

Pengendalian Patogen Pangan dalam Kombucha: Peran Teknik Fermentasi dan Probiotik

(Control of Foodborne Pathogens in Kombucha: The Role of Fermentation Techniques and Probiotics)

Yustin¹, Henny Adeleida Dien², Mercy I.R. Taroreh³

^{1,2,3} Jurusan Ilmu Pangan, Fakultas Pascasarjana, Universitas Sam Ratulangi, Jl. Unsrat Bahu
Kec. Malalang Kota Manado Sulawesi Utara

*Korespondensi : yustin114@student.unsrat.ac.id

ABSTRAK

Kombucha adalah minuman fermentasi yang terbuat dari teh manis menggunakan simbiosis antara bakteri dan ragi (SCOBY). Minuman ini tidak hanya diminati karena manfaat kesehatannya, seperti sifat antioksidan dan probiotiknya, tetapi juga karena potensinya dalam pengendalian patogen pangan. Teknik fermentasi dan penggunaan probiotik dalam kombucha berperan penting dalam mencegah pertumbuhan mikroorganisme patogen. Fermentasi yang efektif menghasilkan asam organik, seperti asam asetat, yang menurunkan pH dan menciptakan lingkungan yang tidak menguntungkan bagi patogen. Selain itu, probiotik yang ada dalam kombucha dapat bersaing dengan patogen untuk sumber daya, memperkuat efek pengendalian patogen tersebut. Review ini mengeksplorasi teknik fermentasi dan peran probiotik dalam pengendalian patogen pangan pada kombucha, serta potensi kombucha sebagai agen alami untuk keamanan pangan.

Kata kunci: Kombucha, SCOBY, probiotik, fermentasi, patogen pangan

ABSTRACT

Kombucha is a fermented beverage made from sweetened tea using a symbiotic culture of bacteria and yeast (SCOBY). This drink is not only popular for its health benefits, such as antioxidant and probiotic properties, but also for its potential in controlling foodborne pathogens. Fermentation techniques and the use of probiotics in kombucha play a crucial role in preventing the growth of pathogenic microorganisms. Effective fermentation produces organic acids, such as acetic acid, which lower the pH and create an unfavorable environment for pathogens. Additionally, the probiotics present in kombucha can compete with pathogens for resources, enhancing the pathogen control effect. This review explores the role of fermentation techniques and probiotics in controlling foodborne pathogens in kombucha, as well as kombucha's potential as a natural agent for food safety.

Keywords: Kombucha, SCOBY, probiotics, fermentation, foodborne pathogens

PENDAHULUAN

Kombucha adalah minuman teh fermentasi berasal dari Timur laut Tiongkok (Manchuria) selama Dinasti Tsin sekitar 220 SM, yang sifatnya mendetoksifikasi dan memberi energi. Minuman ini diperkenalkan ke Jepang pada tahun 414 M oleh seorang dokter bernama Kombu, yang menggunakannya untuk mengobati masalah pencernaan Kaisar Inkyo. Ketika jaringan

perdagangan dikembangkan, kombucha menyebar ke Rusia dan wilayah Eropa Timur lainnya. Saat ini, kombucha diproduksi di seluruh dunia, dengan berbagai rasa dan formulasi yang tersedia di toko ritel dan online (Jayabalan et al, 2014).

Kombucha dibuat melalui proses fermentasi teh manis dengan bantuan Symbiotic Culture Of Bacteria and Yeast (SCOBY), yang menghasilkan minuman

dengan rasa asam, berkarbonasi, dan kandungan probiotik (Marsh et al, 2014, Selvaraj & Gurumurthy, 2022). Selain rasanya yang unik, kombucha menawarkan manfaat kesehatan potensial, termasuk dukungan sistem pencernaan dan kekebalan tubuh (Vina et al, 2020). Dapat mengendalikan patogen pangan, berpotensi menurunkan risiko kontaminasi dan meningkatkan keamanan produk (Jayabalan et al, 2014). Sifat antimikroba kombucha dikaitkan dengan kandungan probiotiknya, yang secara efektif dapat memerangi patogen bawaan makanan. (Hou et al., 2021).

Kombucha dikenal karena aktivitas antioksidannya, yang dapat ditingkatkan dengan menggunakan bahan yang berbeda, seperti kombucha daun salam (Halim & Halim, 2023) dan kopi kombucha, terutama dengan kopi arabika (Parhusip, 2022).

