Nilai gizi kacang hijau.....	11
Tabel 3	Perbandingan antara sari jagung dan susu kedelai	27
Tabel 4	Perbandingan sari jagung probiotik dengan yoghurt susu sapi dan SNI yoghurt no 01-2981-1192	39
Tabel 5.	Karakterisasi mutu awal dan akhir yoghurt jagung manis-kacang hijau pada suhu 15°C.....	54
Tabel 6	Regresi linear dan koefisien korelasi bakteri asam laktat sari jagung probiotik yang dikemas botol kaca	56
Tabel 7	Energi aktivasi masing-masing parameter sari jagung probiotik pada kemasan kaca.....	56
Tabel 8	Regresi linear dan koefisien korelasi parameter pada sari jagung probiotik yang dikemas polietilen terephtalate	57
Tabel 9	Energi aktivasi masing-masing variable pada sari jagung probiotik yang dikemas polietilen terephtalate....	57
Tabel 10	Regresi linear, koefisien korelasi dan energi aktivasi parameter pada sari jagung probiotik yang dikemas polipropilene.....	58
Tabel 11	Prediksi umur simpan sari jagung probiotik pada beberapa jenis kemasan dan suhu penyimpanan	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Proses pembuatan ekstrak jagung manis.....	13
Gambar 2	Sari jagung probiotik	15
Gambar 3	Total padatan terlarut sari jagung manis dengan variasi substitusi kacang hijau dan penambahan susu skim.....	18
Gambar 4	Viskositas sari jagung manis hasil interaksi penambahan kacang hijau dan susu skim	19
Gambar 5	Kadar air sari jagung manis yang dipengaruhi suplementasi kacang hijau dan susu skim.....	21
Gambar 6	Kadar lemak sari jagung manis yang dipengaruhi suplementasi kacang hijau dan susu skim.....	22
Gambar 7	Kadar protein sari jagung manis yang dipengaruhi suplementasi kacang hijau dan susu skim.....	23
Gambar 8	Sifat sensoris sari jagung yang dipengaruhi konsentrasi kacang hijau dan susu skim	24
Gambar 9	Preferensi konsumen terhadap sari jagung manis	29
Gambar 10	Jumlah bakteri asam laktat pada sari jagung probiotik.....	32
Gambar 11	Kadar lemak sari jagung probiotik yang dipengaruhi konsentrasi starter dan suplementasi ekstrak ubi jalar	33
Gambar 12	Kadar protein sari jagung probiotik yang dipengaruhi konsentrasi starter dan suplementasi ekstrak ubi jalar.....	34
Gambar 13	Kadar asam laktat sari jagung probiotik yang dipengaruhi konsentrasi starter dan suplementasi ekstrak ubi jalar.....	35
Gambar 14	pH sari jagung probiotik pada variasi konsentrasi starter dan ekstrak ubi jalar	36
Gambar 15	Total padatan terlarut sari jagung probiotik pada variasi konsentrasi starter dan suplementasi ekstrak ubi jalar	37
Gambar 16	Viskositas yoghurt jagung yang dipengaruhi konsentrasi starter dan suplementasi ekstrak ubi jalar	38
Gambar 17	Jumlah bakteri asam laktat pada sari jagung probiotik yang dikemas botol polipropilene (PP)	44
Gambar 18	Kadar protein sari jagung probiotik yang dikemas kaca, polipropilene dan polietilen terphthalate selama penyimpanan.....	45

Gambar 19	Total asam sari jagung probiotik yang dikemas kaca, polipropilene dan polietilen terphthalate selama penyimpanan	47
Gambar 20	pH sari jagung probiotik yang dikemas kaca, polipropilene dan polietilen terphthalate selama penyimpanan	48
Gambar 21	Padatan terlarut sari jagung probiotik yang dikemas kaca, polipropilene dan polietilen terphthalate selama penyimpanan	49
Gambar 22	Viskositas sari jagung probiotik yang dikemas kaca, polipropilene (PP) dan polietilen terphthalate selama penyimpanan	50
Gambar 23	Warna sari jagung probiotik yang dikemas kaca, polipropilene (PP) dan polietilen terphthalate selama penyimpanan	51
Gambar 24	Aroma sari jagung probiotik yang dikemas kaca, polipropilene (PP) dan polietilen terephthalate (PET) selama penyimpanan	52
Gambar 25	Rasa asam sari jagung probiotik yang dikemas kaca, polipropilene (PP) dan polietilen terphthalate (PET) selama penyimpanan (Sumber [53],[54])	53

BAB 1. PENDAHULUAN

Pangan memiliki fungsi utama bagi tubuh manusia yaitu memenuhi kebutuhan zat gizi [1]. Fungsi pangan tersebut dikenal sebagai fungsi primer. Seiring perbaikan ekonomi dan pemahaman konsumen akan pengaruh pangan, konsumen menuntut pangan yang tidak hanya sekedar mengenyangkan dan memiliki nilai gizi baik serta penampilan menarik, tetapi juga mempunyai manfaat tertentu bagi kesehatan. Keinginan konsumen untuk mendapatkan pangan yang tidak sekedar memenuhi kebutuhan gizi, tetapi juga memiliki fungsi kesehatan, memunculkan istilah pangan fungsional [2].

Saat ini trend pasar makanan dan minuman fungsional di dunia telah meningkat secara dinamis. Jepang merupakan pasar terbesar di dunia (US\$ 11.7 milyar), diikuti oleh Amerika Serikat dan Eropa. Tidak hanya di negara maju, permintaan makanan fungsional juga telah meningkat di negara berkembang seperti India, Brazil dan China. Diprediksi bahwa permintaan pasar terhadap makanan fungsional kemungkinan akan meningkat dua kali lipat dalam lima tahun mendatang [3].

Meningkatnya permintaan terhadap makanan fungsional dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain meningkatnya pendapatan, gaya hidup yang berhubungan dengan penyakit, dan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap masalah kesehatan [2]. Meningkatnya kesadaran terhadap gaya hidup sehat dapat terlihat dengan adanya produk-produk makanan dengan klaim kesehatan seperti misalnya baik untuk kesehatan pencernaan, pengaturan berat badan, pengelolaan stress, dan sebagainya. Tuntutan manusia akan pangan fungsional semakin meningkat karena meningkatnya kesadaran manusia akan pentingnya pencegahan kesehatan melalui pangan. Pertumbuhan pangan fungsional semakin cepat yang didukung beberapa faktor, antara lain ilmu dan teknologi serta biaya akan risiko kesehatan yang semakin meningkat [4].

Konsep pangan fungsional dalam kaitannya dengan peran pangan dalam mempertahankan kesehatan dan mencegah penyakit semakin berkembang [2]. Konsep pangan fungsional pertama kali dikenalkan di Jepang pada pertengahan tahun 1980-an. Definisi pangan fungsional adalah pangan yang secara alami atau telah melalui proses, mengandung satu atau lebih senyawa yang berdasarkan kajian-kajian ilmiah dianggap mempunyai fungsi fisiologis tertentu yang bermanfaat bagi kesehatan. Pangan fungsional dikonsumsi sebagaimana halnya pangan biasa serta memiliki sifat sensori seperti penampilan, tekstur, warna dan cita rasa yang dapat diterima konsumen. Pangan fungsional juga tidak

memberikan kontraindikasi dan efek samping pada jumlah penggunaan yang dianjurkan terhadap metabolisme zat gizi lainnya [1].

Pangan fungsional memiliki manfaat bagi kesehatan, tetapi bukan merupakan obat atau suplemen makanan. Pangan fungsional dikonsumsi sebagaimana layaknya pangan pada umumnya, tanpa batasan dosis tertentu. Konsumsi pangan fungsional lebih ditujukan untuk menurunkan risiko, memperlambat atau mencegah penyakit tertentu, terutama dalam mencegah penyakit degenerative dan meningkatkan daya tahan tubuh [3].

1.1. Landasan Teori

1.1.1. Pangan Fungsional

Menurut [5], ada tiga kriteria bahan pangan yang dapat dikatakan sebagai pangan fungsional, yaitu

- a) Sensori (warna dan penampilan menarik, cita rasa enak);
- b) Bernilai gizi tinggi;
- c) Memiliki fungsi fisiologis yang menguntungkan bagi tubuh.

Kaitannya dengan fungsi yang nomor 3, yaitu pangan fungsional diharapkan memberi fungsi fisiologis terhadap tubuh. Menurut [5], fungsi fisiologis yang diharapkan antara lain:

- 1) Mencegah timbulnya penyakit tertentu;
- 2) Meningkatkan daya tahan tubuh;
- 3) Mengatur kondisi fisik tubuh;
- 4) Memperlambat proses penuaan; dan
- 5) Mempercepat proses penyembuhan setelah sakit (*recovery*).

Untuk menetapkan klaim bahwa suatu produk pangan dapat disebut sebagai pangan fungsional, maka para akademisi, ilmuwan dan penentu kebijakan telah mengembangkan panduan khusus. Untuk itu, *Food and Drug Association* (FDA) juga telah membuat aturan agar produk pangan dapat diklaim sebagai pangan fungsional. Menurut [1] suatu produk pangan dapat dikategorikan sebagai pangan fungsional apabila memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a) Harus berupa produk pangan (bukan kapsul, tablet atau bubuk) yang berasal dari bahan atau ingredient alami;
- b) Dapat dan layak dikonsumsi sebagai bagian dari diet atau menu setiap hari;
- c) Mempunyai fungsi tertentu pada saat dicerna serta memberikan peran khusus dalam proses metabolisme tubuh seperti meningkatkan imunitas tubuh, mencegah penyakit tertentu, membantu pemulihan tubuh setelah menderita sakit, menjaga kondisi fisik dan mental serta memperlambat proses penuaan;
- d) Memiliki sifat fisik dan kimia tertentu serta aman dan cukup untuk dikonsumsi; dan

e) Kadar senyawa aktifnya tidak boleh menurunkan nilai gizinya.

Apabila dilihat dari persyaratan pangan fungsional seperti tersebut di atas, maka suplemen, vitamin atau produk semacamnya tidak bisa dikategorikan sebagai pangan fungsional [6].

1.1.1.1 Komponen aktif dalam pangan fungsional

Komponen aktif yang dianggap memiliki fungsi-fungsi fisiologis tertentu di dalam pangan fungsional adalah senyawa-senyawa alami di luar zat gizi dasar (karbohidrat, protein, dan lemak) yang terkandung dalam pangan yang bersangkutan, baik yang termasuk komponen gizi maupun zat non gizi [4]. Menurut [1], komponen aktif dalam pangan fungsional dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

- 1) Zat gizi, misalnya beberapa jenis asam amino, asam lemak tak jenuh ganda, vitamin, mineral, dan sebagainya.
- 2) Non gizi, misalnya serat pangan, prebiotik, probiotik, fitoestrogen, fitosterol dan fitostanol, poliphenol dan isoflavon, gula alkohol, bakteri asam laktat, dan sebagainya.

Menurut [4], kelompok senyawa yang dianggap mempunyai fungsi-fungsi fisiologis tertentu di dalam pangan fungsional adalah sebagai berikut:

- 1) Serat pangan (*dietary fiber*).

Serat pangan merupakan bagian dari tanaman yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan manusia. Senyawa penyusun dinding sel tanaman, misalnya selulosa, hemiselulosa, pektin dan lignin serta polisakarida intraseluler misalnya gum juga merupakan bagian dari serat pangan [7]. Serat pangan terutama berfungsi menjaga sistem pencernaan, menurunkan risiko beberapa jenis kanker dan penyakit jantung koroner. Menurut [8], peran serat pangan sebagai pangan fungsional adalah dengan meningkatnya kadar serat akan mempengaruhi sifat gastrointestinal (komposisi mikroflora intestinal, fungsi mukosa, aktivitas endokrin, dan penyerapan mineral) dan menurunkan risiko penyakit kardiovaskuler.

Serat pangan terdiri dari serat tak larut, beta glukukan dan serat larut [7]. Serat tak larut dan beta glukukan terutama terdapat pada biji-bijian dan olahannya. Oat, barley, bekatul dan jagung merupakan sumber pangan fungsional kategori serat tak larut. Serat larut terdapat pada beberapa buah dan kacang-kacangan misalnya jeruk, apel dan kacang polong. Inulin juga termasuk karbohidrat sebagai pangan fungsional karena sifatnya yang fermentatif [9]

- 2) Vitamin dan mineral.

Menurut [10], beberapa vitamin dan mineral yang juga berperan sebagai pangan fungsional adalah sebagai berikut.

- a. Karotenoid (pro vitamin A): terdiri dari beta-karoten, zeaxanthin dan likopen. Senyawa ini berfungsi dalam menetralkan radikal bebas yang dapat merusak sel dan meningkatkan pertahanan antioksidan seluler [11]. Bahan yang memiliki karotenoid misalnya wortel, ubi jalar, bayam, jagung, telur, tomat, semangka dan lain-lain.
- b. Vitamin A (beta karoten) berperan dalam menjaga kesehatan mata. Vitamin A juga berfungsi menjaga integritas sel, selain itu berperan dalam sistem kekebalan dan kesehatan tulang [12][13]. Bahan pangan sumber beta karoten misalnya susu dan telur.
- c. Vitamin B1 (tiamin), B2 (riboflavin), B3 (niasin) dan B6 (piridoksin) berperan dalam mengatur pertumbuhan sel, membantu mengatur metabolisme serta menjaga fungsi kekebalan tubuh. Contoh bahan pangan sebagai sumber adalah kacang-kacangan, telur, ikan, produk olahan susu, daging unggas, dan biji-bijian utuh.
- d. Vitamin B5 (asam pantothenat) dan biotin berperan dalam mengatur metabolisme dan sintesis hormon. Asam pantothenat ini banyak terdapat pada lobster, kedelai dan jeroan, sedangkan hati, salmon, telur, susu dan produk olahannya merupakan sumber biotin.
- e. Vitamin B9 (folat) berperan membantu wanita dalam mengurangi risiko kelahiran bayi yang cacat otak atau urat saraf tulang belakang. Senyawa ini terdapat pada kacang polong, jeruk dan sayuran hijau.
- f. Vitamin C berperan dalam menetralkan radikal bebas yang dapat merusak sel, berperan dalam menjaga kesehatan tulang dan fungsi kekebalan. Bahan pangan sumber vitamin C adalah jambu biji, cabai, kiwi dan jeruk.
- g. Vitamin D, berfungsi membantu mengatur metabolisme kalsium dan fosfor, menjaga kesehatan tulang, membantu pertumbuhan sel dan menjaga kekebalan tubuh.
- h. Vitamin E, berfungsi menetralkan radikal bebas, meningkatkan fungsi kekebalan dan menjaga kesehatan jantung. Biji bunga matahari, almond dan hazelnut merupakan bahan pangan sumber vitamin E.
- i. Kalsium, berperan dalam mengurangi risiko osteoporosis. Bahan pangan yang banyak mengandung kalsium misalnya bayam, ikan, susu dan hasil olahannya

- j. Magnesium, berperan dalam menjaga fungsi otot dan syaraf normal, fungsi kesehatan dan kekebalan tulang. Bayam dan sereal (biji-bijian) merupakan bahan pangan yang banyak mengandung magnesium.
 - k. Kalium, berperan dalam mengurangi risiko tekanan darah tinggi dan stroke dikombinasikan asupan rendah garam. Bahan pangan sumber kalium diantaranya kentang, produk olahan susu, sereal, pisang dan kacang
 - l. Selenium, berperan dalam menetralkan radikal bebas yang dapat merusak sel dan meningkatkan fungsi kekebalan. Bahan pangan sumber selenium diantaranya ikan, daging merah, biji-bijian, hati dan telur.
- 3) Asam lemak tidak jenuh baik tunggal (*Monounsaturated Fatty Acid/MUFA*), maupun ganda (*Polyunsaturated Fatty Acids /PUFA*) serta asam linoleat terkonjugasi. Asam lemak tidak jenuh berperan dalam mengurangi risiko terjadinya penyakit jantung koroner, menjaga kesehatan mental dan fungsi pencernaan [14]. Asam linoleat terkonjugasi berperan dalam fungsi kekebalan tubuh. Contoh bahan pangan sumber asam lemak tidak jenuh adalah minyak zaitun serta beberapa jenis ikan laut seperti salmon dan ikan tuna; sedangkan asam linoleat terkonjugasi terdapat pada daging sapi, daging kambing serta keju.
 - 4) Polifenol dan isoflavon, yang terdiri dari senyawa-senyawa flavonoid (antosianin, flavonol, flavonon dan prosianida). Senyawa-senyawa tersebut berperan dalam menetralkan radikal bebas yang dapat merusak fungsi sel dan meningkatkan pertahanan antioksidan seluler serta menjaga fungsi otak [15]. Contoh bahan pangan sumber flavonoid adalah teh dan kakao.
 - 5) Prebiotik, yang terdiri senyawa inulin, frukto oligosakarida (FOS) dan polidekstroza. Senyawa prebiotik berfungsi meningkatkan kesehatan pencernaan dan penyerapan kalsium [16]. Bahan pangan sumber prebiotik antara lain biji-bijian, bawang putih dan madu.
 - 6) Gula alkohol (polyol). Termasuk dalam golongan ini adalah senyawa-senyawa gula alkohol (xylitol, sorbitol, manitol, laktitol) yang berperan dalam mengurangi risiko pembusukan gigi [17].
 - 7) Peptida dan protein tertentu, misalnya protein kedelai yang berfungsi mengurangi risiko penyakit jantung koroner [18].
 - 8) Bakteri asam laktat, misalnya *Lactobacillus* yang berperan dalam meningkatkan kesehatan pencernaan dan sistem kekebalan [16].
 - 9) Phytosterol, bisa terdapat dalam bentuk sterol bebas dan sterol ester, berperan dalam mengurangi risiko penyakit jantung koroner. Bahan pangan sumber sterol misalnya jagung, kedelai, gandum [18].

1.1.1.2. Jenis dan pembuatan pangan fungsional

Menurut [4], berdasarkan cara pembuatannya, pangan fungsional dapat dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu sebagai berikut.

- a) Pangan fungsional alami, yaitu pangan yang tersedia di alam dan tidak mengalami proses pengolahan, misalnya buah-buahan dan sayur-sayuran yang dimakan segar;
- b) Pangan fungsional tradisional, yaitu pangan fungsional yang diolah secara tradisional, misalnya: tempe, dadih dari susu kerbau, dan sebagainya; dan
- c) Pangan fungsional modern, yaitu pangan fungsional yang dibuat secara khusus dengan menggunakan perencanaan dan teknologi khusus.

Menurut [6] pangan fungsional dapat dibuat menggunakan beberapa pendekatan, yaitu sebagai berikut.

- 1) Menghilangkan komponen yang menyebabkan efek merugikan saat dikonsumsi;
- 2) Meningkatkan konsentrasi komponen yang secara alami terdapat dalam bahan makanan sampai pada kadar dimana dapat menghasilkan fungsi yang diinginkan (contoh: fortifikasi dengan zat gizi mikro untuk mencapai konsumsi harian yang lebih tinggi dari rekomendasi asupan yang dianjurkan tetapi sesuai dengan anjuran pedoman diet untuk mengurangi risiko penyakit) atau meningkatkan konsentrasi komponen non gizi pada tingkat yang diketahui dapat meningkatkan manfaat yang diinginkan;
- 3) Menambahkan komponen yang tidak umum terdapat pada sebagian besar bahan makanan, tidak selalu berupa zat gizi makro atau zat gizi mikro tetapi mempunyai efek yang telah terbukti menguntungkan;
- 4) Mengganti komponen, biasanya komponen zat gizi makro (contoh: lemak), yang umumnya dikonsumsi secara berlebihan sehingga dapat menyebabkan efek yang merugikan, diganti dengan komponen yang mempunyai efek menguntungkan bagi kesehatan; dan
- 5) Meningkatkan bioavailabilitas atau stabilitas dari komponen yang diketahui dapat menghasilkan efek fungsional atau menurunkan risiko yang merugikan dari bahan makanan.

Diketahuinya sifat fungsional bahan akan memudahkan dilakukannya perancangan produk pangan baru [1]. Sifat fungsional bahan pangan sangat ditentukan struktur molekul komponen bahan pangan, interaksi dan proses pengolahannya [6].

1.1.2. Yoghurt

Yoghurt merupakan produk yang diperoleh dari susu yang telah dipasteurisasi kemudian difermentasi dengan bakteri asam laktat sampai diperoleh keasaman, bau dan rasa yang khas, dengan atau tanpa penambahan bahan lain yang diizinkan [19]. Yoghurt memiliki bentuk mirip bubur atau es krim tetapi dengan rasa yang agak asam. Selain dibuat dari susu segar, yoghurt juga dapat dibuat dari susu skim (susu tanpa lemak) yang dilarutkan dalam air dengan perbandingan tertentu bergantung pada kekentalan produk yang diinginkan.

Selain susu hewani, belakangan ini yoghurt juga dibuat dari campuran susu sapi dengan susu nabati. Campuran susu sapi, baik yang lemak penuh atau yang lemaknya sudah dikurangi (susu skim) ini sering juga disebut dengan istilah Bio-yoghurt [20]. Beberapa penelitian Bio-yoghurt yang telah dilakukan antara lain dengan penambahan oligosakarida pati sagu [21], strawberry [22], dan kedelai [23]. Penambahan bahan-bahan prebiotik seperti pati sagu dan ekstrak kedelai tersebut menguntungkan yaitu dapat mempertahankan aktivitas bakteri probiotik selama penyimpanan yoghurt. Yoghurt juga dibuat dari ekstrak jagung yang ditambah kacang hijau dan ubi jalar, yang disebut sari jagung probiotik [24].

Produk fermentasi dari susu/sari bahan kacang-kacangan memiliki kekurangan salah satunya adalah mudah mengalami sineresis (terpisahnya cairan) dari struktur gel. Oleh karena itu diperlukan penambahan bahan penstabil [25]. Bahan penstabil diperlukan dalam proses pembuatan yoghurt untuk memperlembut tekstur, membuat struktur gel yang stabil dan mengurangi sineresis. Skim merupakan bahan pengental sekaligus dapat sebagai emulsifier, mudah melarut pada air dingin dan merupakan oligosakarida yang tergolong dalam prebiotik [26].

Menurut [27] persyaratan yoghurt adalah sebagai berikut: a) yoghurt yang dibuat dari susu skim harus memiliki kadar lemak maksimal 0,5%; b) yoghurt dengan sebagian skim harus memiliki kadar lemak minimal 0,5 % (b/b); c) penampilannya kental hingga semi padat; d) memiliki aroma dan rasa normal; e) kadar abu minimal 1,0%; f) jumlah asam laktat 0,5-2,0% (b/b); g) kandungan lemak susu minimal 3,0 %; h) berupa bahan kering tanpa lemak minimal 8,2%; j) bakteri yang digunakan berupa *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* atau beberapa bakteri asam laktat lain seperti *Leuconostoc messoroides*, *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacteria* dan species lainnya secara alami terdapat dalam susu atau sengaja ditambahkan sebagai kultur starter sebanyak 2-5%; k) suhu fermentasi optimum 42-45°C selama 3-6 jam, hingga dicapai pH 4,4 dan kadar asam tertitrasi 0,9-1,2 %.

Bahan penting yang diperlukan pada pembuatan yoghurt adalah starter. Starter merupakan mikroorganisme tak berbahaya pada medium steril (skim atau susu), yang digunakan untuk memproduksi keju dan susu fermentasi, yang dibutuhkan dalam jumlah banyak oleh industri susu dan berbagai industri pangan lainnya. Pada umumnya bakteri yang digunakan pada pembuatan yoghurt adalah campuran *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus* [28]. Saat ini, sudah ada yoghurt yang menggunakan *Bifidobacteria* dan *Lactobacillus acidophilus* [29]. Penggunaan *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus* secara bersama-sama dalam kultur starter yoghurt bersimbiosis dan meningkatkan efisiensi kerja kedua bakteri tersebut Selain menyebabkan tingkat produksi asam yang tinggi, *Streptococcus thermophilus* tumbuh lebih cepat dan menghasilkan asam dan karbondioksida. Format dan karbondioksida yang dihasilkan ini menstimulasi pertumbuhan *L.bulgaricus* [30]. Disamping itu, aktivitas proteolitik dari *Lactobacillus bulgaricus* juga menghasilkan peptide dan asam amino yang digunakan *Streptococcus thermophilus*.