Pengendalian patogen pangan adalah aspek kritis dalam menjaga kesehatan masyarakat dan keamanan pangan. Patogen seperti *Salmonella*, *E. coli*, dan *Listeria* dapat menyebabkan penyakit serius, termasuk keracunan makanan dan infeksi sistemik, yang dapat berdampak pada kesehatan individu dan sistem kesehatan secara keseluruhan. Keracunan makanan terkait patogen menyebabkan jutaan kasus penyakit setiap tahun, dengan dampak yang signifikan terhadap ekonomi dan kualitas hidup (WHO, 2021). Oleh karena itu, metode yang efektif untuk mengendalikan patogen dalam produk pangan sangat penting untuk mengurangi risiko kesehatan dan meningkatkan keselamatan konsumsi (CDC, 2022).

Tujuan review untuk mengeksplorasi jenis teh, teknik fermentasi dan peran probiotik dalam kombucha dan sebagai strategi meningkatkan keamanan pangan juga mengidentifikasi potensi aplikasi praktis dalam industri pangan.

HASIL STUDI PUSTAKA

Jenis Teh sebagai Bahan Dasar Kombucha

Kombucha dibuat dengan menggunakan berbagai jenis teh, seperti teh hitam, hijau, dan herbal. Pilihan teh mempengaruhi rasa minuman dan manfaat kesehatan. Misalnya, kombucha yang dibuat dengan teh daun salam yang diproses menggunakan teh hijau menunjukkan aktivitas antioksidan dan kandungan fenolik yang tinggi (Halim & Halim, 2023).

Adapun jenis teh yang digunakan sebagai bahan dasar kombucha adalah (Firdaus et al, 2020):

1. **Teh Hijau:** Kombucha dapat dibuat menggunakan daun teh hijau. Teh hijau adalah salah satu jenis teh tradisional yang digunakan dalam fermentasi kombucha dan dikenal karena manfaat kesehatan dan profil rasa yang berbeda.
2. **Teh Hitam:** Basis umum lainnya untuk kombucha adalah teh hitam. Ini banyak digunakan karena rasanya yang kuat dan senyawa kimia yang dikandungnya, yang berkontribusi pada proses fermentasi.
3. **Teh Putih:** Teh putih juga digunakan dalam pembuatan kombucha. Ini kurang diproses daripada teh lainnya, yang dapat mempengaruhi rasa dan karakteristik produk kombucha akhir.
4. **Teh Oolong:** Jenis teh ini adalah pilihan tradisional untuk kombucha, menawarkan rasa unik yang berada di antara teh hijau dan hitam. Ini mengalami proses fermentasi khusus yang dapat mempengaruhi rasa dan warna kombucha.
5. **Daun Lainnya:** Kombucha juga dapat dibuat menggunakan

berbagai daun lain seperti daun salam, daun jambu biji, daun sirih, daun sirsak, dan daun kopi. Alternatif ini memberikan rasa dan karakteristik yang berbeda untuk kombucha.

Menurut penelitian Sreeramulu et al (2000), teh yang digunakan untuk persiapan Kombucha adalah teh hitam, khususnya Lapsang souchong, dengan konsentrasi 0,5% b/v. Itu dikombinasikan dengan sukrosa pada konsentrasi 10% b/v dan glukosa pada 2,5% b/v. Teh diseduh dalam air demineralisasi yang telah direbus selama 15 menit dan kemudian didinginkan hingga 25°C sebelum fermentasi. Persiapan melibatkan seduh teh selama 15 menit, diikuti dengan penyaringan melalui saringan steril untuk menghilangkan partikel padat. Komposisi ini sangat penting untuk proses fermentasi dan aktivitas antimikroba berikutnya dari Kombucha.

Teh yang digunakan untuk fermentasi kombucha terutama teh hitam manis, dibuat dengan konsentrasi gula 10% (b/v). Proses fermentasi mengubah komposisi polifenol ini, dengan theaflavin meningkat dan thearubigin menurun seiring waktu. Kandungan kafein dalam teh hitam juga menurun selama fermentasi, menunjukkan aktivitas mikroba yang mempengaruhi komposisinya (Chakravorty et al, 2016).