Dalam proses pembuatan yoghurt, susu menggumpal disebabkan oleh derajat keasaman yang naik. Hal tersebut terjadi dengan kerja sama antara *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. *Streptococcus thermophilus* berperan terlebih dahulu dalam menurunkan pH sampai menjadi 5,0, disusul *Lactobacillus bulgaricus* yang menurunkan pH menjadi 4,0 [31]. Beberapa hasil fermentasi mikroba yang berperan dalam menentukan rasa produk adalah asam laktat, asetaldehid, asam asetat dan diasetil

Peran yoghurt sebagai pangan fungsional yaitu dapat menurunkan kadar kolesterol [32]. Selanjutnya yoghurt yang berasal dari susu skim dapat menurunkan kadar asam urat dan asam urat dalam metabolisme asam lemak [33]. Bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* memiliki efek probiotik yaitu mampu mencegah infeksi usus, infeksi saluran genital, menghambat terjadinya tumor, dan dapat menyerap kolesterol sehingga mengurangi kadar kolesterol dalam darah dan meningkatkan digesti laktosa. Peran bakteri asam laktat dalam memfermentasi susu dapat meningkatkan nilai gizi yoghurt, khususnya vitamin B-kompleks, di antaranya vitamin B1 (tiamin), vitamin B2 (riboflavin), vitamin B3 (niasin), vitamin B6 (piridoksin), asam folat, asam pantotenat, dan biotin [34]. Vitamin-vitamin tersebut membantu meningkatkan kesehatan system reproduksi, kekebalan tubuh, dan ketajaman fungsi berpikir.

Yoghurt terbuat dari susu yang merupakan suatu bentuk emulsi. Pada proses pembuatan emulsi dibutuhkan jenis emulsifier yang cocok dengan tujuan untuk memperoleh tipe emulsi yang diinginkan secara cepat dan ekonomis [35]. Konsentrasi emulsifier yang akan digunakan

untuk menstabilkan suatu emulsi tergantung pada tingkat kestabilan yang diinginkan dan jenis emulsifier yang digunakan. Tingkat kestabilan emulsi tersebut pada dasarnya sangat dipengaruhi oleh ukuran partikelnya, yaitu diameter partikel fase terdispersinya. Semakin kecil ukuran partikelnya, emulsi tersebut akan semakin stabil, karena luas permukaannya semakin besar, sehingga konsentrasi emulsifier yang dibutuhkan juga semakin besar.

Pengemulsi dapat dikelompokkan sesuai sumber dan jenis kimianya [36]. Zat pengemulsi alamiah, misalnya fosfolipid terutama lesitin yang banyak terdapat pada kacang-kacangan dan telur. Pengemulsi sintetik diturunkan dari poliol dan asam lemak atau lemak. Poliol yang sering dimanfaatkan misalnya gliserin, propilen glikol dan sorbitol. Asam lemak tersebut dapat berasal sumber nabati maupun hewani.

Menurut [36] pada saat penyimpanan terjadi perubahan-perubahan pada fase terdispersi emulsi yang dapat menurunkan kualitas emulsi. Beberapa karakter ketidakstabilan emulsi yang dapat terjadi adalah sebagai berikut.

a) *Creaming*.

Sedimentasi butir-butir teremulsi akibat gaya gravitasi, yang diperlihatkan oleh sistem emulsi berubah menjadi 2 lapisan [37]. Pada *creaming* tidak terjadi pemecahan emulsi, tetapi bila *creaming* yang terjadi diikuti dengan peningkatan ukuran partikel maka proses tersebut dapat menyebabkan pemecahan emulsi.

b) Flokulasi

Flokulasi adalah pengelompokan butiran-butiran menjadi gumpalan-gumpalan yang longgar dan tidak teratur [38]. Pengelompokan ini dapat dilarutkan melalui pengadukan atau pengocokan, yaitu apabila gaya-gaya antara butirannya lemah. Flokulasi bersifat dapat balik, yaitu dengan cara pengocokan.

c) *Coalescence*

Coalescence adalah penggabungan butir-butir emulsi yang kecil menjadi butir-butir yang lebih besar [36]. Hal ini terjadi setelah proses flokulasi yang bersifat tidak dapat balik. *Coalescence* disebabkan oleh pecahnya lapisan interfisial emulsifier.

1.1.3. Jagung manis

Jagung termasuk dalam kelompok serealia (bji-bijian) yang berasal dari tanaman keluarga rumput-rumputan (*Gramineae*). Komposisi gizi jagung bervariasi tergantung pada varietas, cara menanam, iklim dan tingkat kematangan. Komponen utama jagung adalah pati, kurang lebih 85% dari total pati terdapat pada endosperma [39]. Komponen karbohidrat lain adalah gula sederhana, yaitu glukosa, sukrosa dan fruktosa. Sebagai bahan pangan, jagung mempunyai keistimewaan

dibandingkan dengan tepung terigu karena tidak mengandung gluten sehingga cocok diolah menjadi produk untuk dikonsumsi oleh penderita alergi gluten dan autism [40].

Berdasarkan warna bijinya, jagung dibedakan menjadi dua macam yaitu jagung kuning dan jagung putih. Kedua jagung ini mempunyai nilai gizi yang relatif sama. Jagung kuning mengandung karotenoid yang sebagian besar terdapat dalam endosperm. Kandungan karotenoid pada biji jagung kuning terdiri atas betakaroten (22%) dan kriptosantin (51%) [41].

Selain jagung kuning dan putih, ada jenis jagung lain yaitu jagung manis. Adanya perubahan gen menyebabkan konversi gula menjadi pati dan biji mengakumulasi fitoglikogen (polisakarida yang larut dalam air) dan merubah tekstur pati yang menyebabkan rasa manis [42]. Jagung manis pada umumnya dikonsumsi dalam bentuk sayuran pada tahap awal. Kandungan gizi jagung manis dan jagung kuning biasa dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kandungan zat gizi jagung kuning dan jagung manis (tiap 100 g bahan)

Zat gizi	Jagung manis ¹⁾
Energi (cal)	96.0
Protein (g)	3,5
Lemak (g)	1.0
Karbohidrat (g)	22.8
Kalsium (mg)	3.0
Fosfor (mg)	111
Besi (mg)	0.7
Vitamin A (SI)	400
Vitamin C (mg)	12.0
Vitamin B (mg)	0.15
Air (g)	72.7

Sumber : [42]

1.1.4. Kacang hijau

Kacang hijau termasuk dalam kelompok kacang-kacangan yang merupakan sumber karbohidrat, protein, vitamin B, kalsium, fosfor, zat besi dan protein (Tabel 2). Kacang hijau merupakan sumber serat yang baik, yaitu dalam setiap 100 gram menyediakan 7,6 g serat yang terdiri dari campuran serat larut dan tidak larut air. Kacang hijau yang dikecambahkan juga merupakan sumber antioksidan berupa fitosterol (15 mg/100 g) yang berfungsi sebagai antioksidan [43].

Tabel 2 Nilai gizi kacang hijau

Komponen	Jumlah
Karbohidrat (g)	62,9
Protein (g)	22,85
Lemak (g)	1,2
Serat (g)	7,6
Abu (g)	3,6
Air (g)	10,
Kalsium (mg)	125
Kalium (mg)	266
Fosfor (mg)	320
Magnesium (mg)	204
Besi (mg)	11,34
Seng (mg)	1,88
Asam folat (mg)	159
Vitamin A (IU)	30,00
Asam lemak omega 3 (mg)	0,9
Asam lemak omega 6 (mg)	119

Sumber: [43]

1.2. Permasalahan

Yoghurt merupakan satu jenis pangan fungsional karena adanya komponen probiotik yaitu bakteri asam laktat yang bermanfaat dalam membantu meningkatkan kesehatan pencernaan. Pada umumnya, yoghurt dibuat dari susu sapi dengan cara fermentasi, tetapi yoghurt juga dapat dibuat dari bahan nabati [44]. Apabila terbuat dari bahan nabati, komponen fungsional dapat juga berasal dari kelompok senyawa lain seperti serat, oligosakarida dan sebagainya [45]. Yoghurt dari bahan nabati juga merupakan satu alternatif pangan fungsional bagi masyarakat, khususnya para vegetarian dan penderita *lactose intolerance*.

Alternatif susu nabati yang memiliki potensi untuk diolah menjadi yoghurt adalah susu jagung [24]. Kelebihan susu jagung dibandingkan dengan susu sapi atau susu kedelai adalah bahan bakunya mudah didapat dengan harga murah, tidak menyebabkan *lactose intolerance*, mengandung serat dan vitamin A tinggi serta rendah lemak. Susu jagung memiliki kelemahan yaitu rendah protein (3,12 %), dan adanya asam amino pembatas yaitu lysine [46]. Satu alternative sumber protein nabati untuk meningkatkan kadar protein adalah kacang hijau, yang mempunyai kadar protein 22 persen. Kacang hijau mempunyai kadar lysine cukup tinggi yaitu 595 mg sehingga penggabungan dengan jagung dapat melengkapi kandungan asam aminonya [47]. Keunggulan lain kacang

hijau yaitu memiliki kadar natrium sangat rendah, nyaris bebas lemak jenuh, serta bebas kolesterol. Kacang hijau juga merupakan sumber serat yang baik.

Penambahan prebiotik akan memberikan hasil sinergis pada yoghurt karena akan memberikan efek sinbiotik [48]. Pengaruh sinbiotik bagi tubuh adalah mengatur keseimbangan mikroflora usus sehingga membantu kesehatan pencernaan dan kekebalan tubuh, mencegah konstipasi, mengurangi risiko kanker kolon, menurunkan kolesterol dan memperbaiki rasio LDL dan HDL di dalam tubuh [49].

1.3. Metode pemecahan masalah

Formulasi yoghurt dari jagung dan kacang hijau atau yang selanjutnya akan disebut sebagai sari jagung probiotik merupakan satu alternatif pangan fungsional sumber prebiotik, probiotik dan beta karoten [24]. Pangan fungsional dapat memberikan manfaat apabila formulasinya tepat, disukai konsumen, umur simpan panjang serta layak dikonsumsi [50]. Sari jagung probiotik dapat dibuat dengan cara membuat formulasi yang tepat antara sari jagung dan kacang hijau serta mengetahui umur simpan serta pengemasan yang tepat [51].

1.4. Temuan kebaruan

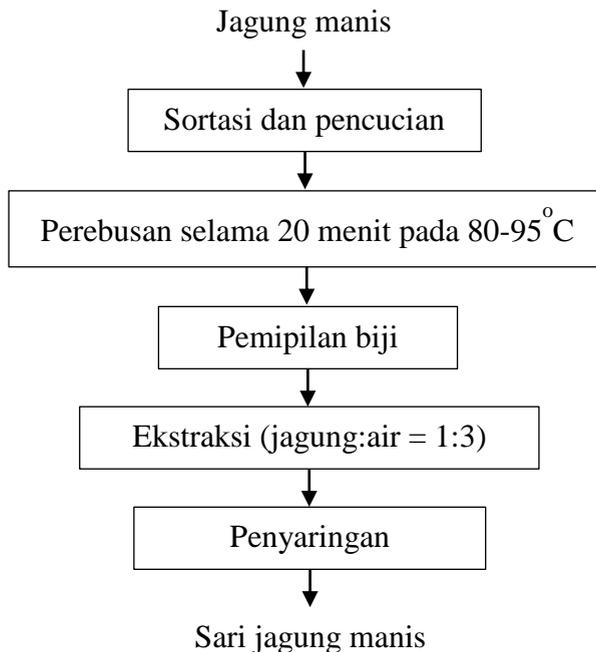
Formulasi sari jagung probiotik dan kacang hijau sebagai alternatif pangan fungsional yang mengandung beberapa komponen fungsional yaitu prebiotik, probiotik dan beta karoten merupakan satu temuan kebaruan yang menambah khasanah ilmu pengetahuan dan teknologi.

BAB 2. METODE DAN KARAKTERISASI

Pembuatan sari jagung probiotik hijau dimulai dari pembuatan ekstrak (sari) jagung. Dalam hal ini sari jagung yang dimaksud sini adalah campuran antara ekstrak jagung manis dan ekstrak kacang hijau [51]. Pada pembuatan sari jagung, dicari formula terbaik antara ekstrak jagung manis dan ekstrak kacang hijau, termasuk penambahan bahan penstabil.

2.1. Pembuatan sari jagung

Pembuatan sari jagung diawali dengan pembuatan ekstrak jagung manis[24]. Cara pembuatan ekstrak jagung manis adalah jagung manis hasil sortasi dicuci bersih (bebas dari kotoran) kemudian direbus selama ± 20 menit atau hingga matang, dilanjutkan dengan proses pemipilan biji. Jagung manis pipil kemudian dihancurkan menggunakan *blender* dengan penambahan air dengan rasio jagung manis : air 1:3. Bubur jagung manis yang dihasilkan kemudian disaring menggunakan kain saring. Cara pembuatan ekstrak jagung manis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Proses pembuatan ekstrak jagung manis

Sumber: [24]

Cara pembuatan ekstrak kacang hijau menurut [52] adalah biji kacang hijau dipisahkan dari kotoran dan dibersihkan kemudian direndam dengan air selama 8 jam. Setelah itu, kacang hijau direbus selama 30 menit hingga mendidih. Lalu, kacang hijau dihancurkan dengan *blender* menggunakan air panas. Perbandingan air dengan kacang hijau adalah 4:1. Selanjutnya, disaring dengan menggunakan kain saring. Untuk membuat sari jagung sebagai bahan baku sari jagung probiotik dilakukan dengan cara menambahkan sari jagung manis dan sari kacang hijau dengan perbandingan tertentu [24].

2.2. Pembuatan starter

Starter dibuat dari starter komersial (Yogurtmet) yang berbentuk bubuk. Menurut [24], pembuatan sari jagung probiotik dilakukan dengan tahap-tahap peremajaan dengan membuat turunan F1, F2 dan F3. Pembuatan starter F-1 dilakukan dengan melarutkan 250 g susu skim ke dalam 500 ml aquades 43°C. Setelah skim tercampur dengan rata, dimasukkan 2,5 g kultur yogurtmet dan dicampur sampai homogen. Starter diinkubasi dalam inkubator dengan suhu 37°C selama 8 jam sampai menggumpal sehingga terbentuk starter F-1.

Setelah terbentuk starter F-1, kemudian dibuat starter F-2. Pembuatan starter F-2 dilakukan dengan melarutkan 80 g skim ke dalam 800 ml aquades 43°C. Setelah skim tercampur dengan rata, dimasukkan 80 ml starter F-1, kemudian dihomogenisasi. Tahap selanjutnya adalah inkubasi pada 37°C selama 8 jam sehingga terbentuk starter F-2. Pembuatan starter F-3 dilakukan dengan melarutkan 80 g susu skim dalam 800 ml aquades bersuhu 43°C. Setelah susu skim tercampur merata, dimasukkan 80 ml starter F-2, dan dicampur sampai homogen. Starter F-3 ini diinkubasi pada suhu 37°C selama 8 jam sebelum digunakan [24].

2.3. Pembuatan sari jagung probiotik

Proses pembuatan sari jagung probiotik menurut [24] diawali dengan pencampuran sari jagung, sari kacang hijau, gula pasir (15% b/v), susu bubuk skim (15 % b/v) dan gum arab 1%. Campuran tersebut dipasteurisasi pada suhu 70°-80°C selama 15 menit, kemudian didinginkan sampai suhunya 40-43°C. Campuran tersebut kemudian diinokulasi menggunakan starter F-3 yang dilakukan secara aseptis. Campuran dihomogenisasi, kemudian dilanjutkan dengan proses inkubasi selama 12 jam pada suhu 37°C. Sari jagung probiotik yang dihasilkan kemudian dikemas sampai dilakukan analisa (Gambar 2).



Gambar 2 Sari jagung probiotik
(Sumber: dokumen pribadi)

2.4. Penyimpanan sari jagung probiotik

Penyimpanan sari jagung probiotik bertujuan mengetahui umur simpannya yang dilakukan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Test* pendekatan Arrhenius [53]. Metode ini terdiri dari dua tahap yaitu meneliti perubahan kualitas selama penyimpanan dan penetapan umur simpan.

Sari jagung probiotik dikemas dengan beberapa kemasan yaitu kemasan botol *polyethylene tereftalate* (PET), kemasan botol *high density polyethylene* (HDPE), kemasan botol kaca serta kemasan cup *polypropylene* (PP) bening dan berwarna, selanjutnya disimpan pada 3 suhu yang berbeda yaitu 5°C, 10°C, dan 15°C [53][54]. Perubahan kadar protein, bakteri asam laktat, total asam, viskositas, tingkat keasaman (nilai pH), dan parameter sedangkan variable sensoris diamati setiap 7 hari sekali selama 21 hari. Selanjutnya, data yang diperoleh dibuat grafik hubungan antara waktu dengan variabel untuk masing-masing suhu penyimpanan. Dari grafik tersebut diperoleh nilai k untuk masing-masing suhu penyimpanan. Nilai k adalah slope dari masing-masing grafik tersebut. Setelah itu, dengan membuat grafik hubungan antara $1/T$ dengan $\ln k$, maka diperoleh nilai E_a (energi aktivasi) dan A (konstanta

Arrhenius). Kinetika penurunan mutu ditentukan dengan menggunakan pendekatan persamaan Arrhenius: $\ln k = \ln A - E_a / R \cdot 1 / T$ [55]

Umur simpan ditentukan dengan menggunakan pendekatan kinetika kemunduran mutu Arrhenius [55]. Reaksi kemunduran mutu orde nol (kecepatan tetap) dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$A = A_0 - k \cdot T_s$$

Dengan A_0 = harga awal parameter

A = harga yang tertinggi setelah waktu t

k = konstanta

t_s = umur simpan (hari atau bulan atau tahun)

Sedangkan reaksi kemunduran mutu orde satu (kecepatan tidak tetap) dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\ln (A / A_0) = - k \cdot T_s$$

BAB 3. SARI JAGUNG

Susu jagung atau sari jagung merupakan salah satu produk alternatif bagi penderita *lactose intolerant*. Sari jagung juga aman untuk di konsumsi oleh penderita penyakit jantung dan diabetes karena jagung mengandung fruktosa, bukan glukosa. Kadar karbohidrat dalam sari jagung dipengaruhi oleh varietas jagung, jumlah air yang ditambahkan, jangka waktu dan kondisi penyimpanan, kehalusan penggilingan, serta perlakuan panas. Sari jagung memiliki kandungan gizi yang tinggi, dalam 100 ml sari jagung mengandung air 72,20 % , protein 1,92 gram, karbohidrat 22,80 gram, dan lemak 1,00 gram, kalsium 3,00 mg, besi 0,70 mg, vitamin A 400,00 SI, vitamin B 1,70 mg, vitamin C 12,00 mg, fosforus 111,00 mg, riboflavin 0,12 mg, dan thiamin 0,25 mg [56].

Dalam pembuatan sari jagung, terdapat beberapa jenis penstabil yang dapat digunakan seperti susu skim, CMC, gelatin, gum arab, maltodekstrin [57]. Susu skim merupakan salah satu produk olahan susu yang sering kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari. Susu skim merupakan komponen susu sesudah krim diambil sebagian atau seluruhnya [58]. Susu skim memiliki padatan total 96,81%, dengan kadar protein 34,11%, kadar lemak 1,33%, dan kadar air 3,19%. Dengan kadar padatan total yang tinggi maka susu skim dapat ditambahkan jika komoditi susu memiliki padatan total di bawah standar yang ditetapkan pabrik. Terdapat 3 jenis susu bubuk susu skim yaitu: kelompok *Low Heat* (LH) yang diproduksi dengan suhu 75°C selama 20 detik, *Medium Heat* (MH) yang diproduksi pada suhu 85-105°C selama 1-2 menit, dan *High Heat* (HH) yang diproduksi pada suhu 120-135°C selama 2-3 menit [59].

Pada pembuatan sari jagung ditambahkan susu skim untuk meningkatkan kadar protein. Susu skim dapat digunakan oleh orang yang menginginkan nilai kalori rendah didalam makanannya, karena susu skim hanya mengandung 55% dari seluruh energi susu, dan susu skim milk juga digunakan dalam pembuatan keju rendah lemak dan yoghurt [60].

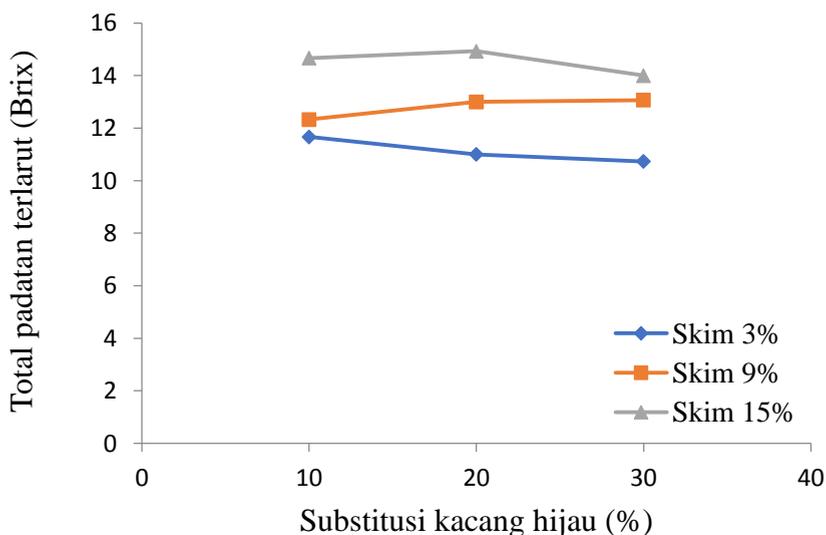
Karakterisasi sari jagung penting dilakukan untuk mengetahui sifat sari jagung sebagai bahan baku sari jagung probiotik. Sifat yang perlu diketahui meliputi total padatan, viskositas, kadar protein, kadar lemak dan sifat sensoris.

3.1. Karakteristik sari jagung

3.1.1. Total padatan terlarut

Total padatan terlarut menunjukkan kadar padatan yang terlarut dalam bahan. Peningkatan jumlah susu skim yang digunakan meningkatkan jumlah padatan yang terlarut pada sari jagung manis [52]. Total padatan terlarut pada sari jagung manis berasal dari penguraian protein menjadi molekul sederhana dan larut dalam air seperti asam amino dan pepton, pemecahan karbohidrat serta pemecahan lemak menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Komponen padatan terlarut selain pigmen, asam-asam organik dan protein adalah sukrosa.

Peningkatan konsentrasi bahan penstabil berbanding lurus dengan peningkatan nilai total padatan terlarut. Semakin tinggi konsentrasi bahan penstabil, maka total padatan terlarut semakin tinggi (**Error! Reference source not found.**). Nilai rata-rata total padatan terlarut pada konsentrasi bahan penstabil yang berbeda berkisar antara 11,13 – 14,77°Brix. Total padatan terlarut tertinggi terdapat pada penambahan (konsentrasi bahan penstabil 15%) sebesar 14,77° Brix. Menurut [61] semakin banyak bahan padatan yang ditambahkan maka nilai total padatan terlarut akan semakin meningkat karena terjadi pemecahan senyawa menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana sehingga total padatan akan semakin meningkat.



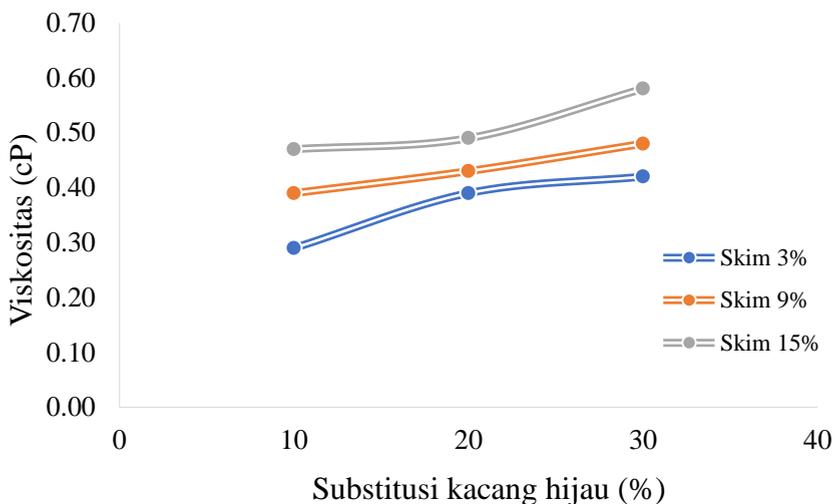
Gambar 3 Total padatan terlarut sari jagung manis dengan variasi substitusi kacang hijau dan penambahan susu skim

Sumber [52]

Berdasarkan SNI 01-3830-1995, nilai padatan terlarut pada susu minimal adalah 11,5 °Brix. Penambahan susu skim 3% belum memenuhi standar padatan terlarut karena masih di bawah 11,5°Brix, sedangkan pada penambahan susu skim 9 dan 12% menghasilkan sari jagung manis sesuai SNI [52].

3.1.2. Viskositas

Viskositas merupakan hambatan yang menahan aliran zat cair secara molekuler karena adanya gerakan acak dari molekul zat cair tersebut [62] Viskositas menunjukkan tingkat kekentalan suatu produk. Viskositas sari jagung merupakan faktor penting karena susu jagung merupakan produk cair dimana tingkat keenceran atau kekentalannya sangat mempengaruhi penilaian sensori konsumen. Semakin banyak jumlah kacang hijau dan susu skim yang ditambahkan, viskositas semakin meningkat (Gambar 4). Menurut [63], viskositas susu sangat dipengaruhi oleh bahan padat dan suhu pemasakan. Penambahan 10-30% sari kacang hijau mengakibatkan banyaknya bahan padatan terlarut pada sari jagung manis. Kacang hijau merupakan salah satu bahan nabati yang mengandung pati yang cukup tinggi, yaitu sekitar 61-62% bk [64]. Pati sangat mempengaruhi viskositas karena pati dapat mengalami gelatinisasi apabila mendapatkan perlakuan panas sehingga dengan penambahan kacang hijau maka akan meningkatkan viskositas



Gambar 4 Viskositas sari jagung manis hasil interaksi penambahan kacang hijau dan susu skim
Sumber [52]

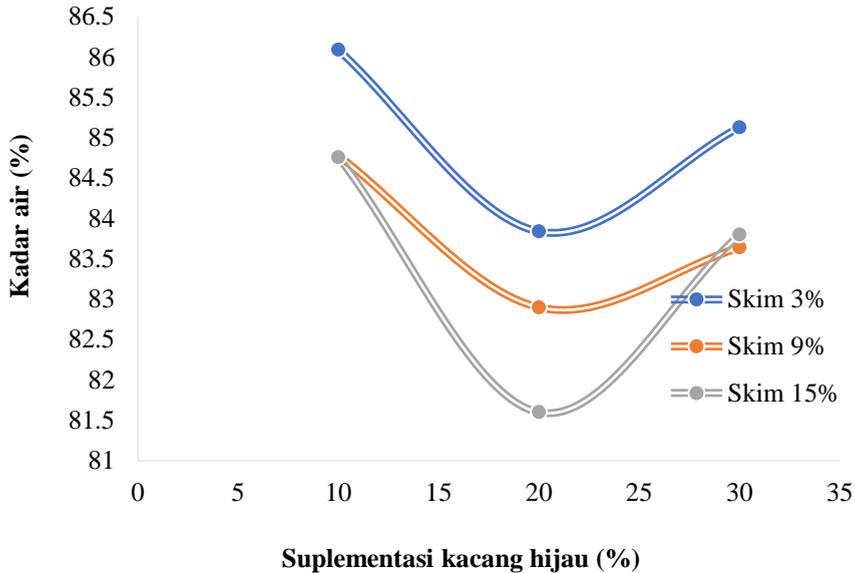
Penambahan susu skim juga meningkatkan viskositas sari jagung manis karena total padatan pada susu skim tinggi (Gambar 4). Menurut [65], peningkatan padatan terlarut akan meningkatkan viskositas pada konsentrat susu skim. Hasil ini juga sesuai dengan [66] yang menyatakan bahwa penambahan susu skim meningkatkan viskositas yoghurt yang dihasilkan.

3.1.3. Kadar air

Air merupakan komponen penting dalam bahan makanan karena mempengaruhi penampilan, tekstur, serta cita rasa makanan. Kandungan air dalam bahan makanan menentukan daya terima, kesegaran, dan umur simpan [67]. Air tidak termasuk komponen gizi, akan tetapi perannya sangat penting, diantaranya pada metabolisme zat gizi yang lain. Pada bahan pangan, air berperan sebagai pelarut beberapa komponen, disamping sebagai bahan pereaksi. Menurut [68], air dapat ditemukan sebagai air bebas dan air terikat. Air bebas dapat dengan mudah hilang apabila terjadi penguapan atau pengeringan, sedangkan air terikat sulit dibebaskan dengan cara tersebut. Air yang terikat dapat berupa ikatan fisik, yaitu pada sistem kapiler dan ikatan kimia, antara lain air kristal dan air yang terikat dalam sistem dispersi.

Sari jagung merupakan produk cair yang banyak mengandung air. Bahan penstabil yang digunakan akan meningkatkan berat/volume komponen yang terkandung dalam sari jagung. Bahan penstabil ini dapat memerangkap air atau komponen lain seperti protein sehingga dapat berikatan dengan komponen yang mengandung air dan protein. Hal tersebut mengakibatkan komponen tetap stabil saat dipanaskan dan tidak mengalami kerusakan. Adanya bahan penstabil seperti susu skim akan membentuk ikatan kompleks antara protein dan air. Air yang terjebak oleh polisakarida dapat berikatan dengan protein melalui ikatan hidrogen [69].

Semakin tinggi konsentrasi susu skim yang ditambahkan, semakin rendah kadar air sari jagung manis (Gambar 5). Menurut [70], apabila suatu larutan mengandung penstabil dipanaskan kemudian didinginkan, maka akan terbentuk gel. Gel terbentuk antara molekul penstabil yang membentuk ikatan *double helix* dan membuat air terperangkap diantara polimer sehingga molekul air yang terikat oleh penstabil akan sulit menguap. [71] juga menyatakan bahwa zat penstabil berfungsi sebagai pembentuk selaput yang berukuran mikro untuk mengikat molekul lemak, air dan udara. Dengan demikian air tidak akan mengkristal dan lemak tidak akan mengeras. Zat penstabil juga bersifat mengentalkan adonan, sehingga selaput-selaput pada bahan bisa stabil.

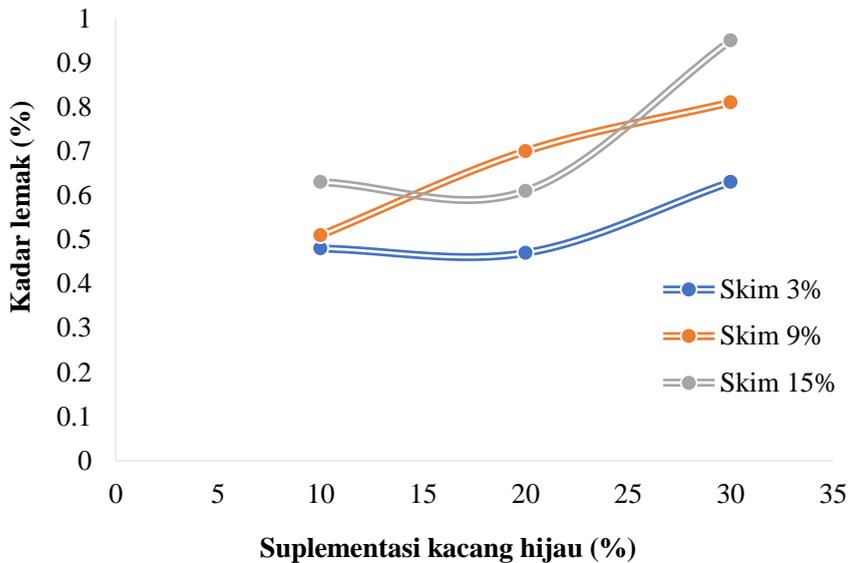


Gambar 5 Kadar air sari jagung manis yang dipengaruhi suplementasi kacang hijau dan susu skim
Sumber [52]

Mekanisme penurunan kadar air karena meningkatnya konsentrasi bahan penstabil juga disebabkan semakin meningkatkan jumlah air yang terikat, sehingga menurunkan kadar air. Menurut [72], air yang sebelumnya berada di luar bebas bergerak, dengan adanya bahan penstabil maka tidak dapat bergerak bebas lagi karena terserap dan terikat oleh penstabil. Hal ini didukung oleh [73] yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi bahan penstabil yang ditambahkan semakin banyak air yang terikat, dan akan meningkatkan viskositas.

3.1.4. Kadar lemak

Kadar lemak sari jagung diinginkan memenuhi standar SNI susu kedelai (SNI 01-3830-1995) yaitu minimal sebesar 0,30, dan hal ini bisa terpenuhi. Semakin tinggi susu skim yang ditambahkan maka kadar lemak susu jagung manis yang dihasilkan akan semakin tinggi (Gambar 6). Walaupun susu skim memiliki kadar lemak lebih rendah dari susu full krim, tetapi masih memiliki kadar lemak, sehingga semakin tinggi penambahan susu akan meningkatkan kadar lemaknya. Hal ini juga sesuai dengan [74] bahwa tingginya konsentrasi susu skim akan meningkatkan kadar lemak pada keju.



Gambar 6 Kadar lemak sari jagung manis yang dipengaruhi suplementasi kacang hijau dan susu skim
Sumber : [55]

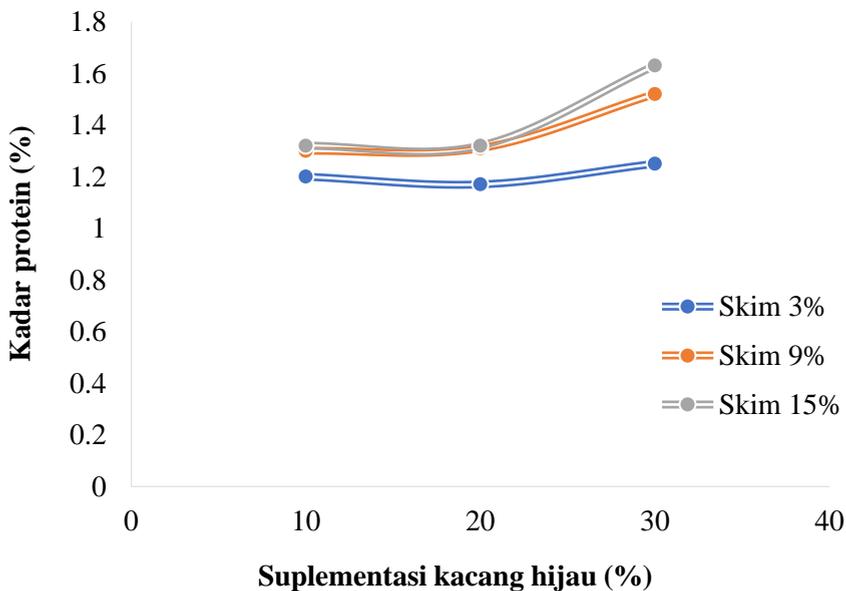
Semakin tinggi suplementasi kacang hijau juga meningkatkan kadar lemak pada sari jagung (Gambar 6). Kacang hijau memiliki kadar lemak yang rendah yaitu 1,6 % [75]. Akan tetapi penambahan kacang hijau tetap meningkatkan kadar lemak dari sari jagung manis. Hal ini sesuai dengan [76], bahwa pada pembuatan kerupuk, penggantian sebagian tepung tapioca dengan tepung kacang hijau akan meningkatkan kadar lemaknya.

Dalam penelitian ini kadar lemak sari jagung manis kurang dari 1,0 sehingga sehingga sari jagung manis tersebut dapat dikonsumsi untuk orang yang sedang mengatur pola makan untuk menurunkan berat badannya. Rendahnya lemak yang terkandung dalam sari jagung manis ini dikarenakan jagung manis memiliki kandungan lemak rendah, yaitu 1% [64].

3.1.5. Kadar protein

Protein berfungsi sebagai zat pembangun dan pengatur pada tubuh. Kadar protein pada sari jagung sangat penting, karena diharapkan dapat sebagai alternatif untuk mensubstitusi susu sapi yang memiliki kadar protein tinggi. Jagung manis hanya memiliki kadar protein rendah yaitu 3,5% sehingga diperlukan sumber protein agar sari jagung manis memiliki kadar protein tinggi. Adanya penambahan kacang hijau dapat

meningkatkan kadar protein sari jagung manis (Gambar 7). Kacang hijau merupakan salah satu sumber protein nabati dengan kadar protein sebesar 20,7 gram dalam 100 gram bahan [64].



Gambar 7 Kadar protein sari jagung manis yang dipengaruhi suplementasi kacang hijau dan susu skim
Sumber: [52]

Semakin banyak jumlah susu skim yang ditambahkan, kadar protein semakin meningkat (Gambar 7). Hal ini disebabkan meningkatnya kadar protein sesuai jumlah susu skim yang ditambahkan. Menurut [77], susu skim memiliki kadar protein 37,4%. Proses perendaman dan pengupasan pada kacang hijau dapat mengakibatkan turunnya kadar protein kacang hijau. Sebagian besar (85-95%) protein kacang-kacangan terdiri dari globular larut air, sehingga diduga banyak protein kacang hijau yang ikut terlarut bersama air rendaman [64].

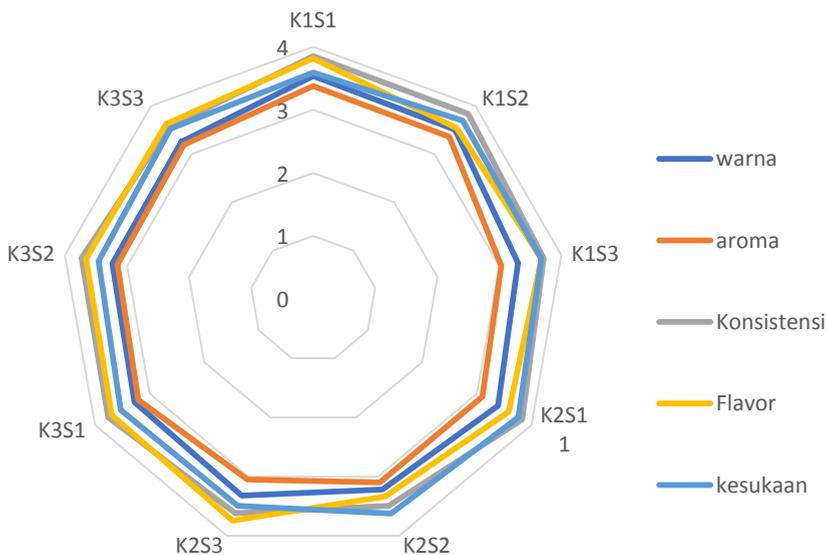
3.1.6. Sifat sensori

Produk pangan yang berkualitas tidak hanya dilihat dari nilai gizinya saja, tetapi juga sifat sensorinya. Pengujian sensori sangat berkaitan dengan penerimaan panelis terhadap produk pangan tersebut [78]. Sifat sensoris dapat diuraikan menjadi atribut-atribut sensoris yang

lebih rinci. Warna dapat diuraikan menjadi warna merah, kuning, hijau dan lain-lain serta intensitas warna. Tekstur dapat diuraikan menjadi atribut-atribut tekstur seperti kekerasan, kelengketan, kealotan, kegetasan, dan lain-lain.

Sari jagung manis memiliki warna kuning keputihan hingga putih [57]. Warna kuning pada susu jagung disebabkan adanya karotenoid dalam jagung. Karotenoid merupakan kelompok pigmen yang berwarna kuning, orange, atau merah orange, mempunyai sifat larut dalam lemak atau pelarut organik, tetapi tidak larut dalam air [79]. Pigmen karotenoid dapat tercampur dengan bahan larut air menjadi koloid setengah padat yang kompak dengan adanya bahan penstabil.

Semakin besar konsentrasi susu skim menyebabkan warna semakin putih (Gambar 8). Susu skim yang digunakan merupakan susu skim yang memiliki warna putih dan sangat berpengaruh terhadap warna produk yang dihasilkan. Susu skim sebagai bahan penstabil dapat mengakibatkan terbentuknya gugus hidrofilik yang akan memerangkap bahan non polar. Menurut [69], hal ini berkaitan dengan perubahan warna sari jagung manis yang dihasilkan.



Gambar 8 Sifat sensoris sari jagung yang dipengaruhi konsentrasi kacang hijau dan susu skim

Sumber: [57]

Aroma produk pangan timbul karena adanya zat yang bersifat *volatile* (mudah menguap). Aroma juga dapat merupakan indikator kerusakan produk, misalnya karena penyimpanan yang kurang baik. Kerusakan aroma dapat dilihat dari adanya *off flavor* pada produk [80]. Pada produk pangan, hasil pengujian aroma dapat menentukan penerimaan produk oleh konsumen.

Pada sari jagung manis, bahan utama yang mempengaruhi aroma adalah jagung manis dan kacang hijau. Penambahan kacang hijau menyebabkan adanya bau agak langu sehingga dapat menutupi aroma khas jagung. Hal ini selaras dengan [81] yang menyatakan bahwa kacang hijau berperan dalam memberikan aroma yang cukup langu sehingga dapat mempengaruhi kualitas aroma sari produk. Bau langu tersebut disebabkan oleh kerja enzim lipoksigenase. Enzim lipoksigenase akan memecah lemak menghasilkan senyawa-senyawa volatil terutama etil-fenil-keton [82]. Pada pembuatan sari jagung manis, penambahan susu skim yang bervariasi tidak mempengaruhi aroma sari jagung manis [57].

Tekstur suatu bahan pangan akan mempengaruhi penerimaan sifat sensori yang lain, terutama flavor. Tekstur untuk bahan pangan cair atau semi padat biasa dinyatakan sebagai konsistensi [83]. Konsistensi sari jagung berkaitan dengan kelembutan, kekentalan dan karakteristik saat diminum. Produk pangan yang encer akan mudah ditelan, sedangkan apabila terlalu kental produk menjadi sulit ditelan dan sulit mengalir. Semakin besar konsentrasi susu skim dan kacang hijau, semakin kental sari jagung yang dihasilkan (Gambar 8).

Susu sapi yang kita konsumsi berbentuk cair dan mudah ditelan [84], dan ini yang dikehendaki pada sari jagung sebagai pensubstitusi susu sapi. Semakin tinggi konsentrasi kacang hijau mengakibatkan semakin besar padatan terlarut, sehingga sari jagung semakin kental. Demikian juga semakin besar konsentrasi susu skim, meningkatnya penambahan kacang hijau menyebabkan semakin banyak padatan yang terlarut dalam sari jagung sehingga produk lebih kental. Konsentrasi susu skim juga berpengaruh terhadap tingkat kekentalan sari jagung manis yang dihasilkan. Semakin meningkatnya konsentrasi susu skim menyebabkan sari jagung manis yang dihasilkan semakin kental (Gambar 8).

Flavor merupakan perpaduan atribut rasa dan aroma, jadi pengujian flavor sari jagung digunakan untuk mengetahui kualitas rasa dan aroma sari jagung yang dihasilkan. Menurut [85], flavor atau citarasa sebagai rangsangan yang ditimbulkan oleh bahan yang dimakan, yang dirasakan oleh indera pengecap maupun pembau, serta rangsangan lain seperti perabaan dan penerimaan derajat panas oleh mulut.

Flavor sari jagung merupakan perpaduan tiga bahan utama penyusunnya yaitu jagung manis, susu skim, dan kacang hijau. Semakin

banyak susu skim dan kacang hijau yang ditambahkan mengakibatkan flavor jagung manis menjadi kurang dominan. Sari jagung yang ditambahkan bahan tambahan dengan jumlah lebih sedikit lebih disukai karena citarasa jagung manis lebih dominan (Gambar 8). Semakin banyak kacang hijau yang ditambahkan, flavor sari jagung menjadi kurang enak, karena kacang hijau memiliki rasa lebih kuat sehingga menutupi rasa khas jagung manis [52]. Semakin besar konsentrasi susu skim mengakibatkan flavor sari jagung menyerupai susu sapi yang agak amis sehingga kurang disukai flavornya. Flavor sari jagung yang diinginkan adalah yang memiliki flavor khas jagung yang kuat dan tidak ada atau sedikit flavor bahan tambahan yang digunakan.

Kesukaan panelis terhadap sari jagung dipengaruhi oleh semua parameter sensori (warna, aroma, flavor, dan konsistensi) [86]. Semakin banyak kacang hijau yang ditambahkan, maka pengaruh kacang hijau semakin dominan sehingga sari jagung yang dihasilkan hampir mirip dengan susu kedelai. Hal ini mengakibatkan kesukaan konsumen semakin menurun dengan semakin meningkatnya konsentrasi kacang hijau (Gambar 8). Demikian juga semakin besar konsentrasi susu skim yang ditambahkan mengakibatkan sari jagung memiliki sifat yang mirip dengan susu sapi [52]. Semakin besar konsentrasi susu skim dan kacang hijau mengakibatkan sari jagung yang dihasilkan menjadi kurang disukai.

3.2. Perbandingan sari jagung dengan susu kedelai

Untuk memilih sari jagung terbaik yang dibandingkan dengan susu kedelai dan yang akan digunakan pada pengujian preferensi konsumen digunakan metode *Multiple Attribute*. Menurut [87], metode *multiple attribute* digunakan untuk menentukan perlakuan terbaik pada semua susu jagung yang dibuat berdasarkan parameter-parameter yang telah diuji sebelumnya [52] sehingga didapat sari jagung dengan formula dan karakter diinginkan. Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan bahwa sari jagung terpilih adalah dengan penambahan susu skim 3% dan kacang hijau 20%. Hasil tersebut dibandingkan dengan susu kedelai sebagai susu nabati yang sudah dikenal di Indonesia (Tabel 3).

Berdasarkan hasil pengujian perbedaan antara susu kedelai dengan sari jagung terdapat perbedaan pada sifat sensori, viskositas dan kadar protein. Perbedaan tersebut terutama pada sifat sensori, yaitu terdapat perbedaan aroma sari jagung yang memiliki aroma khas jagung manis dengan susu kedelai yang memiliki aroma khas kedelai. Secara visual, pada warna juga berbeda, yaitu sari jagung berwarna yang agak kuning sedangkan susu kedelai berwarna putih. Kekentalan susu jagung (3,23) lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan susu kedelai (2,16). Perbedaan kekentalan karena pada pembuatan susu kedelai ditambahkan lebih banyak air.

Tabel 3 Perbandingan antara sari jagung dan susu kedelai

Parameter	Susu Jagung	Susu Kedelai
Viskositas (cP)	27,9	7,92
Padatan terlarut (^o Brix)	11,7	11,2
Lemak (%)	0,643	0,80
Protein (%)	1,69	2,98
Warna	2,8 (kuning keputihan)	1,1 (putih)
Aroma	4,0 (khas jagung)	1,05 (khas kedelai)
Konsistensi	2,5 (agak kental)	2,2 (kurang kental)
Flavor (citarasa)	3,85 (enak)	3,6 (enak)
Kesukaan	3,72 (suka)	3,55 (suka)

Sumber [52]

Padatan terlarut sari jagung lebih tinggi dibandingkan dengan susu kedelai. Menurut [65] total padatan susu kedelai sebesar 8,5%, yang meliputi kadar protein 3,6%; kadar lemak 2,0% dan karbohidrat 2,9%. Menurut SNI 01-3830-1995, syarat total padatan minimal yang terkandung dalam susu kedelai adalah 11,5 ^oBrix sehingga total padatan sari jagung manis yang dihasilkan telah memenuhi standar minimal SNI 01-3830-1995 [52]. Padatan terlarut sari jagung lebih tinggi dibandingkan susu kedelai disebabkan pada pembuatan sari jagung menggunakan bahan padat yang lebih banyak yaitu jagung manis, kacang hijau, susu skim, dan gula pasir. Pada pembuatan susu kedelai hanya digunakan kedelai dan gula pasir sehingga padatan terlarut lebih rendah.

Viskositas sari jagung (27,90 cP) lebih besar dibandingkan dengan susu kedelai (7,92 cP) berarti sari jagung lebih kental dibandingkan dengan susu kedelai. Viskositas sari jagung lebih tinggi dibandingkan susu kedelai karena padatan terlarutnya lebih tinggi (Tabel 3). Hal ini sesuai dengan [83] bahwa pada yoghurt es krim, kadar padatan terlarut yang lebih tinggi mengakibatkan kekentalan lebih tinggi.

Kadar protein sari jagung (1,69%) di bawah kadar protein susu kedelai (2,98%). Hal ini karena kadar protein dalam kedelai lebih besar apabila dibandingkan dengan sari jagung manis yang diberi penambahan kacang hijau 10%. Kedelai memiliki kadar protein yang tinggi, hampir sama dengan susu skim. Protein nabati memiliki keunggulan yaitu tidak menimbulkan alergi dan memiliki susunan asam amino esensial paling lengkap serta mirip dengan susu sapi. Oleh karena itu protein nabati dapat digunakan sebagai alternative sumber protein terutama pada penderita *lactose intolerance*. Selama ini yang banyak digunakan sebagai alternative susu nabati adalah susu kedelai yang memiliki kadar protein 23%. Adanya sari jagung atau susu jagung ini dapat menjadi alternative susu nabati selain susu kedelai. Menurut SNI 01-3830-1995, kadar protein minimal dalam susu kedelai adalah 1,0 dan pada susu jagung

manis dihasilkan kadar protein sebesar 1,69 sehingga untuk kadar protein susu jagung manis dalam penelitian ini telah memenuhi standar minimal yang ditetapkan SNI 01-3830-1995.

Kadar lemak susu jagung hampir sama dengan susu kedelai. Susu jagung memiliki kadar lemak 0,643 %, sedangkan susu kedelai 0,80 [52]. Kadar lemak pada jagung manis sebesar 1,0 % [88], sedangkan pada kedelai 2,0 % . Kadar lemak pada susu kedelai lebih tinggi dibandingkan dengan susu jagung sehingga susu jagung lebih rendah lemak dan aman untuk dikonsumsi untuk penderita kolesterol atau untuk yang sedang diet. Menurut standar SNI, kadar lemak minimal pada susu kedelai adalah 0,30. Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa susu jagung telah memenuhi standar SNI 01-3830-1995 [57].