Kombucha kontrol dibuat tanpa suplemen herbal, memungkinkan untuk perbandingan efek ekstrak yang ditambahkan pada fermentasi dan sifat kombucha.

Selain itu, ada juga penelitian yang menggunakan daun salam dari tanaman *Syzygium polyanthum*, yang diproses menggunakan metode yang berbeda: teh segar (tidak diproses), teh hitam, dan teh hijau. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan metode pengolahan terbaik untuk daun salam

yang akan digunakan dalam produksi kombucha. Konsentrasi teh daun salam yang diuji adalah 30%, 40%, dan 50%, dengan waktu fermentasi 7, 10, dan 13 hari. Metode pemrosesan optimal yang diidentifikasi adalah metode teh hijau, yang menghasilkan aktivitas antioksidan dan kandungan fenolik yang signifikan (Halim & Halim, 2023).

Penelitian Primiani et al (2018) menyelidiki kualitas kombucha yang dihasilkan dari berbagai teh herbal, dengan fokus pada parameter seperti pH, ketebalan nata, asam total, dan aktivitas antibakteri terhadap *Escherichia Coli* dan *Staphylococcus aureus*. Enam jenis teh herbal diuji yaitu teh hijau (P1), teh roselle (P2), teh kulit manggis (P3), teh daun sirsak (P4), teh daun kelor (P5), dan teh daun kuning (P6), mengungkapkan bahwa teh hijau dan teh roselle menghasilkan kombucha kualitas tertinggi, sedangkan teh kulit manggis menghasilkan kualitas terendah. Studi ini menyoroti pengaruh jenis teh pada fermentasi kombucha, menekankan potensi teh herbal sebagai minuman yang hemat biaya dan meningkatkan kesehatan. Temuan ini berkontribusi pada pemahaman tentang manfaat kesehatan kombucha dan produksinya menggunakan bahan-bahan herbal lokal.

Adapun proses pembuatan teh kombucha yaitu :

1. Rebus air secukupnya (1 liter air untuk setiap 8–10 gram teh), tambahkan daun teh ke dalam air mendidih dan biarkan selama 5–10 menit, tambahkan gula (sekitar 100–150 gram per liter air). Biarkan teh manis yang sudah diseduh mendingin.
2. Tuangkan teh manis ke dalam wadah fermentasi yang terbuat dari kaca atau keramik, tambahkan SCOBY ke dalam teh manis. Masukkan starter

kombucha (sekitar 100-200 ml) dari batch kombucha yang sudah jadi. Tutup wadah dengan kain kasa bersih dengan karet gelang. Letakkan wadah di tempat yang hangat (20-30°C) dan biarkan fermentasi selama 7-14 hari, tergantung pada suhu lingkungan dan tingkat keasaman yang diinginkan. Setelah itu dapat mulai mengecek rasa kombucha. Jika rasanya masih terlalu manis, biarkan fermentasi lebih lama. Jika sudah cukup asam dan sesuai selera, kombucha siap untuk tahap selanjutnya.

3. Jika ingin kombucha yang berkarbonasi (berbuih), lakukan fermentasi tahap kedua: Pisahkan kombucha dari SCOBY dan tuangkan ke dalam botol kedap udara, dapat menambahkan sedikit buah, jus, atau rempah-rempah untuk memberikan rasa tambahan. Tutup botol rapat dan biarkan pada suhu ruangan selama 2-7 hari agar proses karbonasi terjadi. Ragi dalam kombucha akan terus menghasilkan gas karbon dioksida yang menambah buih alami. Setelah proses fermentasi tahap kedua selesai, kombucha dapat disimpan di dalam kulkas untuk memperlambat fermentasi dan mempertahankan rasa. Pastikan kombucha dingin sebelum disajikan untuk mencegah kelebihan karbonasi atau ledakan botol.

Peran Probiotik dalam Kombucha

Probiotik dalam kombucha berperan penting dalam mendukung kesehatan pencernaan dan keseimbangan mikrobioma usus. Kombucha, yang merupakan minuman fermentasi, mengandung bakteri baik

(probiotik) yang berkembang selama proses fermentasi oleh SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast). Berikut adalah beberapa peran probiotik dalam kombucha:

1. Meningkatkan Kesehatan Pencernaan

Probiotik dalam kombucha membantu meningkatkan populasi bakteri baik di usus. Mikroorganisme ini berperan dalam memperbaiki keseimbangan mikrobiota usus, yang penting untuk pencernaan yang sehat. Mereka membantu memecah makanan, memproduksi enzim pencernaan, dan mencegah pertumbuhan bakteri patogen yang berbahaya.