Hasil pengujian sensori menunjukkan perbedaan aroma sari jagung manis dengan susu kedelai [52]. Sari jagung memiliki aroma khas jagung dengan skor lebih tinggi (4,0) dibandingkan susu kedelai dengan aroma khas kedelai (skor 1,05). Warna yang sangat berbeda antara kedua produk susu. Sari jagung manis memiliki warna kuning keputihan sedangkan susu kedelai memiliki warna yang putih. Kekentalan sari jagung (3,23) lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan susu kedelai (2,16). Hal ini terjadi karena penambahan air pada pembuatan susu kedelai (1:10) lebih banyak apabila dibandingkan dengan sari jagung (1:2).

Sari jagung memiliki flavor lebih tinggi (3,85) dibandingkan susu kedelai (3,6). Dari sisi kesukaan, sari jagung juga lebih disukai (3,72) dibandingkan susu kedelai (3,55) [52]. Hal tersebut menunjukkan bahwa kesukaan panelis terhadap sari jagung dipengaruhi oleh aroma, flavor dan konsistensi. Berdasarkan hasil tersebut, sari jagung manis ini dapat digunakan sebagai alternatif untuk konsumsi masyarakat dalam memenuhi kebutuhan susu nabati karena disukai oleh panelis.

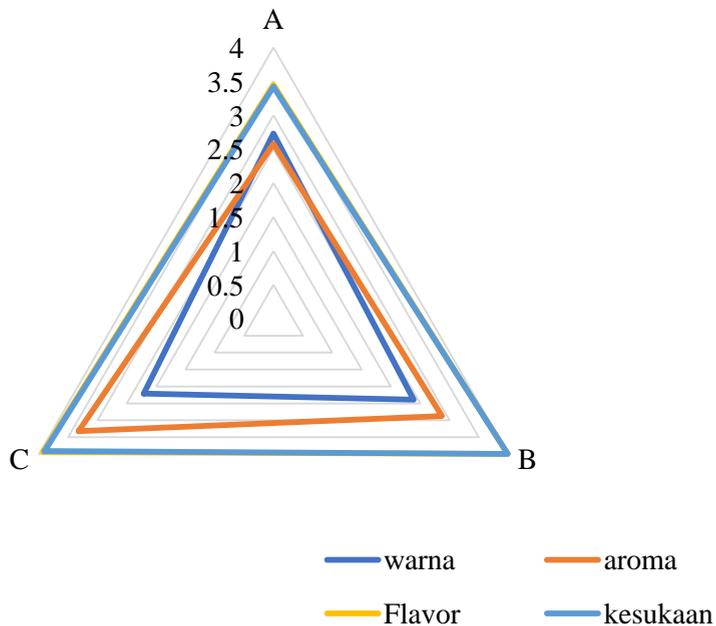
3.3. Penerimaan sari jagung oleh konsumen

Sari jagung merupakan produk baru sehingga belum diminati oleh masyarakat. Oleh karena itu diperlukan pengujian preferensi konsumen untuk mengetahui penerimaan masyarakat terhadap sari jagung. Uji preferensi pangan dapat didefinisikan sebagai tingkat kesukaan seseorang terhadap produk pangan tertentu [89]. Tingkat kesukaan setiap individu dipengaruhi oleh pola konsumsi pangannya.

Atribut yang diteliti dalam pengujian preferensi (penerimaan) hampir sama dengan atribut pengujian sensori di laboratorium, meliputi warna, aroma, flavor dan kesukaan (Gambar 9). Warna adalah bagian dari *appearance* yang mempengaruhi penerimaan dan kesukaan konsumen terhadap produk [90]. Warna sari jagung yang diujikan ke konsumen memiliki skor 2,21- 2,73 yang berarti putih kekuningan sampai kuning. Responden menilai bahwa warna putih kekuningan sampai kuning

merupakan warna yang menarik untuk sari jagung. Warna kuning pada jagung berasal dari betakaroten dan zeaxhantin [91]. Adanya penambahan susu skim mengakibatkan karotenoid bercampur dengan susu skim, sehingga menghasilkan warna yang tidak terlalu kuning.

Aroma merupakan salah satu parameter sensori karena adanya zat yang bersifat *volatile* (mudah menguap). Preferensi konsumen terhadap aroma sari jagung adalah 2,5 - 3,32. Semakin besar susu skim yang ditambahkan maka akan menurunkan nilai aroma jagung karena aroma jagung tertutupi aroma susu skim. Hal ini sesuai dengan [31] bahwa pada komponen susu ada beberapa senyawa *volatile* yang memberikan aroma spesifik. Berdasarkan hasil uji preferensi konsumen ini didapatkan bahwa sari jagung yang ditambah susu skim dalam jumlah besar akan menutupi aroma pada kacang hijau dan jagung yang kurang disukai konsumen.



Gambar 9 Preferensi konsumen terhadap sari jagung manis
Sumber [52]

Flavor atau citarasa didefinisikan sebagai rangsangan yang ditimbulkan oleh produk yang dimakan, yang dirasakan indera pengecap dan pembau, serta ditimbulkan oleh stimulus lain seperti perabaan dan penerimaan derajat panas oleh mulut [27]. Preferensi konsumen terhadap flavor jagung bernilai 3,45 - 3,99 (Gambar 9) yang berarti agak enak-enak. Flavor sari jagung dipengaruhi komponen penyusun yang dominan yaitu jagung manis, susu skim dan kacang hijau. Semakin banyak

penambahan susu skim dan kacang hijau, menurut responden meningkatkan flavor sari jagung. Hal ini disebabkan responden terbiasa mengkonsumsi susu sapi. Menurut [87], kebiasaan makan seseorang akan mempengaruhi pola makan dan pilihannya terhadap pangan.

Preferensi konsumen keseluruhan merupakan hasil penilaian konsumen terhadap parameter keseluruhan yang meliputi warna, aroma dan flavor. Hasil pengujian preferensi konsumen terhadap sari jagung menandakan sari jagung disukai dengan skor 3,42 - 3,99 (Gambar 9). Sari jagung dengan penambahan 9% susu skim dan 20% kacang hijau paling disukai konsumen karena warna menarik (kuning), aroma khas jagung, dan flavor enak. Berdasarkan hasil pengujian preferensi konsumen maka sari jagung yang diinginkan konsumen adalah dengan penambahan susu skim dan kacang hijau maksimal [52].

BAB 4. SARI JAGUNG PROBIOTIK

Teknologi pengolahan pangan dengan menambahkan bakteri asam laktat (BAL) dapat meningkatkan sifat fungsional sari jagung sehingga menjadi minuman probiotik, dalam hal ini dinamakan sari jagung probiotik. Jagung memiliki komposisi gizi cukup lengkap yaitu karbohidrat, protein, vitamin dan mineral untuk pertumbuhan bakteri asam laktat [92].

Bakteri asam laktat probiotik merupakan mikroorganisme yang mendukung kesehatan dengan cara meningkatkan fungsi kekebalan tubuh inang [93]. Umumnya probiotik tersedia dalam bentuk susu fermentasi yang diberi bakteri BAL seperti *Lactobacillus sp* atau *Streptococcus thermophilus* [94] Total BAL diharapkan tersedia di dalam usus adalah 1.091.010 *Colony Forming Unit* (CFU) atau 10⁸-1.011 CFU setiap penyajian [95] agar dapat dirasakan manfaatnya sebagai probiotik.

Aktivitas bakteri asam laktat dapat meningkat ketika ditambah dengan prebiotik [28]. Prebiotik umumnya berupa karbohidrat yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan dan tidak dapat diserap oleh tubuh. Oligosakarida yang terdapat pada ubi jalar merupakan karbohidrat yang bermanfaat bagi pertumbuhan bakteri probiotik seperti bakteri asam laktat [96]. Menurut [97] penambahan oligosakarida dapat meningkatkan jumlah bakteri asam laktat.

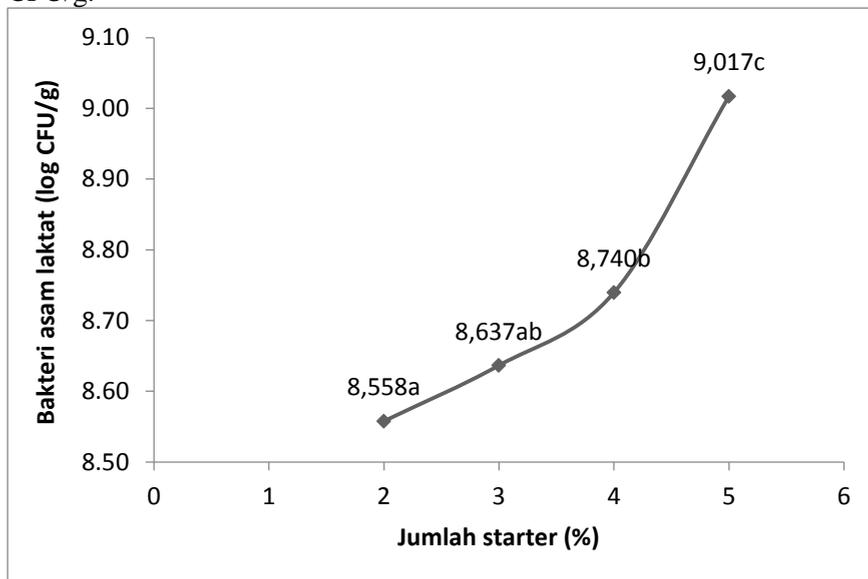
4.1. Karakteristik Sari Jagung Probiotik

4.1.1. Bakteri Asam Laktat

Semakin banyak starter yang ditambahkan, total bakteri asam laktat pada sari jagung probiotik semakin meningkat (Gambar 10). Penambahan starter sebanyak 2, 3, 4 dan 5 % menghasilkan bakteri asam laktat sejumlah 8,558; 8,637; 8,74 dan 9,017 log CFU/g pada sari jagung probiotik. Hasil ini selaras dengan [98] yang menyatakan bahwa total bakteri asam laktat yang dihasilkan dipengaruhi jumlah starter yang ditambahkan. Karakter yoghurt yaitu jumlah mikroba hidup dan tingkat keasamannya dipengaruhi jenis susu dan jenis serta jumlah bakteri asam laktat [99].

Penggunaan *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* pada sari jagung manis berpotensi menjadikannya sebagai pangan fungsional. Hal ini sesuai dengan [28] bahwa penambahan *Lactobacillus* sebagai bakteri asam laktat pada produk pangan berpotensi untuk menjadikannya sebagai pangan fungsional. Penambahan starter tersebut dalam jumlah 2, 3, 4 dan 5% menghasilkan sari jagung probiotik

dengan total bakteri asam laktat yang memenuhi standar pangan fungsional. Jumlah bakteri probiotik yang dianjurkan pada bahan pangan setiap penyajian agar dirasakan manfaat probiotiknya adalah 8 log CFU/g.



Gambar 10 Jumlah bakteri asam laktat pada sari jagung probiotik
Sumber: [24]

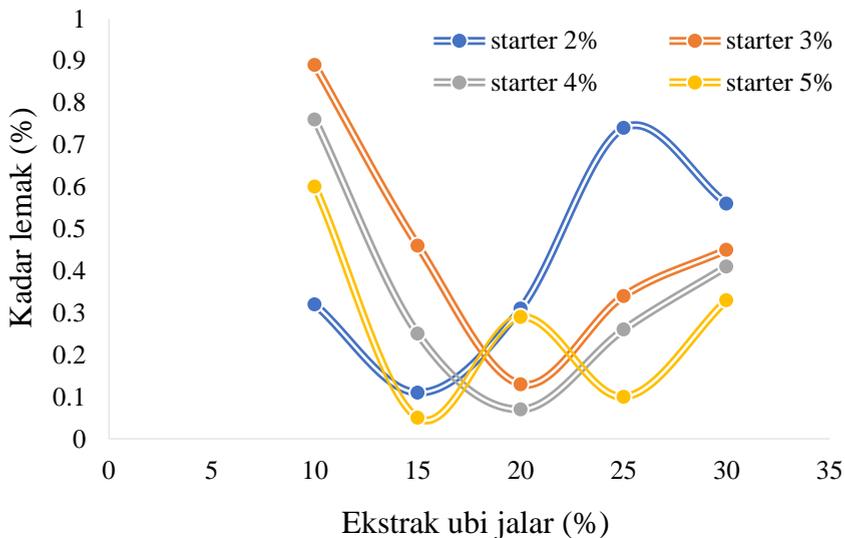
Menurut [28], penambahan prebiotic dapat meningkatkan pertumbuhan jumlah bakteri probiotik. Menurut [48], pada ubi jalar terhadap oligosakarida yang bermanfaat bagi pertumbuhan bakteri probiotik seperti bakteri asam laktat. Akan tetapi, [24] mengatakan bahwa peningkatan jumlah ekstrak ubi jalar tidak meningkatkan total bakteri asam laktat pada sari jagung probiotik. Hal tersebut dipengaruhi kurangnya nutrisi dan kondisi lingkungan untuk berkembangnya bakteri asam laktat [72]. Nutrisi sari jagung manis dan kacang hijau yang mampu dimanfaatkan oleh BAL untuk mempertahankan hidupnya adalah protein, lemak dan mineral (kalsium, fosfor dan magnesium), yang semuanya memiliki jumlah sama.

4.1.2. Kadar Lemak

Pada pembuatan sari jagung probiotik, semakin banyak starter yang ditambahkan, kadar lemak cenderung semakin menurun (Gambar 11). Semakin banyak starter yang ditambahkan ke dalam sari jagung maka *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus* akan

semakin banyak menghasilkan enzim lipase sehingga lemak terhidrolisis juga semakin banyak [24].

Kadar lemak sari jagung probiotik lebih rendah daripada kadar lemak yoghurt susu sapi yang berada pada kisaran 1,51 sampai 4 % [24], [100], [101]. Hal ini disebabkan pada pembuatan sari jagung probiotik, bahan-bahan yang digunakan yaitu jagung manis, ubi jalar dan susu skim memiliki kadar lemak rendah, yaitu 1; 0,17 dan 1,5 %. Selama proses fermentasi, enzim lipase yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat akan menghidrolisis lemak. Lemak juga digunakan oleh bakteri asam laktat sebagai sumber energi dan pembentukan flavor [102].



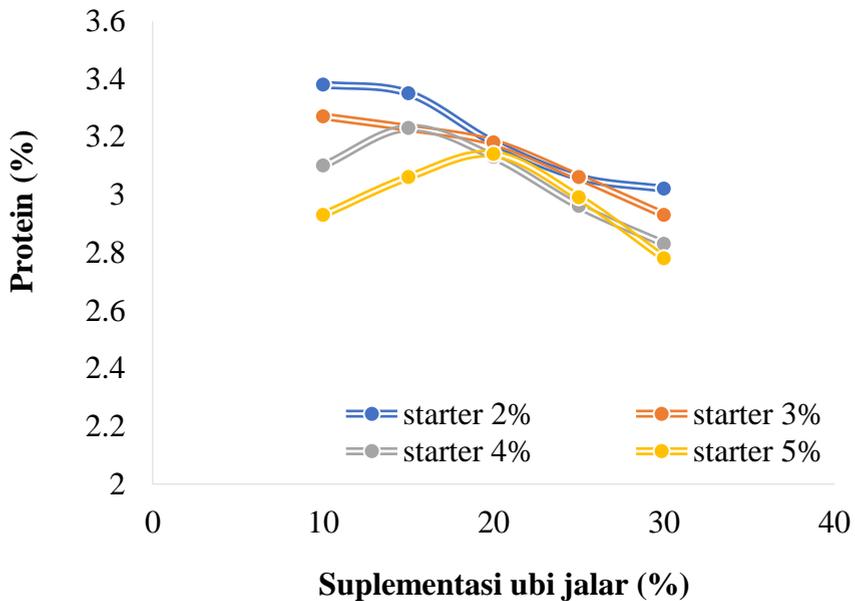
Gambar 11 Kadar lemak sari jagung probiotik yang dipengaruhi konsentrasi starter dan suplementasi ekstrak ubi jalar (Sumber : [24])

Menurut [24], kadar lemak sari jagung probiotik adalah 0,05-0,89 %. Berdasarkan kadar lemaknya, sari jagung probiotik dapat dimasukkan pada kelompok *non fat yoghurt* (kadar lemak di bawah 0,5 %) atau *low fat yoghurt* (kadar lemak 0,5 sampai 2 %) (USDA, 2001). Oleh karena itu, sari jagung probiotik dimungkinkan sebagai pangan fungsional bagi orang yang ingin mengonsumsi yoghurt rendah lemak.

4.1.3. Kadar Protein

Pada pembuatan sari jagung probiotik, semakin besar penambahan ubi jalar dan starter, kadar protein cenderung menurun (Gambar 12). Sari jagung probiotik memiliki kadar protein 2,78-3,38% [24]. Sari jagung

probiotik memiliki kadar protein lebih rendah dibandingkan yoghurt dari susu. Yoghurt susu yang berada pada kisaran 4,93 sampai 9,23 % [48], [103]. Bahan-bahan yang digunakan yaitu jagung manis dan ubi jalar memiliki kadar protein 3,5 dan 1,8, lebih rendah daripada kadar protein susu sapi, yaitu 16,5 % [104].

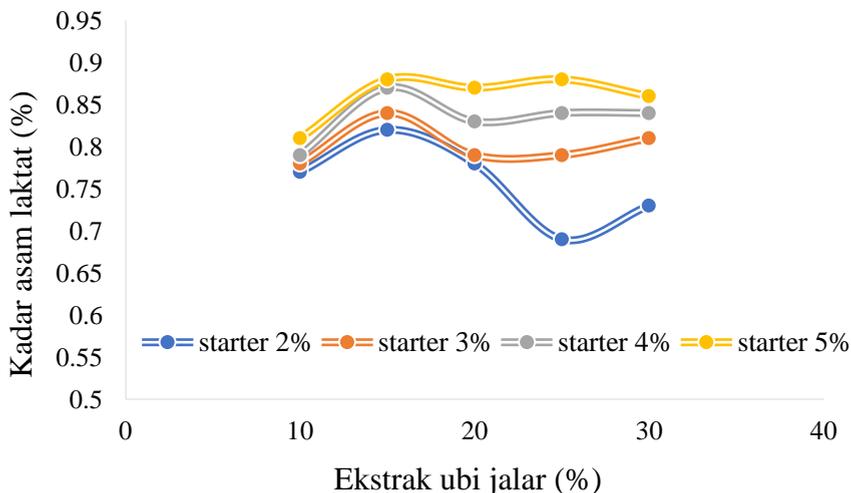


Gambar 12 Kadar protein sari jagung probiotik yang dipengaruhi konsentrasi starter dan suplementasi ekstrak ubi jalar (Sumber : [24])

4.1.4. Kadar asam laktat dan pH

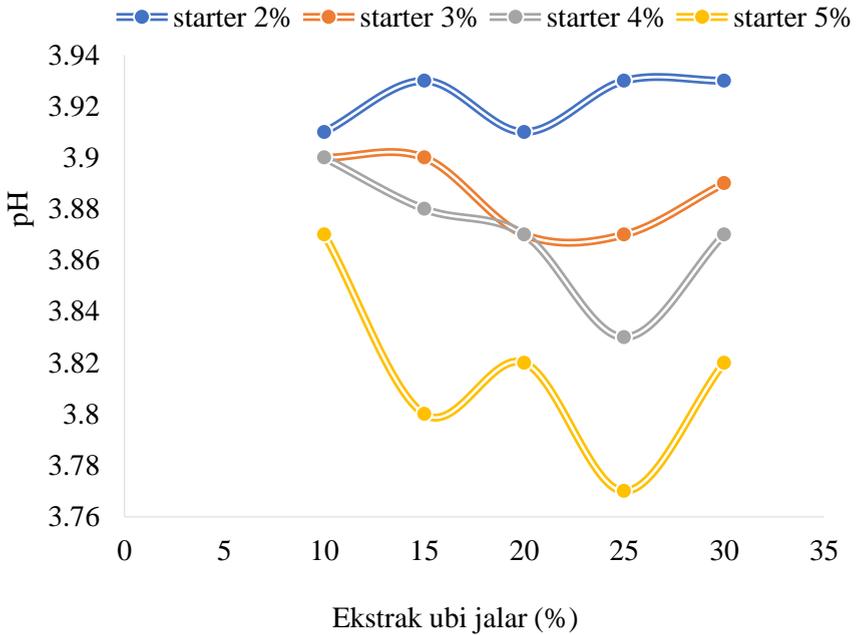
Pada proses fermentasi yoghurt dihasilkan senyawa-senyawa asam dan yang terbanyak berupa asam laktat. Pada proses fermentasi tersebut, bakteri asam laktat mengubah laktosa menjadi asam laktat [19]. Menurut [105], bakteri asam laktat bersifat antagonis sehingga menekan pertumbuhan bakteri lain, dan hal inilah yang menjadikan asam laktat bersifat dominan dalam pembuatan yoghurt. Pada proses fermentasi sari jagung probiotik, asam laktat dihasilkan dari hasil fermentasi oligosakarida pada ubi jalar dan laktosa pada susu skim. Mekanisme pengubahannya adalah oligosakarida dan laktosa dihidrolisis menjadi karbohidrat sederhana berupa glukosa. Berikutnya, glukosa memasuki daur glikolisis dan diubah menjadi piruvat. Namun keadaan anaerobik mengakibatkan asam piruvat tidak memasuki daur Krebs, tetapi diubah menjadi asam laktat oleh laktat dehidrogenase [31].

Ekstrak ubi jalar dan jumlah starter yang semakin banyak cenderung tidak mengubah kadar asam laktat. Meskipun demikian, terdapat perbedaan ekstrak ubi jalar sebagai sumber oligosakarida. Selanjutnya, jumlah yang ditambahkan tidak berbeda jauh dan jumlah susu skim sebagai sumber laktosa adalah sama, sehingga kadar asam laktat sari jagung probiotik cenderung tidak berbeda (Gambar 13).



Gambar 14 Kadar asam laktat sari jagung probiotik yang dipengaruhi konsentrasi starter dan suplementasi ekstrak ubi jalar
Sumber : [24]

Selama proses fermentasi yoghurt, terjadi aktivitas bakteri asam laktat yang menghasilkan asam laktat dan mengakibatkan penurunan pH [106]. Semakin banyak jumlah starter yang ditambahkan maka kadar asam laktat semakin meningkat (Gambar 14) dan pH semakin rendah (Gambar 15). Selanjutnya, pH sari jagung probiotik berkisar pada nilai 3,77-3,93 [24]. pH ini mendekati pH yogurt dari susu sapi yaitu 3,7 sampai 4,33 [107]. pH sari jagung probiotik juga sudah sesuai dengan standar FDA untuk yoghurt yaitu 4,6 atau lebih rendah (FDA, 2009). *Streptococcus thermophilus* dalam pembuatan yoghurt berperan dalam menurunkan pH, sedangkan *Lactobacillus bulgaricus* berperan mengubah laktosa menjadi asam laktat [27]. Berubahnya laktosa menjadi asam laktat ini juga menurunkan pH dan meningkatkan total asam, sehingga semakin banyak starter yang ditambahkan maka pH semakin menurun dan total asam meningkat. Hasil ini juga sesuai dengan [107] yang menyatakan bahwa jumlah starter yang ditambahkan berpengaruh nyata terhadap pH yoghurt dan total asam.



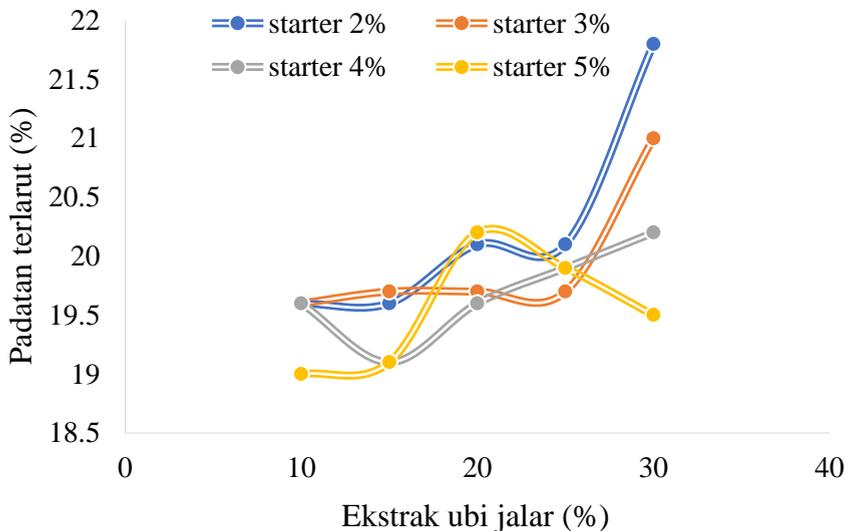
Gambar 15 pH sari jagung probiotik pada variasi konsentrasi starter dan ekstrak ubi jalar
Sumber [24]

Selanjutnya pH yoghurt berkaitan dengan jumlah asam, dan penurunan pH terjadi karena meningkatnya jumlah ion H^+ dengan meningkatnya jumlah asam [48]. Komponen asam terbesar yang dihasilkan pada fermentasi yoghurt berupa asam laktat. [48] menyatakan bahwa komponen asam pada yoghurt berupa 59% asam laktat, 2,3% asam suksinat, 28% asam sitrat, 2,4% asam formiat, 5,3% asam asetat serta jenis asam lainnya.

Terjadi kecenderungan peningkatan total asam dan penurunan pH dengan meningkatnya ekstrak ubi jalar yang ditambahkan. Penambahan 30% ekstrak ubi jalar menghasilkan sari jagung probiotik dengan kadar asam laktat 0,81% dan pH terendah (3,85). Pada ubi jalar terdapat 2,65% oligosakarida terdiri dari rafinosa, stakhiosa dan verbaskosa [49], [108]. Oligosakarida merupakan salah satu bahan yang difermentasi oleh *Lactobacillus bulgaricus*, sehingga semakin banyak ubi jalar, kadar asam laktat semakin meningkat dan pH semakin kecil. Kelangsungan hidup probiotik berupa bakteri asam laktat akan optimal apabila lingkungannya bersifat asam [109].

4.1.5. Padatan Terlarut

Padatan terlarut adalah jumlah padatan yang ada di dalam yoghurt berupa komponen-komponen kimia yang terkandung dalam bahan pangan [110]. Total padatan akan meningkat setelah mengalami fermentasi karena peruraian oleh asam laktat [98]. Padatan terlarut semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya jumlah ekstrak ubi jalar (Gambar 16). Hal ini disebabkan semakin meningkatnya padatan terlarut yang berasal dari ekstrak ubi jalar. Ubi jalar memiliki total padatan terlarut sebesar 37,76 %, sedangkan padatan terlarut pada jagung manis lebih rendah, yaitu 27,3 % [111] [112]. Menurut [113] padatan pada ubi jalar terutama terdiri dari karbohidrat, protein dan lemak. Padatan terlarut sari jagung probiotik bernilai 19,0-21,8 °Brix [24]. Total padatan terlarut ini hampir sama dengan yoghurt susu sapi yaitu 12,9 sampai 21,8 [101].

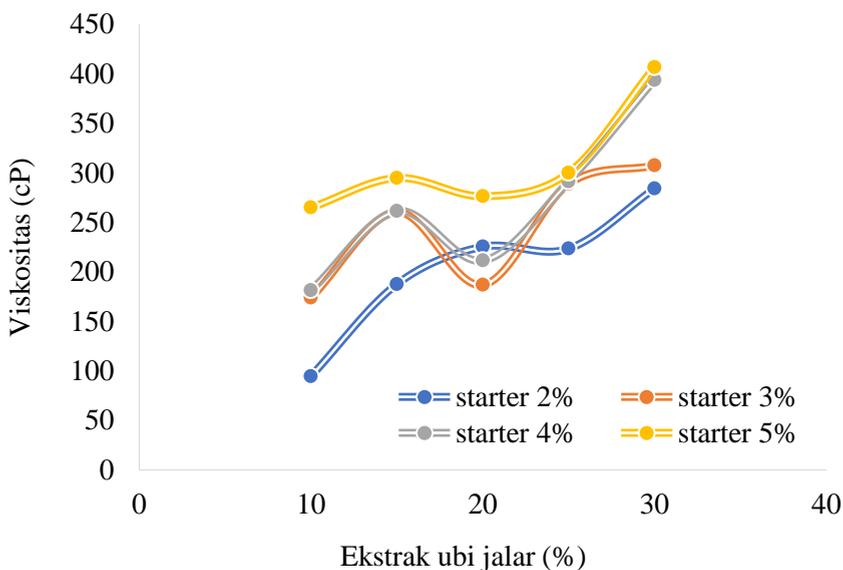


Gambar 16 Total padatan terlarut sari jagung probiotik pada variasi konsentrasi starter dan suplementasi ekstrak ubi jalar
Sumber [24]

4.1.6. Viskositas

Viskositas yoghurt merupakan perbandingan komposisi cairan dengan komponen terlarut [114]. Komponen terlarut pada yoghurt jagung dipengaruhi oleh kadar protein yang terkoagulasi dan sumber laktosa yang ditambahkan yaitu susu skim. Menurut [115], selain berperan sebagai sumber laktosa dan nutrisi bagi bakteri asam laktat, susu skim membuat tingkat kekentalan (viskositas), keasaman dan protein menjadi semakin tinggi.

Semakin banyak jumlah starter yang ditambahkan akan meningkatkan viskositas sari jagung probiotik (Gambar 17). Penambahan 5 % starter menghasilkan sari jagung probiotik dengan viskositas 308,8 cP, sedangkan pada penambahan starter 2 % viskositasnya 203,1 cP [24]. Hal ini sesuai dengan [100] bahwa semakin tinggi konsentrasi starter, maka viskositas yoghurt semakin meningkat.



Gambar 17 Viskositas yoghurt jagung yang dipengaruhi konsentrasi starter dan suplementasi ekstrak ubi jalar
Sumber :[3]

Semakin banyak ekstrak ubi jalar yang ditambahkan maka viskositas sari jagung probiotik semakin meningkat (Gambar 17). Hal ini sesuai dengan [100] bahwa perbedaan tingkat kekentalan yoghurt disebabkan oleh total padatan yang terdapat pada yoghurt. Total asam dan pH juga menentukan viskositas karena keduanya berperan dalam penggumpalan kasein dan protein. Hal ini sesuai dengan [65] bahwa total asam berpengaruh terhadap viskositas yoghurt.

4.2. Perbandingan Sari Jagung Probiotik dengan Yoghurt Susu Sapi
Pemilihan formula terbaik sari jagung probiotik menggunakan indeks efektifitas mendapatkan hasil bahwa penambahan starter sebesar 4% dan ekstrak ubi jalar sebesar 15% menghasilkan sari jagung probiotik yang terbaik [24]. Sari jagung probiotik ini memiliki kadar protein

3,23%, lemak 0,05%, padatan terlarut 19,1°Brix, pH 3,88, viskositas 261,5 cP, kadar asam laktat 0,87 % (Tabel 4). Sari jagung probiotik memiliki aroma yoghurt agak khas (3,08), tekstur agak lembut (3,4), rasa agak asam (3,39), dan disukai oleh konsumen (3,36).

Tabel 4 Perbandingan sari jagung probiotik dengan yoghurt susu sapi dan SNI yoghurt No 01-2981-1192

Parameter	Sari jagung probiotik	Yoghurt susu sapi	SNI yoghurt (SNI 01-2981-1192)
Protein (%)	3,23	4,16	Minimal 3,5
Lemak (%)	0,05	2,4	Maksimal 3,8
Padatan terlarut (°Brix)	19,1	19,4	Minimal 8,2
Asam laktat	0,87	1,23	0,5-1,2
Beta karoten (SI)	32,97	-	-
Aroma	3,08	4,25	Normal
Warna	3,34	1	Normal
Rasa asam	3,39	3,4	Asam

Sumber [24]

Sari jagung probiotik memiliki sedikit perbedaan karakter dengan yoghurt susu sapi. Dalam hal pH, sari jagung probiotik memiliki pH lebih rendah (3,88) daripada yoghurt susu sapi (4,17) [24]. Apabila dilihat dari jumlah asam laktat, sari jagung probiotik memiliki jumlah asam laktat lebih rendah daripada yoghurt. Nilai pH yang lebih rendah kemungkinan disebabkan adanya jenis asam lain dalam jumlah besar sehingga menurunkan pHnya. pH yang lebih rendah juga disebabkan bahan nabati (jagung, kacang hijau) dengan polisakarida yang mudah difermentasi sehingga pH sari jagung probiotik lebih rendah daripada pH yoghurt susu sapi. Menurut [116] bahwa bakteri asam laktat memerlukan substrat berupa bahan-bahan berpati pada proses fermentasi.

Viskositas sari jagung probiotik sebesar 261,5 cP, lebih rendah daripada yoghurt susu sapi (924 cP) [48]. Sari jagung manis memiliki kadar protein lebih rendah sehingga viskositasnya juga lebih rendah. Menurut [117] viskositas dipengaruhi oleh proses koagulasi protein. Semakin tinggi kandungan protein yang terdapat pada bahan baku, maka produk yoghurt akan semakin kental.

Secara sensoris, tekstur yoghurt lebih lembut (4,45) dibanding sari jagung probiotik (3,4). Kadar protein yoghurt susu sapi lebih tinggi (4,45 persen) dibanding sari jagung probiotik (3,23 persen) sehingga mengakibatkan perbedaan tekstur. Menurut [118], viskositas dan tekstur yoghurt dipengaruhi oleh proses koagulasi protein, dengan kadar protein yang semakin tinggi meningkatkan viskositas yoghurt.

Sari jagung probiotik memiliki kadar asam laktat 0,87%, lebih rendah dibandingkan yoghurt, yaitu 1,23%. Susu sapi memiliki laktosa yang dapat dirombak secara langsung menjadi asam laktat oleh bakteri. Sementara itu, komponen karbohidrat utama pada jagung adalah polisakarida yang memerlukan waktu lebih lama untuk merombaknya dalam fermentasi sehingga menjadi asam laktat [28] .

Kelebihan sari jagung probiotik yang berwarna merah kekuningan merupakan warna alami dari jagung dan ubi jalar. Warna merah kekuningan karena kadar beta karoten di dalam sari jagung probiotik cukup tinggi, yaitu 900 µg (32,97 SI) tiap 100 ml. Beta karoten ini berasal dari jagung dan ubi jalar yang memiliki beta karoten 400 dan 7000 SI.

Sari jagung probiotik memiliki keunggulan dibandingkan yoghurt yaitu dalam hal kadar lemak, beta karoten dan warna. Kadar lemak sari jagung probiotik sangat rendah (0,05 %) sehingga dapat digolongkan ke dalam *nonfat yoghurt*. Yoghurt susu sapi memiliki kadar lemak lebih tinggi (2,4) sehingga masuk ke kelompok yoghurt biasa. Oleh karena itu, sari jagung probiotik dapat direkomendasikan untuk dikonsumsi oleh orang yang ingin mengonsumsi produk rendah lemak. Kadar lemak sari jagung probiotik sudah memenuhi SNI yoghurt ini 01-2981-1992, yaitu tidak lebih dari 3,8% (bb).

Secara umum, sari jagung probiotik sudah memenuhi standar SNI yoghurt, kecuali kadar protein yang masih lebih rendah yaitu 3,23 (menurut SNI minimal 3,5). Agar dapat memenuhi SNI, jumlah kacang hijau yang ditambahkan dapat ditingkatkan, tetapi perlu pembatasan agar tidak menimbulkan aroma langu dari kacang hijau karena adanya enzim peroksidase.

4.3. Penerimaan Konsumen terhadap Sari Jagung Probiotik

Uji sensoris pada produk pangan memiliki arti yang penting karena sangat berkaitan dengan tingkat penerimaan konsumen terhadap produk yang dihasilkan. Pengujian penerimaan konsumen dilakukan sebelum produk dipasarkan ke masyarakat. Produk yang memiliki sifat fisik yang baik, kandungan zat gizi yang sangat beragam dalam jumlah yang besar tetapi sifat sensorisnya tidak baik, rasanya tidak enak makan akan menjadi sia-sia saja karena konsumen tidak akan mengonsumsi produk tersebut [87]. Kombinasi antara sifat fisik, kimia dan sensoris yang tepat diperlukan agar menghasilkan produk pangan dengan sifat fisik baik, nilai gizi terpenuhi dan secara sensori disukai konsumen. Karakter sensoris yang diujikan kepada konsumen pada sari jagung probiotik meliputi warna, aroma, rasa, *flavor*, dan kesukaan.

Warna memiliki peran penting dalam karakteristik mutu dan penentu penerimaan bahan pangan. Responden menilai bahwa sari jagung

probiotik yang menarik adalah berwarna putih kekuningan sampai kuning. Persepsi responden terhadap warna tersebut sesuai dengan warna bahan baku yaitu jagung. Warna kuning dalam jagung berasal dari pigmen warna betakaroten dan zeaxhantin yang berwarna kuning. Hal ini sesuai dengan [119] yang menyatakan bahwa jagung manis memiliki warna kekuning-kuningan karena adanya kelompok pigmen yang berwarna kuning, orange, atau merah orange, dengan pigmen yang dapat larut dalam lemak atau pelarut organik, tetapi tidak larut dalam air.

Pada pembuatan sari jagung probiotik ditambahkan susu skim yang berfungsi sebagai bahan penstabil (*stabilizer*) untuk meningkatkan kekentalan dan konsistensi pada yoghurt. Bahan penstabil memiliki gugus hidrofilik dan hidrofobik sehingga bahan yang tidak larut air dapat tercampur dengan bahan yang larut air menjadi suatu koloid setengah padat yang kompak [120]. Penambahan susu skim yang tinggi mengakibatkan karotenoid bercampur dengan susu skim, sehingga menghasilkan warna yang tidak terlalu kuning [52].

Karakteristik sensori aroma suatu produk ditentukan dengan indra penciuman (hidung) melalui bau yang ditimbulkan karena adanya senyawa volatil [27]. Aroma merupakan faktor yang sangat penting untuk menentukan tingkat penerimaan konsumen terhadap suatu produk, sebab sebelum dimakan biasanya konsumen terlebih dahulu mencium aroma dari produk tersebut untuk menilai layak tidaknya produk tersebut dikonsumsi [121]. Aroma yang enak dapat menarik perhatian konsumen dan kemungkinan besar memiliki rasa yang enak, sehingga konsumen lebih cenderung menyukai makanan dari aromanya.

Indera pembau digunakan untuk menilai bau atau aroma suatu produk pangan. Banyak sekali jenis aroma yang dapat diterima oleh alat penciuman. Kepekaan indera pembau lebih rendah daripada indera pengecap/lidah. Pada industri pangan, pengujian terhadap aroma sangat penting karena dapat dengan cepat memberikan hasil penilaian penerimaan konsumen terhadap produk yang dihasilkan [122].

Penerimaan responden terhadap aroma sari jagung probiotik bernilai 2,85 – 3,17 yang berarti aroma jagung agak kuat. Aroma sari jagung probiotik merupakan perpaduan aroma yoghurt dan jagung manis. Aroma yoghurt merupakan hasil fermentasi oleh *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* [98]. Aroma yoghurt diperoleh dari produksi asam yang terbentuk selama fermentasi, terutama asam laktat.

Aroma yang ditimbulkan pada umumnya disebabkan oleh perubahan-perubahan kimia dan bentuk persenyawaan dengan bahan lain, misalnya antara asam amino hasil perubahan protein dengan gula-gula reduksi yang membentuk senyawa rasa dan aroma makanan. Aroma bahan pangan disebabkan adanya zat atau komponen yang mempunyai sifat volatil [27]. Beberapa zat volatil berkurang pada saat proses

pengolahan, sehingga mengurangi aroma yang dihasilkan dari bahan pangan tersebut. Selain itu, dengan penambahan susu skim dalam jumlah besar pada susu jagung akan menutupi aroma yang tidak disukai oleh konsumen.

Menurut [123], senyawa volatil utama pada jagung manis rebus adalah dimetil sulfida, etanol, asetaldehid, serta 2-acetylthiazole, 2,4-5 trimethylthiazone, dan thialdine. Senyawa-senyawa pembentuk aroma khas jagung manis tersebut terdapat dalam sekam (56%) dan kernel (34%). Tetapi, senyawa-senyawa tersebut tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap aroma sari jagung karena aroma lebih didominasi susu skim.

Rasa makanan adalah turunan dari sebagian komponen yang terkait dalam air liur selama makanan dicerna secara mekanis di mulut. Titik perasa dari lidah adalah kemampuan mendeteksi dasar yaitu manis, asam, asin, pahit [35]. Dalam makanan tertentu empat rasa ini digabungkan sehingga menjadi satu rasa yang unik dan menarik untuk dinikmati. Penilaian responden terhadap rasa sari jagung probiotik mendapatkan skor 3,78 – 3,91 yang berarti rasa asam. Selama proses fermentasi berlangsung dihasilkan komponen-komponen citarasa seperti diastel, setil metil karbinol, 2,3, butilen dan asetaldehida yang memberikan citarasa khas pada yoghurt [48]. Terbentuknya asam laktat akibat aktivitas metabolisme seluler bakteri asam laktat akan memberikan rasa asam pada yoghurt, sehingga yoghurt memiliki cita rasa asam yang khas [27].

Flavor atau citarasa merupakan sensasi yang dihasilkan oleh bahan makanan ketika diletakkan dalam mulut terutama yang ditimbulkan oleh rasa dan bau. *Flavor* merupakan respon campuran dari tanggapan cicip, bau dan trigeminal yang dirumuskan oleh kesan lain seperti penglihatan, sentuhan dan pendengaran [124]. Responden menilai sari jagung probiotik memiliki skor flavor 3,31-3,59 yang berarti enak.

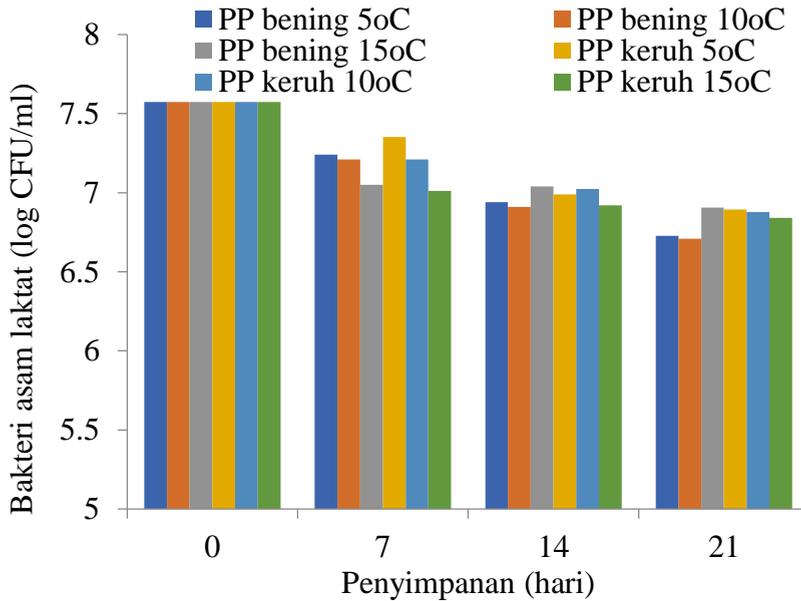
Kesukaan merupakan penerimaan organoleptik produk secara umum. Penilaian responden terhadap kesukaan sari jagung probiotik meliputi aroma, rasa, warna dan konsistensi sari jagung probiotik. Hasil preferensi konsumen terhadap sari jagung probiotik bernilai 3,42-3,61. Menurut kesukaan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: warna, rasa, aroma dan penampilan menarik serta bernilai gizi tinggi dan menguntungkan bagi manusia. Sebagaimana dituliskan di atas, bahwa daya terima terhadap suatu produk pangan ditentukan rangsangan yang timbul setelah proses pengujian makanan melalui panca indera penglihatan, penciuman, pencicipan, dan pendengaran. Tetapi demikian faktor utama yang akhirnya mempengaruhi daya terima terhadap makanan adalah rangsangan citarasa yang ditimbulkan oleh makanan [86].

4.4. Perubahan Sifat Sari Jagung Probiotik Selama Penyimpanan

4.4.1. Bakteri Asam Laktat

Parameter pertama yang perlu diketahui pada pangan fungsional sejenis yoghurt adalah bakteri asam laktat. Jumlah bakteri asam laktat selama penyimpanan perlu diketahui untuk mengetahui potensi sari jagung probiotik sebagai pangan fungsional. Pada awalnya, jumlah bakteri asam laktat adalah 7,573 log CFU/ml, memenuhi syarat minimum untuk dapat dikatakan sebagai pangan probiotik. Menurut [125], minimum total bakteri asam laktat dalam pangan probiotik adalah 6 log CFU/gr pada saat kadaluarsa.

Selama penyimpanan, sari jagung probiotik dalam kemasan polipropilene mengalami penurunan bakteri asam laktat sejumlah 0,67 sampai 0,86 log cycle [53]. Sampai hari ke 21, jumlah bakteri asam laktat ini masih memenuhi syarat minimum sebagai pangan probiotik, yaitu yang terendah 6,407 log CFU/ml (Gambar 18). Jumlah bakteri asam laktat selama penyimpanan pada sari jagung probiotik lebih baik dibandingkan menurut [126] yang menyatakan bahwa terjadi penurunan 2,34 log cycle bakteri asam laktat pada yoghurt selama penyimpanan 28 hari. Penurunan viabilitas bakteri asam laktat disebabkan oleh produksi asam berlebihan sehingga bakteri asam laktat inaktif. Selanjutnya menurut [127], penurunan bakteri asam laktat disebabkan kompetisi antar bakteri asam laktat semakin ketat sehingga yang tidak bisa bertahan akan mati. Hal tersebut menandakan bahwa semakin banyak bakteri asam laktat pada produk pangan, maka ketersediaan nutrisi semakin menipis dan kelangsungan hidup bakteri asam laktat semakin pendek. Dengan demikian, semakin lama penyimpanan, jumlah bakteri asam laktat semakin menurun.

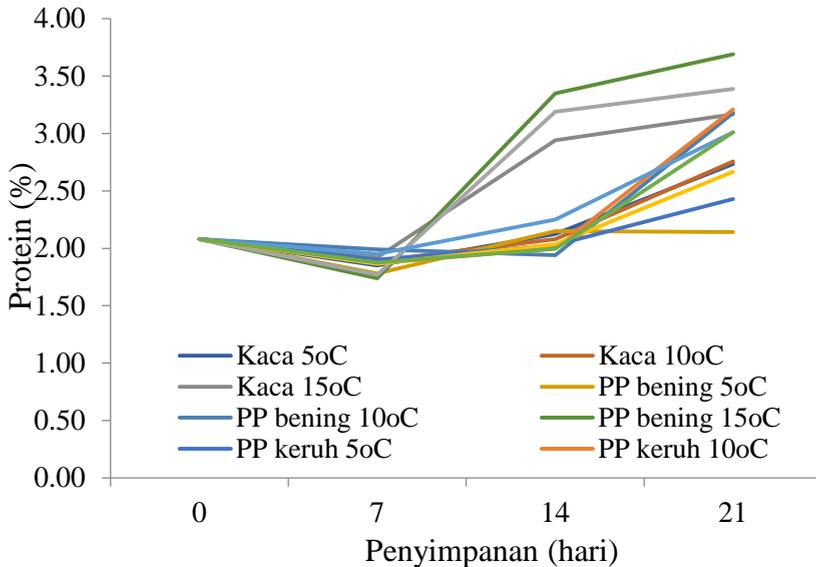


Gambar 18 Jumlah bakteri asam laktat pada sari jagung probiotik yang dikemas botol polipropilene (PP)
Sumber [53]

Jumlah bakteri asam laktat pada yogurt yang dikemas polipropilenen bening dan keruh cenderung sama selama penyimpanan. Dengan demikian, kejernihan pengemas tidak mempengaruhi jumlah bakter asam laktat yang dapat bertahan selama penyimpanan, tetapi lebih dipengaruhi nutrisinya. Menurut [128], kemampuan bakteri untuk tumbuh dan berkembang dipengaruhi nutrisi dan kondisi lingkungan. Dalam mempertahankan hidupnya, bakteri asam laktat memerlukan nutrisi berupa protein, lemak, kalsium, fosfor dan magnesium.

4.4.2. Protein

Sari jagung probiotik yang disimpan menggunakan kemasan polietilen terephtalat (PET), botol kaca dan polipropilen (PP) mempunyai kadar protein total menurun pada penyimpanan minggu pertama yakni dari 2,18% menjadi sekitar 1,7-2,15% [53], [54]. Penurunan kadar protein sampai hari ke 7 karena *Lactobacillus* bersifat proteolitik sehingga memecah protein menjadi peptida sederhana sehingga menurunkan kadar protein [129].



Gambar 19 Kadar protein sari jagung probiotik yang dikemas kaca, polipropilene dan polietilen terphthalate selama penyimpanan
 Sumber [53], [54]

Pada penyimpanan hingga minggu ketiga, kadar protein sari jagung probiotik relatif meningkat (Gambar 19). Metabolit yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat adalah bakteriosin [130]. Bakteriosin merupakan peptida ekstraseluler bioaktif atau peptida kompleks yang bersifat bakterisida atau bakteristatik melawan spesies lain, terutama bakteri dengan strain yang berdekatan. Peningkatan kadar protein disebabkan meningkatnya senyawa metabolit yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat. Meningkatnya kadar protein dapat juga disebabkan asam amino dominan yang ada pada jagung yaitu asam amino lisin.

Kecenderungan kenaikan protein juga dapat diakibatkan peningkatan bakteri asam laktat. Komponen utama penyusun sel mikroba adalah protein sehingga semakin banyak bakteri asam laktat maka semakin tinggi kadar protein. Menurut [131], protein yang didegradasi enzim protease dan peptidase akan menyebabkan pelepasan asam amino dan rantai pendek peptide. Kadar protein dalam bakteri asam laktat tinggi yaitu 60-70% dari berat kering [132].

Menurut [5], selama penyimpanan terjadi peningkatan viskositas karena meningkatnya produksi asam laktat. Hal tersebut akan meningkatkan total asam yang dapat mengakibatkan berubahnya struktur protein, yaitu terjadinya denaturasi. Perubahan kadar protein juga

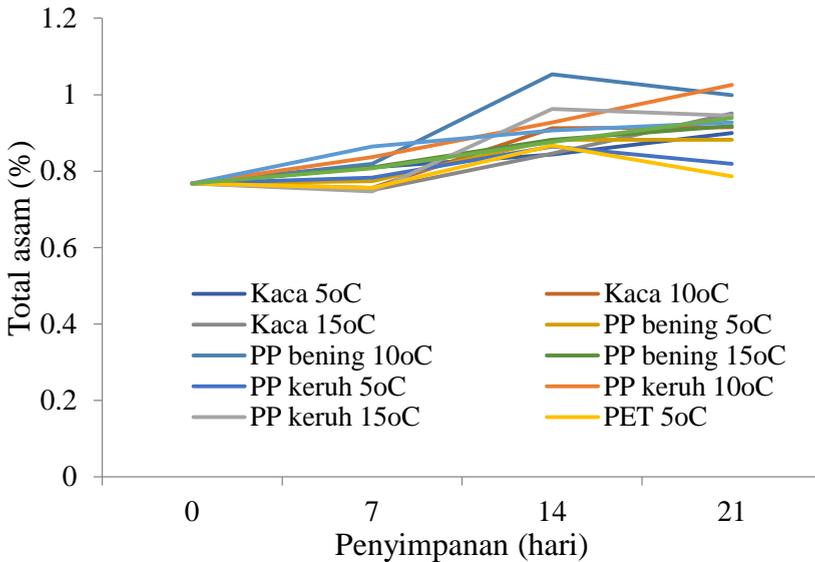
diakibatkan oleh terjadinya pemecahan protein pada sel bakteri sehingga terjadi peningkatan kadar protein [133].

4.4.3. Total Asam dan pH

Total asam dihitung sebagai total asam laktat karena merupakan jenis asam yang paling banyak dihasilkan pada pembuatan yoghurt [116]. Asam laktat terbentuk dari perubahan laktosa yang dihidrolisis oleh *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* dan *Streptococcus thermophilus* sebagai sumber energi untuk pertumbuhannya.

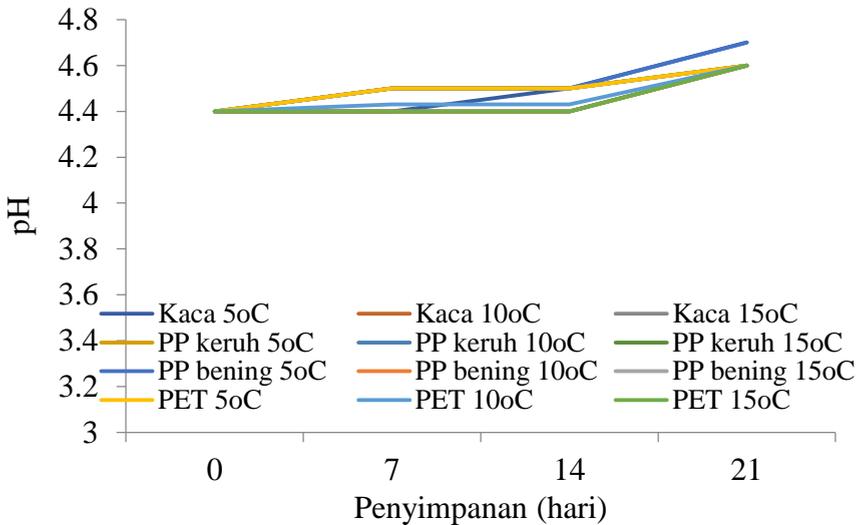
Semakin lama penyimpanan, total asam pada sari jagung probiotik semakin meningkat. Hal ini sesuai [48] bahwa kadar keasaman dari yogurt probiotik dan susu fermentasi mengalami peningkatan setelah 5 hari penyimpanan pada suhu 4°C yakni dari 0,68 dan 0,77% menjadi 0,82 dan 0,84% berturut-turut, kemudian memiliki nilai keasaman yang konstan setelah 30 hari penyimpanan. [130] juga menyatakan bahwa produksi asam laktat yang dihasilkan pada susu yang difermentasi oleh *L. acidophilus* dan *L. casei* akan berinteraksi dengan bakteri yogurt selama 28 hari penyimpanan dingin. Hampir sama dengan hal tersebut, [126] menyatakan bahwa selama penyimpanan 21 hari, kadar asam laktat mengalami peningkatan menjadi 1,11 sampai 1,42 %.

Berdasarkan SNI 2981:2009, syarat yoghurt adalah memiliki kadar asam 0,5- 2,0%. Oleh karena itu, total asam pada sari jagung probiotik hijau selama 21 hari penyimpanan masih memenuhi standar tersebut. Menurut [131], bakteri asam laktat memiliki suhu optimal untuk memproduksi asam pada 10-40°C. Suhu penyimpanan pada 10 dan 15°C masih pada suhu optimal aktivitas bakteri asam laktat sehingga produksi asam laktat meningkat.



Gambar 20 Total asam sari jagung probiotik yang dikemas kaca, polipropilene dan polietilen terphthalate selama penyimpanan
Sumber [53],[54]

Asam laktat yang dihasilkan akan menurunkan pH, tetapi pada sari jagung probiotik justru meningkat pHnya (Gambar 21). pH awal adalah 4,4 dan pada hari ke 21, pH menjadi 4,6-4,7. Hal ini kemungkinan disebabkan pertumbuhan bakteri asam laktat terhambat serta tumbuhnya organisme proteolitik dan lipolitik lain yang memiliki kemampuan melakukan metabolisme asam laktat dan sehingga memproduksi senyawa yang bersifat basa. Peningkatan pH sari jagung probiotik selama penyimpanan sesuai dengan [134] yang menyatakan bahwa yogurt yang disimpan dalam suhu dingin ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$) cenderung meningkat pHnya, dari 3,2 menjadi 3,5 pada hari ke-10 dan 3,8 pada hari ke-35. Menurut [135], peningkatan total asam yoghurt tidak selalu sesuai dengan peningkatan pH. Hal tersebut disebabkan suhu penyimpanan rendah dapat menghambat kerja enzim laktase atau telah terbentuk asam laktat secara maksimal sehingga pH tidak turun [126].

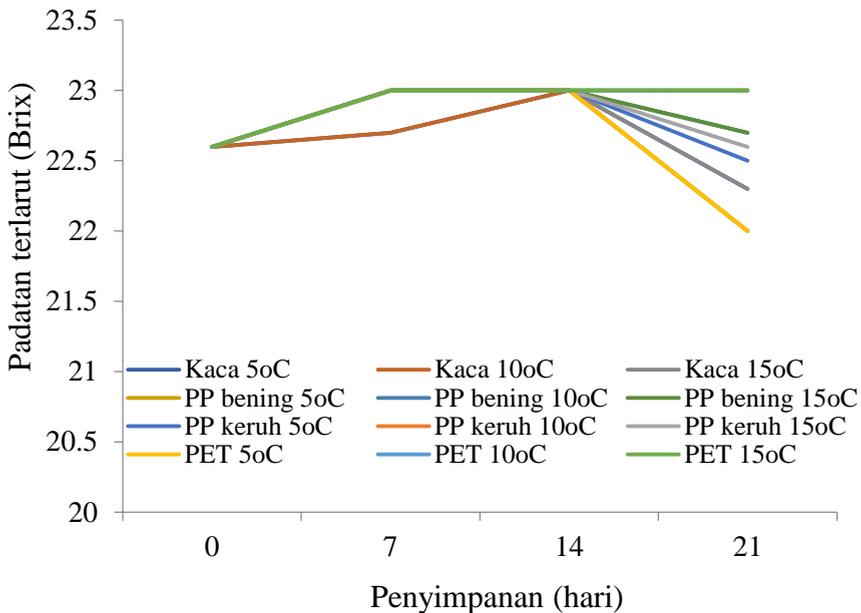


Gambar 21 pH sari jagung probiotik yang dikemas kaca, polipropilene dan polietilen terphthalate selama penyimpanan
Sumber [53],[54]

Apabila total asam meningkat biasanya terjadi penurunan pH, sebaliknya peningkatan pH terjadi apabila total asam menurun. Namun hal tersebut tidak selalu demikian. Pada pengukuran pH, yang diukur adalah asam yang terdisosiasi dalam bentuk ion H^+ , sedangkan pada total asam yang diukur asam terdisosiasi dan tidak terdisosiasi. Pada sari jagung probiotik ini, hubungan antara pH dan total asam berbanding lurus, yaitu semakin lama penyimpanan, pH semakin meningkat, demikian juga total asam [54]. Hal tersebut mungkin disebabkan jenis asamnya disominasi asam tidak terdisosiasi.

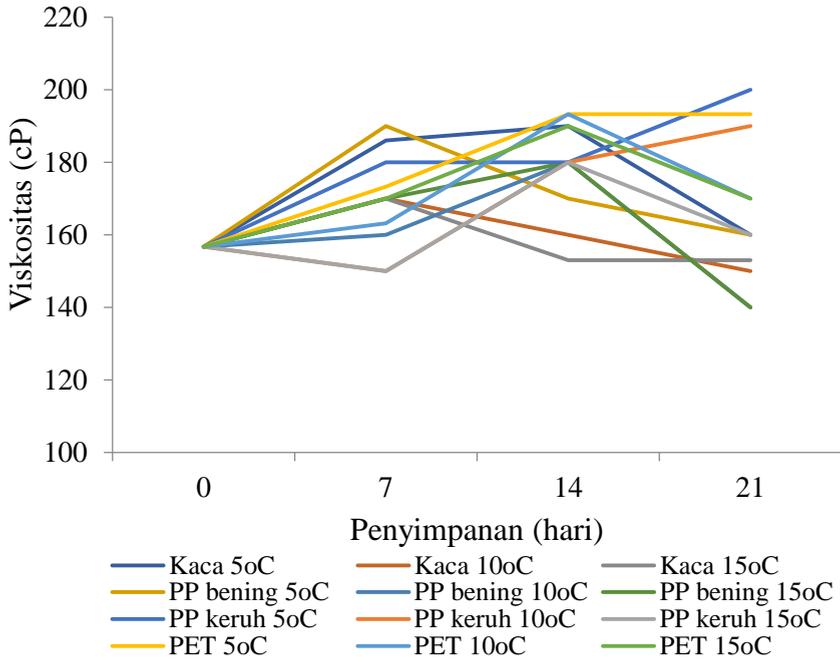
4.4.4. Padatan Terlarut dan Viskositas

Padatan terlarut sari jagung probiotik berasal dari jagung, kacang hijau dan susu skim [24]. Selama penyimpanan, total padatan mengalami penurunan pada hari ke 21 (Gambar 22). Penurunan padatan terlarut menurut [136] karena penurunan proses hidrolisis yang diakibatkan menurunnya substrat. Selanjutnya [137] menyatakan bahwa padatan terlarut berupa gula digunakan sebagai sumber karbon oleh bakteri asam laktat untuk metabolisme, sehingga padatan terlarut menurun.



Gambar 22 Padatan terlarut sari jagung probiotik yang dikemas kaca, polipropilene dan polietilen terphthalate selama penyimpanan (Sumber [53],[54])

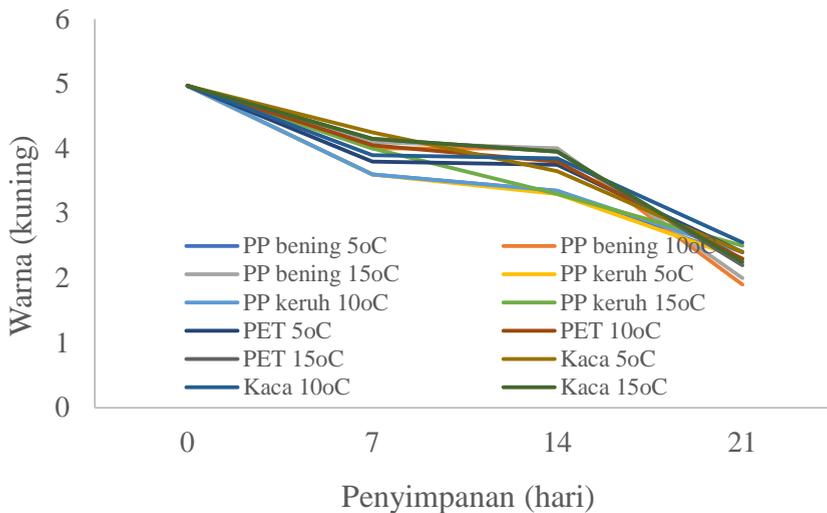
Viskositas berkaitan dengan tekstur sehingga mempengaruhi daya penerimaan konsumen terhadap produk. Viskositas erat kaitannya dengan protein dan terbentuknya asam laktat. Menurut [126], viskositas yogurt dipengaruhi kasein yang mengalami koagulasi. Sari jagung probiotik pada kemasan yang bervariasi memiliki nilai viskositas yang fluktuatif (Gambar 23). Sari jagung probiotik pada kemasan polyethylene terephthalate dan polipropilene bening mempunyai nilai viskositas yang hampir sama. Pada suhu 5°C kenaikan nilai viskositas terjadi selama penyimpanan di minggu pertama kemudian menurun hingga minggu ketiga. Selanjutnya pada suhu 10°C dan 15°C peningkatan viskositas baru terjadi pada penyimpanan minggu kedua kemudian diikuti penurunan hingga minggu ketiga [53]. Menurut [45], penyusunan kembali molekul protein menyebabkan viskositas yogurt dapat meningkat selama penyimpanan. Pada akhir penyimpanan, viskositas sari jagung probiotik dalam semua kemasan kecuali PET menurun (Gambar 23). Penurunan viskositas ini bisa terjadi karena semakin lama penyimpanan maka semakin banyak terjadinya pemisahan whey [54].



Gambar 23 Viskositas sari jagung probiotik yang dikemas kaca, polipropilene (PP) dan polietilen terphthalate selama penyimpanan
Sumber [53], [54]

4.4.5. Sifat Sensori

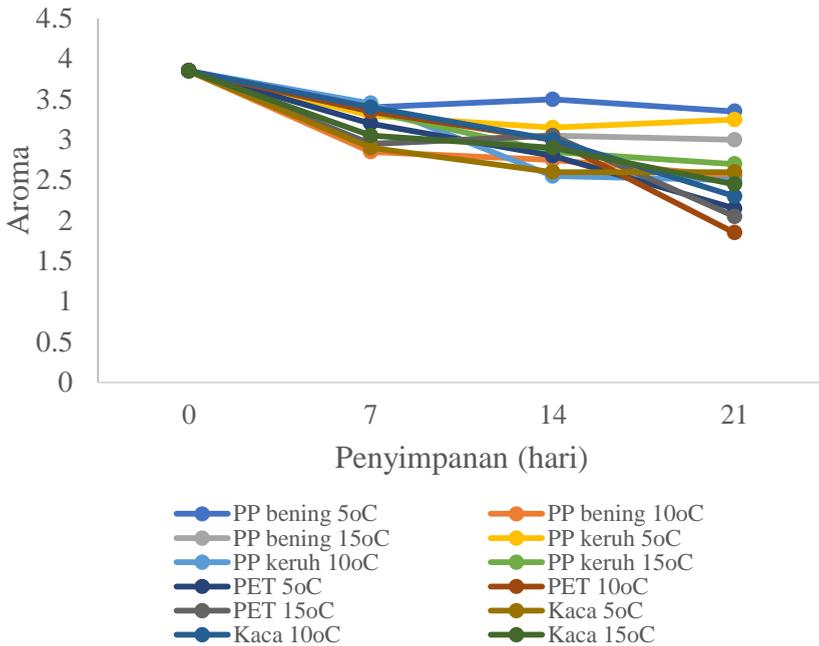
Salah satu atribut sensori yang menjadi karakteristik pertama dalam mempengaruhi pilihan konsumen adalah warna [78]. Suatu bahan yang bergizi dan enak tidak akan dimakan apabila memiliki warna yang memberikan kesan telah menyimpang. Warna kuning sari jagung probiotik disebabkan kandungan karotenoid dalam jagung. Semakin lama penyimpanan, warna kuning semakin menurun karena pigmen warna karotenoid semakin memudar (Gambar 24). Hal ini disebabkan degradasi pigmen yang dilakukan oleh BAL. Menurut [35], perubahan warna dari medium fermentasi yang semakin memudar setelah fermentasi dapat disebabkan karena pigmen antosianin mengalami degradasi karena pH menurun selama fermentasi.



Gambar 24 Warna sari jagung probiotik yang dikemas kaca, polipropilene (PP) dan polietilen terphthalate selama penyimpanan
Sumber [53],[54]

Seperti halnya yoghurt, aroma sari jagung probiotik merupakan interaksi beberapa senyawa yang ada misalnya asam laktat, asetaldehid, dan senyawa-senyawa volatil lain yang intensitasnya tergantung hasil hidrolisis asam [138]. Menurut [130] penambahan starter *L. acidophilus* dengan *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus* berpengaruh nyata terhadap aroma yogurt. Aroma jagung selama penyimpanan pada berbagai kemasan mengalami penurunan (Gambar 25). Menurut [130], selama penyimpanan dapat terbentuk alkohol sebagai hasil degradasi lanjut dari asam laktat karena adanya kontaminasi khamir.

Pada penyimpanan suhu 5°C, penurunan aroma lebih rendah dibandingkan 10°C dan 15°C [54][53]. Aroma sari jagung probiotik yang dikemas polietilen terephthalate dan kaca tidak mengalami penurunan sebanyak polipropilene. Hal ini disebabkan propilene memiliki permeabilitas uap air yang rendah dan permeabilitas gas sedang [139] sehingga lebih banyak aroma yang menguap selama penyimpanan. Semakin tinggi suhu penyimpanan maka semakin banyak asam laktat yang diubah menjadi alkohol atau senyawa lain yang menyebabkan ketidaksukaan panelis terhadap *off-odor*.

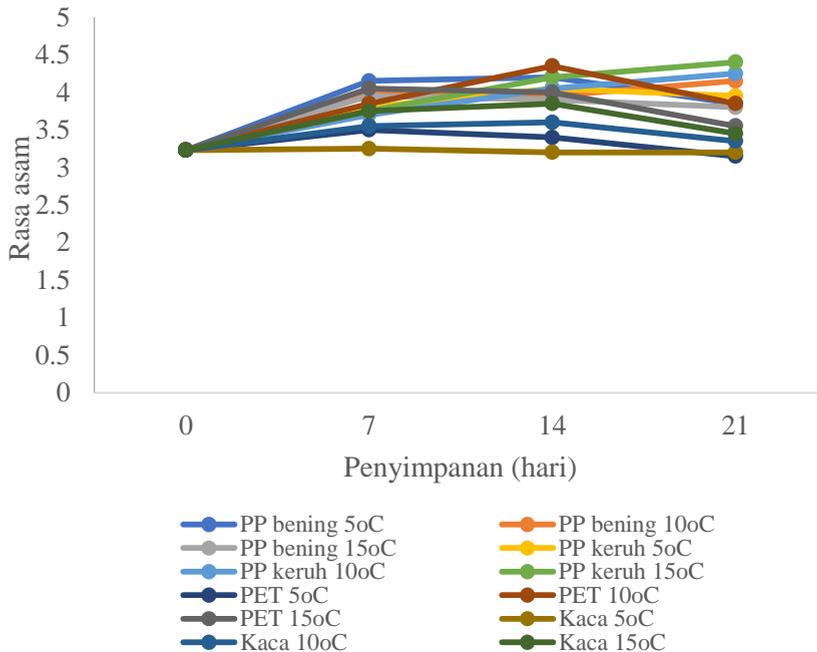


Gambar 25 Aroma sari jagung probiotik yang dikemas kaca, polipropilene (PP) dan polietilen terephthalate (PET) selama penyimpanan (Sumber [53],[54])

Penilaian panelis terhadap aroma yogurt menunjukkan bahwa aroma yogurt mengalami penurunan selama penyimpanan. Pada awalnya, nilai aroma adalah 4,85 dan di akhir penyimpanan (hari ke 21) turun menjadi 3,5 – 4,35. Penurunan aroma kemungkinan karena selama penyimpanan terbentuk pula alkohol sebagai hasil degradasi lanjut dari asam laktat. [126] menyatakan bahwa selama proses penyimpanan dapat terjadi kontaminasi oleh khamir fermentative sehingga terbentuk alkohol selama penyimpanan.

Karakteristik sari jagung probiotik adalah rasa asam yang dihasilkan dan tekstur spesifik yang bersama-sama muncul saat mencicipi [122]. Hasil fermentasi bakteri asam laktat yang berperan dalam menentukan rasa dan aroma yogurt adalah asetaldehid, asam asetat, dan diasetil [27]. [100] menyatakan bahwa karakteristik rasa yoghurt ditentukan oleh kadar asam laktat. pH merupakan indikasi penentu utama terhadap rasa pada yogurt selain keberadaan senyawa volatile. Rasa manis yogurt akan tampak pada pH antara 4,6 sampai 5,0 tetapi tidak terdeteksi pada pH 4 sampai 4,4 [83].

Semakin lama penyimpanan, semakin meningkat rasa asam pada sari jagung probiotik (Gambar 26). Setelah penyimpanan minggu ketiga, terjadi penurunan rasa asam yang cukup signifikan terutama pada kemasan polietilen terphthalate dan kaca. Berbeda halnya dengan kemasan polipropilene pada 10°C, penilaian rasa asam sari jagung probiotik meningkat di minggu pertama kemudian menurun dan cenderung konstan hingga penyimpanan minggu ketiga.



Gambar 26 Rasa asam sari jagung probiotik yang dikemas kaca, polipropilene (PP) dan polietilen terphthalate (PET) selama penyimpanan (Sumber [53],[54])

Pada proses fermentasi sari jagung probiotik diinginkan pembentukan asam laktat tetapi dalam jumlah yang tidak terlalu tinggi karena akan menyebabkan rasa yang terlalu asam. Hal tersebut sesuai dengan [140] bahwa dalam pembuatan yoghurt diinginkan pembentukan asam laktat, tetapi jumlah yang terlalu tinggi menyebabkan flavor bertambah asam. Penurunan rasa asam terjadi karena asam laktat ataupun asam asetat sudah terdegradasi lanjut menjadi senyawa alkoholik atau senyawa penyebab *bitter taste* sehingga penilaian rasa asam oleh panelis relatif menurun [54].

4.5. Penetapan Umur Simpan Sari Jagung Probiotik

Pengetahuan tentang umur simpan produk pangan penting bagi konsumen. Salah satu cara penetapan umur simpan produk pangan adalah dengan metode *Accelerated Shelf Life Test* menggunakan pendekatan Arrhenius [141]. Menurut [142], pada pendugaan umur simpan dengan model *Arrhenius*, karakterisasi mutu awal dan akhir penting karena dilakukan penyimpanan pada suhu yang lebih tinggi dari suhu penyimpanan normalnya.

Karakterisasi awal dan akhir sari jagung probiotik pada berbagai kemasan yang disimpan 15°C mengalami perubahan mutu (Tabel 5). Pada penyimpanan hari ke-21, nilai mutu sari jagung probiotik rata-rata mengalami penurunan. Semakin lama penyimpanan maka semakin banyak asam laktat yang terbentuk. Menurut [143], semakin tinggi produksi asam laktat, maka viskositas meningkat sehingga mengakibatkan kenaikan total asam yang selanjutnya terjadi perubahan dalam struktur protein (denaturasi). Berubahnya struktur protein ini juga akan menyebabkan protein total hasil pemecahan bakteri yang dihitung sebagai nitrogen juga meningkat [54].

Tabel 5. Karakterisasi mutu awal dan akhir sari jagung probiotik pada suhu 15°C

Parameter mutu	Mutu awal (A_0)	Mutu akhir (A_1)			
		Polietilen terephthalate (PET)	PP jernih	PP keruh	Kemasan kaca
Bakteri asam laktat	7,573	-	6,907	6,842	-
Protein (%)	2,08	3,01	3,69	3,39	3,17
Total asam	0,768	0,938	0,918	0,945	0,961
pH	4,4	4,5	4,7	4,6	4,6
Padatan terlarut ($^{\circ}$ Brix)	22,6	23	22,5	33,6	22,3
Viskositas (mPa/s)	156,7	170	150	160	163
Warna	4,97	2,2	2	2,5	2,2
Aroma	3,85	2,05	3	2,7	2,4
Rasa	3,23	3,55	3,8	4,4	3,4

Sumber [53], [54], [57]

Selama penyimpanan minggu pertama, kadar protein sari jagung probiotik sedikit menurun kemudian meningkat pada penyimpanan minggu kedua dan ketiga [54]. Peningkatan kadar protein disebabkan adanya peningkatan senyawa metabolit yang dihasilkan bakteri asam laktat. Menurut metabolit yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat adalah bakteriosin yang merupakan peptida ekstraseluler bioaktif [116]. Semakin lama fermentasi juga semakin banyak asam amino lisin yang terbentuk sehingga kadar protein meningkat [144].

Suhu merupakan penentu kerusakan makanan dalam metode *Accelerated Shelf Life Test* [142]. Menurut [126] faktor kritis kerusakan yang paling cepat untuk yoghurt adalah total asam, total koliform, dan sifat sensori. Menurut [142] dalam menentukan parameter umur simpan ada kriteria penentu antara lain : 1) parameter mutu yang paling cepat mengalami penurunan selama penyimpanan, ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi (R^2) paling besar, 2) parameter mutu yang paling sensitif terhadap perubahan suhu, dapat dilihat dari energi aktivasi (E_a) paling rendah.

Menurut [142] pada produk minuman mengandung susu, parameter yang memiliki koefisien korelasi yang tinggi dan energi aktivasi paling rendah adalah pH. Oleh karena itu, dalam penelitian ini pemilihan parameter kritis mengacu pada parameter fisik terutama pH dan total asam. Hal ini dikarenakan kedua parameter mempunyai nilai penurunan mutu yang signifikan pada masing-masing jenis kemasan.

Hasil pengamatan tiap parameter sari jagung probiotik terhadap waktu diplotkan dan didapatkan 3 persamaan regresi yang didapat dari 3 suhu penyimpanan (5, 10 dan 15°C). Dari tiap-tiap persamaan akan didapatkan nilai slope (b) dan nilai konstanta (k). Penentuan orde reaksi yang akan digunakan menggunakan grafik orde nol yang merupakan hubungan antara nilai k dengan lama penyimpanan dan orde satu yang merupakan hubungan antara $\ln k$ dengan lama penyimpanan. Dari dua persamaan tersebut akan didapat R^2 terbesar yang dipilih sebagai orde reaksi.

Orde yang terpilih kemudian diplotkan pada persamaan *Arrhenius*. Persamaan *Arrhenius* merupakan plot antara nilai $1/T$ (K^{-1}) dan $\ln k$. Kemudian dilakukan regresi linier sehingga mendapatkan persamaan $y=a+bx$ yang merupakan intersep dan slope dari persamaan regresi linier $\ln k = \ln k_0 - (E/R) (1/T)$ dengan $\ln k_0$ adalah intersep dan E/R adalah slope. E_a adalah energi aktivasi dan R adalah konstanta gas ideal yaitu 1,986 kal/mol.

Pada Tabel 6 menunjukkan contoh regresi linier dan koefisien korelasi pada parameter bakteri asam laktat di masing-masing suhu. Penentuan kinetika reaksi dilakukan dengan mempertimbangkan nilai koefisien korelasi yang terbesar. Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa

koefisien korelasi orde satu lebih besar daripada koefisien korelasi orde nol (R^2 orde nol < R^2 orde satu), maka laju penurunan nilai mengikuti reaksi orde satu. Orde terpilih kemudian diplotkan ke dalam persamaan Arrhenius sehingga didapatkan energi aktivasi seperti terlihat pada Tabel 7.

Tabel 6. Regresi linear dan koefisien korelasi bakteri asam laktat sari jagung probiotik yang dikemas botol kaca

Suhu (°C)	Linear regression		R^2	
	Orde nol	Orde satu	Orde nol	Orde satu
5	$y = -0,041x + 7.55$	$y = -0.006x + 2.02$	0.991	0.993
10	$y = -0,041x + 7.53$	$y = -0.006x + 2.02$	0.984	0.988
15	$y = -0.029x + 7.44$	$y = -0.004x + 2.01$	0.777	0.783

Sumber [54]

Tabel 7. Energi aktivasi masing-masing parameter sari jagung probiotik pada kemasan kaca

Parameter	Rumus Arrhenius	R^2	Energi aktivasi (cal/mol ^o K)
Bakteri asam laktat	$y = 2849x - 15.4$	0,699	5641
Kadar protein	$y = -19748x + 66.4$	0.943	391101
pH	$y = -3265x + 6.6$	0,750	6464
Total asam	$y = -9647x + 29$	0.828	19101
Viscosity	$y = -5620x + 14.8$	0,399	11126
Padatan terlarut	$y = 2355x - 12$	0.178	4663
Acid taste	$y = -3925x + 9.9$	0.697	7772
Color	$y = -2530x + 2.7$	0.898	5007
Flavor	$y = -21153x + 68$	0.667	41883
Kesukaan	$y = -4806x + 12$	0.279	9516

Sumber [54]

Parameter yang dipilih adalah yang paling berpengaruh selama penyimpanan dan dapat dilihat dari nilai energi aktivasi terkecil. Hal ini disebabkan semakin kecil energi aktivasi maka penurunan kualitas akan menjadi lebih cepat [142]. Pada sari jagung probiotik yang dikemas kaca, energi aktivasi terkecil terdapat pada parameter padatan terlarut yaitu 4663 cal/mol^oK (Tabel 7). Dengan demikian, untuk sari jagung probiotik yang dikemas kaca, parameter yang digunakan untuk menentukan umur simpan adalah padatan terlarut.

Cara yang sama digunakan untuk menetapkan parameter kritis pada sari jagung probiotik yang dikemas polietilen terephthalate (PET). Pada sari jagung probiotik yang dikemas polietilen terephthalate, koefisien

korelasi orde nol lebih besar daripada orde satu. Oleh karena itu, laju penurunan reaksi pada sari jagung probiotik yang dikemas polietilen terephthalate mengikuti orde nol.

Tabel 8. Regresi linear dan koefisien korelasi parameter pada sari jagung probiotik yang dikemas polietilen terephthalate

Parameter	Persamaan regresi		Koefisien korelasi (R^2)	
	Orde nol	Orde satu	Orde nol	Orde satu
Bakteri asam laktat	$y = 2963,1x - 12,8$	$y = 3040,5x - 15$	0,895	0,883
Padatan terlarut	$y = 853,6x - 6,2$	$y = 863,2x - 9,3$	0,015	0,013
pH	$y = -11679,4x + 20,2$	$y = -12006,1x + 33,5$	0,998	0,997
Total asam	$y = -636,7x - 2,5$	$y = -463,4x - 2,9$	0,758	0,668
Viskositas	$y = 1524,7x - 5,2$	$y = 1407,8x - 9,9$	0,742	0,731
Protein	$y = -1534,5x + 0,2$	$y = -1492,7x - 0,7$	0,256	0,230

Sumber [57]

Pada sari jagung probiotik yang dikemas polietilen terephthalate, parameter yang memiliki energi aktivasi positif terkecil adalah total asam yaitu 5,29 kJ/mol (Tabel 9). Energi aktivasi adalah energi yang diperlukan untuk memulai perubahan pada masing-masing parameter. Sebagai contoh energi aktivasi total asam adalah 5,29 kJ/mol, berarti bahwa untuk mengubah total asam perlu energi sebesar 5,29 kJ. Nilai energi aktivasi yang negative tidak digunakan untuk menentukan umur simpan. Dengan demikian, untuk sari jagung probiotik yang dikemas PET, parameter yang digunakan untuk menentukan umur simpan adalah total asam.

Tabel 9. Energi aktivasi masing-masing variable pada sari jagung probiotik yang dikemas polietilen terephthalate

Parameter	Energi aktivasi (kJ/mol)
Bakteri asam laktat	-24.64
Padatan terlarut	-7.1
pH	97.1
Total asam	5.29
Viskositas	-12.68
Protein	12.76

Sumber [57]

Sari jagung probiotik yang dikemas polipropilene memiliki koefisien korelasi orde satu lebih besar daripada orde nol (

Tabel 10). Dengan demikian, untuk penetapan laju penurunan reaksi mengikuti orde 1. Hasil perhitungan energi aktivasi menunjukkan bahwa pH memiliki energi aktivasi terkecil pada sari jagung probiotik yang dikemas polipropilene (

Tabel 10).

Tabel 10. Regresi linear, koefisien korelasi dan energi aktivasi parameter pada sari jagung probiotik yang dikemas polipropilene

Parameter	Ordo 0				Ordo 1			
	Slope	Energi aktivasi (KJ/mol)	Intercept	Korelasi	Slope	Energi aktivasi (KJ/mol)	Intercept	Korelasi
Bakteri asam laktat	-6269,2	52,12	19,0	0,955	-7367,3	61,25	20,9	0,967
Padatan terlarut	-11939,7	99,27	37,2	0,887	-11809,8	98,19	33,7	0,887
pH	-3474,8	28,89	6,6	0,978	-3622,2	30,12	5,6	0,986
Total asam	-5638,6	46,88	15,0	0,961	-4734,7	39,36	12,0	0,964
Viskositas	-4527,7	37,64	15,3	0,741	-4412,8	36,69	9,9	0,662
Protein	-3792,3	31,53	7,9	0,616	-3860,6	32,10	7,4	0,578

Sumber: [53]

Umur simpan sari jagung probiotik yang dikemas dalam botol polietilen terephthalate pada 5-20°C adalah 38-41 hari [13]. Menurut [137], suhu penyimpanan yoghurt yang baik adalah pada refrigerator suhu $\pm 4^\circ\text{C}$. Menurut [128], yoghurt yang disimpan pada 4°C masih memiliki sifat yang baik sampai 21 hari. Sari jagung probiotik yang dikemas menggunakan botol kaca memiliki umur simpan yang lebih lama yaitu 72-131 hari [54].

Tabel 11. Prediksi umur simpan sari jagung probiotik pada beberapa jenis kemasan dan suhu penyimpanan

Suhu ($^\circ\text{C}$)	Umur simpan (hari)		
	kemasan botol	Polietilen terephthalate	Polipropilene
5	131	41	146
10	106	40	117
15	87	39	95
20	72	38	78

Sumber [53], [54], [13]

Perbedaan umur simpan disebabkan perbedaan sifat pengemas. Polietilen terephthalate memiliki densitas $1,4 \text{ g/m}^3$, sedangkan kaca memiliki densitas $2,49 \text{ g/m}^3$ [145]. Densitas yang lebih rendah pada pengemas menunjukkan struktur lebih terbuka, mudah ditembus oleh fluida seperti uap air, oksigen atau CO_2 . Sebaliknya, pengemas yang memiliki densitas tinggi memiliki struktur polimer yang lebih kompak sehingga permeabilitas terhadap air dan gas lebih rendah [146].

BAB 5 PENUTUP

Jagung manis dapat diolah menjadi sari jagung dan penambahan probiotik dapat memberikan nilai tambah sari jagung tersebut sebagai pangan fungsional. Semakin banyak konsentrasi kultur yang ditambahkan pada pembuatan sari jagung probiotik maka jumlah bakteri asam laktat, total asam dan viskositas semakin meningkat, sedangkan pH, total padatan terlarut, kadar lemak dan protein semakin menurun. Semakin banyak ekstrak ubi jalar merah yang ditambahkan pada pembuatan sari jagung probiotik, maka total padatan terlarut dan viskositas semakin meningkat; sedangkan kadar protein dan lemak semakin menurun [24].

Kombinasi paling baik untuk pembuatan sari jagung probiotik adalah pada konsentrasi 4 % kultur dan 15 % ekstrak ubi jalar. Produk memiliki pH 3,88, viskositas sebesar 261,5 cP, kadar asam laktat 0,87 %, kadar lemak 0,05 %, total padatan terlarut 19,10 °Brix, dan protein total 3,23 % [24]. Yoghurt ini sudah memenuhi standar SNI yoghurt, kecuali kadar protein yang masih lebih rendah yaitu 3,23 (menurut SNI minimal 3,5). Hasil preferensi konsumen menunjukkan sari jagung probiotik memiliki skor kesukaan 3,61 (dari skala 5).

Semakin lama penyimpanan yoghurt jagung, maka semakin meningkat pula rasa asam. Namun, setelah penyimpanan minggu ketiga, terjadi penurunan rasa asam yang cukup signifikan terutama pada kemasan botol polietilen terephthalate dan botol kaca. Umur simpan sari jagung probiotik yang dikemas dalam botol polietilen terephthalate pada 5-20°C adalah 38-41 hari [13]. Menurut [137], suhu penyimpanan yoghurt yang baik adalah pada refrigerator suhu $\pm 4^{\circ}\text{C}$. Menurut [128] yoghurt yang disimpan pada 4°C masih memiliki sifat yang baik sampai 21 hari. Sari jagung probiotik yang dikemas menggunakan botol kaca memiliki umur simpan yang lebih lama yaitu 72-131 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Doyon and J. Labrecque, "Functional foods: a conceptual definition," *Br. Food J.*, vol. 110, no. 11, pp. 1133–1149, Oct. 2008.
- [2] B. Irene Goetzke and A. Spiller, "Health-improving lifestyles of organic and functional food consumers," *Br. Food J.*, vol. 116, no. 3, pp. 510–526, Feb. 2014.
- [3] G. Pascal, "Functional Foods in the European Union," *Nutr. Rev.*, vol. 54, no. 11, pp. S29–S32, Apr. 2009.
- [4] C. M. Hasler, "Functional foods: benefits, concerns and challenges-a position paper from the american council on science and health.," *J. Nutr.*, vol. 132, no. 12, pp. 3772–81, Dec. 2002.
- [5] R. E. Wildman, *Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods, Second Edition - Google Buku*, 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2007.
- [6] F. Shahidi, "Nutraceuticals and functional foods: Whole versus processed foods," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 20, no. 9, pp. 376–387, Sep. 2009.
- [7] N. C. Howarth, E. Saltzman, and S. B. Roberts, "Dietary Fiber and Weight Regulation," *Nutr. Rev.*, vol. 59, no. 5, pp. 129–139, Apr. 2009.
- [8] H. Fujii *et al.*, "Impact of dietary fiber intake on glycemic control, cardiovascular risk factors and chronic kidney disease in Japanese patients with type 2 diabetes mellitus: The Fukuoka Diabetes Registry," *Nutr. J.*, vol. 12, no. 1, Dec. 2013.
- [9] R. Karimi, M. H. Azizi, M. Ghasemlou, and M. Vaziri, "Application of inulin in cheese as prebiotic, fat replacer and texturizer: A review," *Carbohydrate Polymers*, vol. 119. 2015.
- [10] H. Ohama, H. Ikeda, and H. Moriyama, "Health foods and foods with health claims in Japan," vol. 221, pp. 95–111, 2006.
- [11] L. Barros, M.-J. Ferreira, B. Queiros, I. C. Ferreira, and P. Baptista, "Total phenols, ascorbic acid, β -carotene and lycopene in Portuguese wild edible mushrooms and their antioxidant activities," *Food Chem.*, vol. 103, no. 2, pp. 413–419, Jan. 2007.
- [12] A. Mohamed and I. Darwish, "Physicochemical Properties , Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Kareish Cheese Fortified with *Spirulina platensis*," *World J. Dairy Food Sci.*, vol. 12, no. 2, pp. 71–78, 2017.
- [13] L. Guo *et al.*, "Food protein-derived chelating peptides: Biofunctional ingredients for dietary mineral bioavailability enhancement," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 37, no. 2, pp. 92–105, Jun. 2014.

- [14] O. Kadiri, "A review on the status of the phenolic compounds and antioxidant capacity of the flour: Effects of cereal processing," *International Journal of Food Properties*, vol. 20. Taylor and Francis Inc., pp. S798–S809, 18-Dec-2017.
- [15] T. Walle *et al.*, "Absorption and metabolism of flavonoids," *Free Radic. Biol. Med.*, vol. 36, no. 7, pp. 829–837, Apr. 2004.
- [16] S. H. Al-Sheraji, A. Ismail, M. Y. Manap, S. Mustafa, R. M. Yusof, and F. A. Hassan, "Prebiotics as functional foods: A review," *J. Funct. Foods*, vol. 5, no. 4, pp. 1542–1553, Oct. 2013.
- [17] L. Nicoud, N. Cohrs, P. Arosio, E. Norrant, and M. Morbidelli, "Effect of polyol sugars on the stabilization of monoclonal antibodies," *Biophys. Chem.*, vol. 197, pp. 40–46, Feb. 2015.
- [18] M. Zakari U, A. Hassan, and F. Kida, "Chemical composition, functional and organoleptic properties of complementary foods formulated from millet, soybean and African locust bean fruit pulp flour blends," *African J. Food Sci.*, vol. 12, no. 6, pp. 126–130, 2018.
- [19] D. Granato, G. F. Branco, F. Nazzaro, A. G. Cruz, and J. A. F. Faria, "Functional Foods and Nondairy Probiotic Food Development: Trends, Concepts, and Products," *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, vol. 9, no. 3, pp. 292–302, May 2010.
- [20] A. Lourens-Hattingh and B. C. Viljoen, "Yogurt as probiotic carrier food," *Int. Dairy J.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–17, 2001.
- [21] a. R. Shima, H. F. Salina, M. Masniza, and a. H. Atiqah, "Viability of lactic acid bacteria in home made yogurt containing sago starch oligosaccharides," *Int. J. Basic Appl. Sci.*, vol. 12, no. 1, pp. 58–62, 2012.
- [22] R. C. Reis, V. P. R. Minim, H. M. A. Bolini, B. R. P. Dias, L. A. Minim, and E. B. Ceresino, "Sweetness equivalence of different sweeteners in strawberry-flavored yogurt," *J. Food Qual.*, vol. 34, no. 3, pp. 163–170, Jun. 2011.
- [23] M. Sveučilište u Zagrebu. Prehrambeno-biotehnološki fakultet., L. Hrvatsko društvo za biotehnologiju., Saveza hrvatskih društava za unapređenje prehrane., and Slovenskog mikrobiološkog društva., "Physicochemical, Textural and Sensory Characteristics of Probiotic Soy Yogurt Prepared from Germinated Soybean," *Food Technol. Biotechnol.*, vol. 48, no. 4, pp. 490–496, Dec. 2010.
- [24] N. Aini, V. Prihananto, G. Wijonarko, A. Arimah, and M. Syaifudin, "Effect of Culture Concentration and Sweet Potato Prebiotic to the Properties of Sweet Corn Juice Probiotic," *AgriTech*, vol. 37, no. 2, pp. 165–172, 2017.
- [25] D. Granato, J. S. Santos, R. D. Salem, A. M. Mortazavian, R. S. Rocha, and A. G. Cruz, "Effects of herbal extracts on quality traits

- of yogurts, cheeses, fermented milks, and ice creams: a technological perspective,” *Curr. Opin. Food Sci.*, vol. 19, pp. 1–7, 2018.
- [26] F. P. Bruzantin, J. L. P. Daniel, P. P. M. da Silva, and M. H. F. Spoto, “Physicochemical and sensory characteristics of fat-free goat milk yogurt with added stabilizers and skim milk powder fortification,” *J. Dairy Sci.*, vol. 99, no. 5, 2016.
- [27] H. Cheng, “Volatile Flavor Compounds in Yogurt: A Review,” *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 50, no. 10, pp. 938–950, Nov. 2010.
- [28] W. Gustaw, M. Kordowska-Wiater, and J. Kozió, “The influence of selected prebiotics on the growth of lactic acid bacteria for bio-yoghurt production,” *Acta Sci. Polym. Technol.*, vol. 10, no. 4, pp. 455–466, 2011.
- [29] H. S. Ejtahed *et al.*, “Effect of probiotic yogurt containing *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* on lipid profile in individuals with type 2 diabetes mellitus,” *J. Dairy Sci.*, 2011.
- [30] B. N. P. Sah, T. Vasiljevic, S. McKechnie, and O. N. Donkor, “Antibacterial and antiproliferative peptides in synbiotic yogurt-Release and stability during refrigerated storage,” *J. Dairy Sci.*, vol. 99, no. 6, pp. 4233–4242, Jun. 2016.
- [31] P. Sfakianakis and C. Tzia, “Conventional and Innovative Processing of Milk for Yogurt Manufacture; Development of Texture and Flavor: A Review,” *Foods*, vol. 3, pp. 176–193, 2014.
- [32] J. W. Anderson and S. E. Gilliland, “Effect of Fermented Milk (Yogurt) Containing *Lactobacillus Acidophilus* L1 on Serum Cholesterol in Hypercholesterolemic Humans,” *J. Am. Coll. Nutr.*, vol. 18, no. 1, pp. 43–50, Feb. 1999.
- [33] P. J. Huth and K. M. Park, “Influence of dairy product and milk fat consumption on cardiovascular disease risk: a review of the evidence,” *Adv. Nutr.*, vol. 3, no. 3, pp. 266–85, May 2012.
- [34] W. J. Lee and J. A. Lucey, “Formation and physical properties of yogurt,” *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, vol. 23, no. 9. Asian-Australasian Association of Animal Production Societies, pp. 1127–1136, 2010.
- [35] M. Bahrami, D. Ahmadi, M. Alizadeh, and F. Hosseini, “Physicochemical and sensorial properties of probiotic yogurt as affected by additions of different types of hydrocolloid,” *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.*, vol. 33, no. 3, pp. 363–368, 2013.
- [36] E. Dickinson, “Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers,” *Food Hydrocoll.*, vol. 23, no. 6, pp. 1473–1482, Aug. 2009.

- [37] T. M. Ali and A. Hasnain, "Effect of emulsifiers on complexation and retrogradation characteristics of native and chemically modified White sorghum (*Sorghum bicolor*) starch," *Thermochim. Acta*, vol. 552, pp. 46–53, Jan. 2013.
- [38] R. Aveyard, B. P. Binks, and J. H. Clint, "Emulsions stabilised solely by colloidal particles," *Adv. Colloid Interface Sci.*, vol. 100, pp. 503–546, 2003.
- [39] J. A. Gwartz and M. N. Garcia-Casal, "Processing maize flour and corn meal food products," *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, vol. 1312, no. 1, pp. 66–75, Apr. 2014.
- [40] M. H. Zimmer, L. C. Hart, P. Manning-Courtney, D. S. Murray, N. M. Bing, and S. Summer, "Food Variety as a Predictor of Nutritional Status Among Children with Autism," *J. Autism Dev. Disord.*, vol. 42, no. 4, pp. 549–556, Apr. 2012.
- [41] A. Kumar, "Production potential and nitrogen-use efficiency of sweet corn (*Zea mays*) as influenced by different planting densities and nitrogen levels.," *Indian J. Agric. Sci.*, vol. 79, no. 5, pp. 351–355, 2009.
- [42] M. B. Coskun, I. Yalcin, and C. Ozarslan, "Physical properties of sweet corn seed (*Zea mays saccharata* Sturt.) - ScienceDirect," *J. Food Eng.*, vol. 74, no. 4, pp. 523–528, 2016.
- [43] J. H. Lee, J. K. Jeon, S. G. Kim, S. H. Kim, T. Chun, and J.-Y. Imm, "Comparative analyses of total phenols, flavonoids, saponins and antioxidant activity in yellow soy beans and mung beans," *Int. J. Food Sci. Technol.*, vol. 46, no. 12, pp. 2513–2519, Dec. 2011.
- [44] F. Yangilar and P. O. Yildiz, "Effects of using combined essential oils on quality parameters of bio-yogurt," *J. Food Process. Preserv.*, p. e13332, May 2017.
- [45] N. Sahan, K. Yasar, and A. A. Hayaloglu, "Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a β -glucan hydrocolloidal composite during storage," *Food Hydrocoll.*, vol. 22, pp. 1291–1297, 2008.
- [46] K. D. Putri, M. A. Zaini, and D. Kisworo, "Pengaruh rasio susu full cream dengan jagung mans (*Zea mays saccharata*) terhadap nilai gizi, sifat fisik dan organoleptik es krim," *J. Ilmu dan Teknol. Pangan*, vol. 1, no. 1, pp. 15–23, 2015.
- [47] X. Guo, T. Li, K. Tang, and R. H. Liu, "Effect of Germination on Phytochemical Profiles and Antioxidant Activity of Mung Bean Sprouts (*Vigna radiata*)," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 60, no. 44, pp. 11050–11055, Nov. 2012.
- [48] S. L. Irvine and S. Hekmat, "Evaluation of Sensory Properties of Probiotic Yogurt Containing Food Products with Prebiotic

- Fibresin Mwanza, Tanzania,” *Food Nutr. Sci.*, vol. 02, no. 05, pp. 434–439, Jul. 2011.
- [49] I. A. Rubel, C. Iraporda, R. Novosad, F. A. Cabrera, D. B. Genovese, and G. D. Manrique, “Inulin rich carbohydrates extraction from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers and application of different drying methods,” *Food Res. Int.*, vol. 103, no. August 2017, pp. 226–233, 2018.
- [50] L. Ruiz, M. Gueimonde, P. Ruas-Madiedo, A. Margolles, and B. Sánchez, “Improving Probiotics for Functional Foods,” *Adv. Food Biotechnol.*, pp. 351–368, Oct. 2015.
- [51] N. Aini, V. Prihananto, B. Sustiawan, and G. Wijonarko, “Bioyoghurt Jagung Kacang Hijau Sebagai Pangan Fungsional: Formulasi, Karakterisasi dan Studi Kelayakan Usaha,” Purwokerto, 2017.
- [52] N. Aini, V. Prihananto, and G. Wijonarko, “Corn-mungbean yogurt as a functional food: formulation, characterization and business veasibility,” Purwokerto, 2015.
- [53] N. Aini, V. Prihananto, B. Sustiawan, Y. Astuti, and M. R. Maulina, “Quality evaluation of polypropylene packaged corn yogurt during storage,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 102, p. 012049, 2018.
- [54] N. Aini, V. Prihananto, G. Wijonarko, Y. Astuti, M. R. Maulina, and M. Muthmainah, “Quality deterioration and shelf life estimation of corn yogurt was packaged by glass bottle,” *Adv. Sci. Lett.*, vol. 23, no. 6, pp. 5796–5798, 2017.
- [55] A. P. Rauk, K. Guo, Y. Hu, S. Cahya, and W. F. Weiss, “Arrhenius time-scaled least squares: A simple, robust approach to accelerated stability data analysis for bioproducts,” *J. Pharm. Sci.*, vol. 103, no. 8, pp. 2278–2286, Aug. 2014.
- [56] K. Al and Oladimeji Gr, “Production and quality evaluation of Soy-corn milk,” *J. Anim. Feed. Sci.ournal Appl. Biosci.*, vol. 1, no. 2, pp. 40–45, 2008.
- [57] N. Aini, V. Prihananto, and G. Wijonarko, “Corn-mungbean yogurt as a functional food: formulation, characterization and business veasibility (2nd),” Purwokerto, 2016.
- [58] A. P. Marafon, A. Sumi, M. R. Alcântara, A. Y. Tamime, and M. Nogueira de Oliveira, “Optimization of the rheological properties of probiotic yoghurts supplemented with milk proteins,” *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 44, no. 2, pp. 511–519, 2011.
- [59] E. Mena-Casanova and A. Totosaus, “Improvement of emulsifying properties of milk proteins with κ or λ carrageenan: effect of pH and ionic strength - Mena-Casanova - 2011 - International Journal of Food Science & Technology - Wiley

- Online Library,” *Int. J. Food Sci. Technol.*, vol. 46, pp. 535–541, 2011.
- [60] A. P. Marafon, A. Sumi, D. Granato, M. R. Alcântara, A. Y. Tamime, and M. Nogueira de Oliveira, “Effects of partially replacing skimmed milk powder with dairy ingredients on rheology, sensory profiling, and microstructure of probiotic stirred-type yogurt during cold storage,” *J. Dairy Sci.*, vol. 94, no. 11, pp. 5330–5340, 2011.
- [61] J. W. Anderson *et al.*, “Health benefits of dietary fiber,” *Nutr. Rev.*, vol. 67, no. 4, pp. 188–205, Apr. 2009.
- [62] A. Bienvenue, R. Jiménez-Flores, and H. Singh, “Rheological properties of concentrated skim milk: Importance of soluble minerals in the changes in viscosity during storage,” *J. Dairy Sci.*, vol. 86, no. 12, pp. 3813–3821, 2003.
- [63] A. Sarkar, K. K. Goh, and H. Singh, “Colloidal stability and interactions of milk-protein-stabilized emulsions in an artificial saliva,” *Food Hydrocoll.*, vol. 23, no. 5, pp. 1270–1278, Jul. 2009.
- [64] W. Liu and Q. Shen, “Studies on the physicochemical properties of mung bean starch from sour liquid processing and centrifugation,” *J. Food Eng.*, vol. 79, no. 1, pp. 358–363, Mar. 2007.
- [65] D. C. G. da Silva, L. R. de Abreu, and G. M. P. Assumpção, “Addition of water-soluble soy extract and probiotic culture, viscosity, water retention capacity and syneresis characteristics of goat milk yogurt,” *Ciência Rural*, vol. 42, no. 3, pp. 545–550, Mar. 2012.
- [66] M. R. Damin, M. R. Alcântara, A. P. Nunes, and M. N. Oliveira, “Effects of milk supplementation with skim milk powder, whey protein concentrate and sodium caseinate on acidification kinetics, rheological properties and structure of nonfat stirred yogurt,” *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 42, no. 10, pp. 1744–1750, 2009.
- [67] P. Hariyadi and N. Aini, *Dasar-dasar Penanganan Pasca Panen Buah dan Sayur*. Bandung: Alfabeta, 2015.
- [68] N. Aini, P. Hariyadi, T.-R. Muchtadi, and N. Andarwulan, “Hubungan antara waktu fermentasi grits jagung dengan sifat gelatinisasi tepung jagung putih yang dipengaruhi ukuran partikel,” *J. Teknol. dan Ind. Pangan*, vol. XXI, no. 1, pp. 18–24, 2010.
- [69] N. Tangsuphoom and J. Coupland, “Effect of surface-active stabilizers on the microstructure and stability of coconut milk emulsions,” *Food Hydrocoll.*, vol. 22, no. 7, pp. 1233–1242, Oct. 2008.

- [70] N. Aini and P. Hariyadi, "Gelatinization properties of white maize starch from three varieties of corn subject to oxidized and acetylated-oxidized modification," *Int. Food Res. J.*, vol. 17, no. 4, pp. 961–968, 2010.
- [71] W. Zhang, S. Li, B. Zhang, S. R. Drago, and J. Zhang, "Relationships between the gelatinization of starches and the textural properties of extruded texturized soybean protein-starch systems," *J. Food Eng.*, vol. 174, pp. 29–36, 2016.
- [72] J. G. B. Januário, A. S. Oliveira, S. S. Dias, S. . Klososki, and T. . Pimentel, "Kefir ice cream flavored with fruits and sweetened with honey: physical and chemical characteristics and acceptance," 2018.
- [73] B. A. Abd El-Salam, "Effect of milk fat replacement with vegetable oil and/or whey protein concentrate on microstructure, texture and sensory characteristics of fresh soft cheese," *Int. J. Dairy Sci.*, vol. 10, no. 3, pp. 117–125, 2015.
- [74] C. Lobato-Calleros, A. Sosa-Pérez, J. Rodríguez-Tafoya, O. Sandoval-Castilla, C. Pérez-Alonso, and E. J. Vernon-Carter, "Structural and textural characteristics of reduced-fat cheese-like products made from W1/O/W2 emulsions and skim milk," *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 41, no. 10, pp. 1847–1856, Dec. 2008.
- [75] S. Horáčková, K. Rokytová, K. Bialasová, I. Klojdová, and M. Sluková, "Fruit juices with probiotics – New type of functional foods," *Czech J. Food Sci.*, vol. 36, no. 4, pp. 284–288, 2018.
- [76] N. Nur Liyana, M. A. R. Nor-Khaizura, and M. R. Ismail-Fitry, "Effect of substituting tapioca starch with various high protein legume flours on the physicochemical and sensory properties of keropok lekor (Malaysian fish sausage)," *Food Res.*, vol. 3, no. 1, pp. 40–48, 2019.
- [77] I. Filiyanti, D. R. Affandi, and B. S. Amanto, "Kajian Penggunaan Susu Tempe Dan Ubi Jalar Ungu Sebagai Pengganti Susu Skim Pada Pembuatan Es Krim Nabati Berbahan Dasar Santan Kelapa," *Teknosains Pangan*, vol. 2, no. 2, pp. 57–65, 2013.
- [78] A. M. Paula and A. C. Conti-silva, "Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks," *J. Food Eng.*, vol. 121, pp. 9–14, 2014.
- [79] C. Colín-Chávez, E. B. Vicente-Ramírez, H. Soto-Valdez, E. Peralta, and R. Auras, "The Release of Carotenoids from a Light-Protected Antioxidant Active Packaging Designed to Improve the Stability of Soybean Oil," *Food Bioprocess Technol.*, vol. 7, no. 12, pp. 3504–3515, Dec. 2014.
- [80] S. Hulin-Bertaud, K. N. Kilcawley, M. G. Wilkinson, and C. M. Delahunty, "Sensory and Compositional Relationships Between

- Commercial Cheddar-flavored Enzyme-modified Cheeses and Natural Cheddar,” *J. Food Sci.*, vol. 65, no. 6, pp. 1076–1082, Sep. 2000.
- [81] J. María Landete *et al.*, “Effect of soaking and fermentation on content of phenolic compounds of soybean (*Glycine max* cv. Merit) and mung beans (*Vigna radiata* [L] Wilczek),” *Int. J. Food Sci. Nutr.*, vol. 66, no. 2, pp. 203–209, Feb. 2015.
- [82] E. Guichard, “Interaction of aroma compounds with food matrices,” in *Flavour Development, Analysis and Perception in Food and Beverages*, Elsevier, 2015, pp. 273–295.
- [83] A. Arslaner, M. A. Salık, S. Özdemir, and A. Akköse, “Yogurt ice cream sweetened with sucrose, stevia and honey: Some quality and thermal properties,” *Czech J. Food Sci.*, vol. 37, no. No. 6, pp. 446–455, 2019.
- [84] J. J. O. Colmenero and G. A. Broderick, “Effect of Dietary Crude Protein Concentration on Milk Production and Nitrogen Utilization in Lactating Dairy Cows,” *J. Dairy Sci.*, vol. 89, no. 5, pp. 1704–1712, 2006.
- [85] O. Rodriguez-gonzalez, R. Buckow, T. Koutchma, and V. M. Balasubramaniam, “Energy Requirements for Alternative Food Processing Technologies — Principles , Assumptions , and Evaluation of Efficiency,” *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, vol. 14, pp. 536–554, 2015.
- [86] A. Kraus, “Development of functional food with the participation of the consumer . Motivators for consumption of functional products,” *Int. J. Consum. Stud.*, vol. 39, pp. 2–11, 2015.
- [87] A. Gracia, “Assessing Projection Bias in Consumers ’ Food Preferences,” *PLoS One*, vol. 1, pp. 1–12, 2016.
- [88] A. F. Krivanek, H. De Groote, N. S. Gunaratna, A. O. Diallo, and D. K. Friesen, “Breeding and disseminating quality protein maize (QPM) for Africa,” *African J. Biotechnol.*, vol. 6, no. 4, pp. 312–324, 2007.
- [89] L. V. Gaze *et al.*, “Preference mapping of dulce de leche commercialized in Brazilian markets,” *J. Dairy Sci.*, vol. 98, no. 3, pp. 1443–1454, 2015.
- [90] F. Bimbo *et al.*, “Consumers’ acceptance and preferences for nutrition-modified and functional dairy products: A systematic review,” *Appetite*, vol. 113, pp. 141–154, Jun. 2017.
- [91] R. Moreira, F. Chenlo, S. Arufe, and S. N. Rubinos, “Physicochemical characterization of white, yellow and purple maize flours and rheological characterization of their doughs,” *J. Food Sci. Technol.*, vol. 52, no. 12, pp. 7954–7963, Dec. 2015.

- [92] P. Moura, R. Barata, F. Carvalheiro, F. Girio, C. Loureiro-Dias, Maria, and P. Esteves, "In vitro fermentation of xylo-oligosaccharides from corn cobs autohydrolysis by *Bifidobacterium* and *Lactobacillus* strains," *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 40, no. 6, pp. 963–972, Aug. 2007.
- [93] M.-J. Butel, "Probiotics, gut microbiota and health," *Médecine Mal. Infect.*, vol. 44, no. 1, pp. 1–8, 2014.
- [94] B. Sachez, C. G. de los Reyes-Gavilan, A. Margolles, and M. Gueimonde, "Probiotic fermented milks: Present and future," *Int. J. Dairy Technol.*, vol. 62, no. 4, pp. 472–483, Nov. 2009.
- [95] E. Rahayu, "Perkembangan Terkini Penggunaan Probiotik dalam Industri Susu," *Food Review*, pp. 30–33, 2009.
- [96] A. Moongngarm, N. Trachoo, and N. Sirigungwan, "Low Molecular Weight Carbohydrates, prebiotic content, and prebiotic activity of selected food plants in Thailand," *Adv. J. Food Sci. Technol.*, 2011.
- [97] K. P, P. P, and J. P, "Prebiotic fructooligosaccharide production from yeast strain ML1," *Int. Food Res. J.*, vol. 23, no. 1, pp. 425–428, 2016.
- [98] L. Allgeyer, M. Miller, and S. Lee, "Sensory and microbiological quality of yogurt drinks with prebiotics and probiotics," *J. Dairy Sci.*, vol. 93, pp. 4471–4479, 2010.
- [99] M. Pescuma, E. M. Hebert, F. Mozzi, and G. F. de Valdez, "Functional fermented whey-based beverage using lactic acid bacteria," *Int. J. Food Microbiol.*, vol. 141, no. 1–2, pp. 73–81, Jun. 2010.
- [100] E. Mahdian and M. M. Tehrani, "Evaluation the Effect of Milk Total Solids on the Relationship Between Growth and Activity of Starter Cultures and Quality of Concentrated Yoghurt," *Am. J. Agric. Environmentall Sci.*, vol. 2, no. 5, pp. 587–592, 2007.
- [101] A. O. Olugbuyiro and J. . Oseh, "Physico-chemical and Sensory Evaluation of Market Yoghurt in Nigeria," *Pakistan J. Nutr.*, vol. 10, no. 10, pp. 914–918, Oct. 2011.
- [102] Y. Rivera-Espinoza and Y. Gallardo-Navano, "Non-dairy probiotic products," *Food Microbiol.*, vol. 27, no. 1, pp. 1–11, Feb. 2010.
- [103] M. C. Karam, C. Gaiani, C. Hosri, J. Burgain, and J. Scher, "Effect of dairy powders fortification on yogurt textural and sensorial properties: a review," *J. Dairy Res.*, vol. 80, no. 04, pp. 400–409, 2013.
- [104] F. Jimenez-Colmenero, "Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats," *Trends Food Sci.*

- Technol.*, vol. 18, no. 11, pp. 567–578, Nov. 2007.
- [105] B. R. . Wulandani, Y. Marsono, T. Utami, and E. S. Rahayu, “Potency of yogurt as angiotensin converting enzyme inhibitor with addition of *Ficus glomerata* Roxb fruit extract,” *Int. Food Res. J.*, vol. 25, no. 3, pp. 1153–1158, 2018.
- [106] L. Allgeyer, M. Miller, and S. Lee, “Drivers of liking for yogurt drinks with prebiotics and probiotics,” *J. Food Sci.*, 2010.
- [107] M. Abrar, R. R. Anjum, T. Zahoor, Sajjad-ur-Rahman, S. Hussain, and S. Ahmad, “Chemical and sensory characteristics of yoghurts prepared by locally isolated and commercially imported starter cultures.,” *Milchwissenschaft*, vol. 64, no. 4, pp. 392–395, 2009.
- [108] L. A. Mawar, N. Aini, and Wijonarko, “Formulasi minuman sinbiotik dari susu dan ubi jalar menggunakan *Lactobacillus casei*,” *JITIPARI*, vol. 5, no. 3, pp. 74–84, Mar. 2018.
- [109] S. Bansal, M. Mangal, S. K. Sharma, and R. K. Gupta, “Non-dairy Based Probiotics: A Healthy Treat for Intestine,” *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 56, no. 11, pp. 1856–1867, Aug. 2016.
- [110] Y. Shao and Y. He, “Measurement of Soluble Solids Content and pH of Yogurt Using Visible/Near Infrared Spectroscopy and Chemometrics,” *Food Bioprocess Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 229–233, Jun. 2009.
- [111] A. Surendra Babu, R. Parimalavalli, and S. G. Rudra, “Effect of citric acid concentration and hydrolysis time on physicochemical properties of sweet potato starches,” *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 80, pp. 557–565, Sep. 2015.
- [112] A. Oktem, “Effect of water shortage on yield, and protein and mineral compositions of drip-irrigated sweet corn in sustainable agricultural systems - ScienceDirect,” *Agric. Water Manag.*, vol. 95, no. 9, pp. 1003–1010, 2008.
- [113] I. Filiyanti, D. R. Affandi, S. Amanto, J. Teknologi, H. Pertanian, and F. Pertanian, “Kajian penggunaan susu tempe dan ubi jalar ungu sebagai pengganti susu skim pada pembuatan es krim nabati berbahan dasar santan kelapa,” *J. Teknosains Pangan*, vol. 2, no. 2, pp. 57–65, 2013.
- [114] Z. Pang, H. Deeth, S. Prakash, and N. Bansal, “Development of rheological and sensory properties of combinations of milk proteins and gelling polysaccharides as potential gelatin replacements in the manufacture of stirred acid milk gels and yogurt,” *J. Food Eng.*, vol. 169, 2016.
- [115] A. Bienvenue, R. Jiménez-Flores, and H. Singh, “Rheological properties of concentrated skim milk: Importance of soluble minerals in the changes in viscosity during storage,” *J. Dairy Sci.*, vol. 86, no. 12, pp. 3813–3821, 2003.

- [116] G. Reddy, M. Altaf, B. J. Naveena, Venkateshwar, and E. . Kumar, "Amylolytic bacterial lactic acid fermentation — A review," *Biotechnol. Adv.*, vol. 26, no. 1, pp. 22–34, 2008.
- [117] A. G. Cruz *et al.*, "Developing a prebiotic yogurt: Rheological, physico-chemical and microbiological aspects and adequacy of survival analysis methodology," *J. Food Eng.*, vol. 114, no. 3, pp. 323–330, 2013.
- [118] A. Lourens-Hattingh and B. C. Viljoen, "Yogurt as probiotic carrier food," *Int. Dairy J.*, vol. 11, no. 1–2, pp. 1–17, Jan. 2001.
- [119] O. Fikiru, G. Bultosa, S. F. Forsido, and M. Temesgen, "Mineral, Total Carotenoids and Anti-Nutritional Contents of Complementary Food Blended from Maize, Roasted Pea and Malted Barley," *World J. Dairy Food Sci.*, vol. 12, no. 2, pp. 124–131, 2017.
- [120] J. Wu, B. Du, J. Li, and H. Zhang, "Influence of homogenisation and the degradation of stabilizer on the stability of acidified milk drinks stabilized by carboxymethylcellulose," *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 56, no. 2, pp. 370–376, May 2014.
- [121] A. B. Shori and A. S. Baba, "Viability of lactic acid bacteria and sensory evaluation in *Cinnamomum verum* and *Allium sativum*-bio-yogurts made from camel and cow milk," *J. Assoc. Arab Univ. Basic Appl. Sci.*, vol. 11, no. 1, pp. 50–55, 2012.
- [122] V. L. E. J, M. H. Diem, Z. Pieniak, and W. Verbeke, "Consumer attitudes, knowledge, and consumption of organic yogurt," *J Dairy Sci*, vol. 96, pp. 2118–2129, 2013.
- [123] W. Błaszczak, T. A. Misharina, D. Fessas, M. Signorelli, and A. R. Górecki, "Retention of aroma compounds by corn, sorghum and amaranth starches," *Food Res. Int.*, vol. 54, no. 1, pp. 338–344, 2013.
- [124] Y. Jo, D. M. Benoist, M. A. Drake, and D. M. Barbano, "Flavor and flavor chemistry differences among milks processed by high temperature, short time or ultra-pasteurization," *Journal of Dairy Science*. 2018.
- [125] A. Y. Tamime and R. K. Robinson, "Traditional and recent developments in yoghurt production and related products," in *Tamime and Robinson's Yoghurt*, Elsevier, 2007, pp. 348–467.
- [126] M. R. Damin, E. Minowa, M. R. Alcantara, Oliveira, and Marice Nogueira, "Effect of Cold Storage on Culture Viability and Some Rheological Properties of Fermented Milk Prepared with Yogurt and Probiotic Bacteria," *J. Texture Stud.*, vol. 39, no. 1, pp. 40–55, Feb. 2008.
- [127] M. Gurses, B. Cetin, and M. Sengul, "Change in Probiotic Microflora and Physico-chemical Characteristics of Rose Hip

- Marmalade Bio-yoghurts During Refrigerated Storage,” *Asian J. Chem.*, vol. 21, no. 5, pp. 4097–4103, 2009.
- [128] D. A. . Saccaro, A. Y. Tamime, S. Pilleggi, Ana Lu Cia O.P, and M. N. Oliveira, “The viability of three probiotic organisms grown with yoghurt starter cultures during storage for 21 days at 4 C,” *Int. J. Dairy Technol.*, vol. 62, no. 3, pp. 397–404, 2009.
- [129] P. Nikmaram, S. M. Mousavi, H. Kiani, Z. Emamdjomeh, S. H. Razavi, and Z. Mousavi, “Modeling the Effect of Inulin, pH and Storage Time on the Viability of Selected *Lactobacillus* in a Probiotic Fruity Yogurt Drink Using the Monte Carlo Simulation,” *J. Food Qual.*, vol. 39, no. 4, pp. 362–369, Aug. 2016.
- [130] O. Donkor, S. Nilmini, P. Stolic, and T. Vasiljevic, “Survival and activity of selected probiotic organisms in set-type yoghurt during cold storage,” *Int. Dairy J.*, vol. 17, pp. 657–665, 2007.
- [131] M. Granito and G. Álvarez, “Lactic acid fermentation of black beans (*Phaseolus vulgaris*): microbiological and chemical characterization,” *J. Sci. Food Agric.*, vol. 86, no. 8, pp. 1164–1171, Jun. 2006.
- [132] E. Zannini, D. M. Waters, A. Coffey, and E. K. Arendt, “Production, properties, and industrial food application of lactic acid bacteria-derived exopolysaccharides,” *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 100, no. 3, pp. 1121–1135, Feb. 2016.
- [133] O. Kareb, C. P. Champagne, J. Jean, A. Gomaa, and M. Aïder, “Effect of electro-activated sweet whey on growth of *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, and *Streptococcus* strains under model growth conditions,” *Food Res. Int.*, vol. 103, no. October 2017, pp. 316–325, 2018.
- [134] A. G. Evrendilek, “Survival of *Escherichia coli* O157:H7 in yogurt drink, plain yogurt and salted (tuzlu) yogurt: Effects of storage time, temperature, background flora and product characteristics,” *Int. J. Dairy Technol.*, vol. 60, no. 2, pp. 118–122, May 2007.
- [135] H. T. H. Nguyen, L. Ong, S. E. Kentish, and S. L. Gras, “The Effect of Fermentation Temperature on the Microstructure, Physicochemical and Rheological Properties of Probiotic Buffalo Yoghurt,” *Food Bioprocess Technol.*, vol. 7, no. 9, pp. 2538–2548, Sep. 2014.
- [136] B. N. P. Sah, T. Vasiljevic, S. McKechnie, and O. N. Donkor, “Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage,” *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 65, pp. 978–986, Jan. 2016.

- [137] A. M. Mortazavian, M. R. Ehsani, S. M. Mousavi, K. Rezaei, S. Sohrabvandi, and J. A. Reinheimer, "Effect of refrigerated storage temperature on the viability of probiotic micro-organisms in yogurt," *Int. J. Dairy Technol.*, vol. 60, no. 2, pp. 123–127, May 2007.
- [138] D. R. Janiaski, T. C. Pimentel, A. G. Cruz, and S. H. Prudencio, "Strawberry-flavored yogurts and whey beverages: What is the sensory profile of the ideal product?," *J. Dairy Sci.*, vol. 99, no. 7, pp. 5273–5283, Jul. 2016.
- [139] S.-H. Park *et al.*, "Improvement of oxygen barrier of oriented polypropylene films coated by gravure ink-containing nanoclays," *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 121, no. 3, pp. 1788–1795, Aug. 2011.
- [140] O. N. Donkor, A. Henriksson, T. Vasiljevic, and N. P. Shah, "Probiotic Strains as Starter Cultures Improve Angiotensin-converting Enzyme Inhibitory Activity in Soy Yogurt," *J. Food Sci.*, vol. 70, no. 8, pp. m375–m381, Oct. 2005.
- [141] K. C. Waterman *et al.*, "Improved Protocol and Data Analysis for Accelerated Shelf-Life Estimation of Solid Dosage Forms," *Pharm. Res.*, vol. 24, no. 4, pp. 780–790, Mar. 2007.
- [142] M. Richards, H. L. De Kock, and E. M. Buys, "Multivariate accelerated shelf-life test of low fat UHT milk," *Int. Dairy J.*, vol. 36, no. 1, pp. 38–45, May 2014.
- [143] M. Isleten and Y. Karagul-Yuceer, "Effects of Dried Dairy Ingredients on Physical and Sensory Properties of Nonfat Yogurt," *J. Dairy Sci.*, vol. 89, no. 8, pp. 2865–2872, 2006.
- [144] T. Teneva-Angelova, A. Pavlov, D. Beshkova, and I. Hristova, "Lactic Acid Bacteria-From Nature Through Food to Health," *Advances in Biotechnology for Food Industry*. 2018.
- [145] A. Bratov, A. Odoba, S. Ć, and Š. Indira, "Application of polymer nanocomposite materials in food packaging," *Croat. J. Food Sci. Technol.*, vol. 7, no. 2, pp. 86–94, 2015.
- [146] F. Li, P. Biagioni, M. Bollani, A. Maccagnan, and L. Piergiovanni, "Multi-functional coating of cellulose nanocrystals for flexible packaging applications," *Cellulose*, vol. 20, no. 5, pp. 2491–2504, Oct. 2013.