2. Mendukung Sistem Imun

Sebagian besar sistem imun manusia terkait dengan kesehatan usus. Probiotik dalam kombucha dapat meningkatkan fungsi imun dengan mendukung flora usus yang sehat, yang berperan dalam respons imun tubuh. Ini membantu melindungi tubuh dari infeksi, inflamasi, dan penyakit autoimun.

3. Mengurangi Gangguan Pencernaan

Probiotik ini berperan dalam pengendalian patogen pangan dengan cara kompetisi ruang dan nutrisi. Mikroba probiotik dalam kombucha, seperti *Lactobacillus spp.*, bersaing dengan patogen untuk ruang dan nutrisi dalam sistem pencernaan dan produk pangan. Kompetisi ini menghambat pertumbuhan patogen, mengurangi peluang kolonisasi patogen dalam usus atau pada permukaan pangan (Greenwalt et al, 1998). Probiotik dapat membantu meringankan berbagai gangguan pencernaan seperti diare, sembelit, perut kembung, dan sindrom iritasi usus (IBS). Kombucha, dengan kandungan probiotiknya, dapat membantu meredakan gejala-gejala ini dengan meningkatkan keseimbangan mikroba di

usus.

4. Membantu Proses Detoksifikasi

Kombucha mengandung asam organik dan enzim yang dihasilkan selama fermentasi, yang membantu tubuh dalam proses detoksifikasi. Probiotik juga dapat mendukung hati dan organ lain dalam mengeluarkan racun dari tubuh secara lebih efektif.

5. Menyeimbangkan Mikrobioma Usus

Probiotik dalam kombucha berkontribusi untuk menjaga keseimbangan antara bakteri baik dan jahat di usus. Ketidakseimbangan mikrobioma usus dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, seperti peradangan kronis, gangguan metabolisme, hingga penyakit autoimun. Probiotik membantu menjaga keseimbangan ini, mendukung kesehatan secara keseluruhan. Bakteri probiotik dalam kombucha berkontribusi pada kesehatan usus dengan memperkuat mikrobiota usus, yang dapat meningkatkan respons imun tubuh terhadap patogen. Dengan meningkatkan keseimbangan mikroba menguntungkan, probiotik membantu mengurangi risiko infeksi oleh bakteri patogen yang masuk melalui makanan (Jayabalan et al, 2014)

6. Meningkatkan Penyerapan Nutrisi

Probiotik membantu dalam penyerapan nutrisi penting dari makanan yang dikonsumsi. Dengan memperbaiki keseimbangan mikrobiota usus, probiotik dalam kombucha dapat meningkatkan kemampuan tubuh dalam menyerap vitamin dan mineral dari makanan, seperti vitamin B, vitamin K, dan beberapa asam amino.

7. Mengurangi Risiko Infeksi

Probiotik berperan dalam melindungi tubuh dari infeksi dengan menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen, seperti bakteri jahat dan jamur, yang dapat menyebabkan berbagai penyakit. Mereka

melakukannya dengan bersaing untuk nutrisi, memproduksi senyawa antimikroba, dan mengubah pH lingkungan di usus sehingga kurang menguntungkan bagi patogen.

8. Memperbaiki Kesehatan Mental

Ada hubungan erat antara kesehatan usus dan kesehatan mental, yang dikenal sebagai *gut-brain axis*. Probiotik dalam kombucha dapat memengaruhi suasana hati dan fungsi kognitif dengan mempengaruhi keseimbangan mikroba di usus, yang pada gilirannya memengaruhi produksi neurotransmitter seperti serotonin.

9. Membantu Mengatasi Masalah Kulit

Kesehatan kulit sering kali terkait dengan kesehatan pencernaan dan mikrobiota usus. Probiotik dalam kombucha dapat membantu mengurangi masalah kulit seperti jerawat atau eksim dengan meningkatkan kesehatan usus dan mengurangi peradangan dalam tubuh. Secara keseluruhan, probiotik dalam kombucha memberikan manfaat besar bagi kesehatan pencernaan, keseimbangan mikrobiota usus, sistem imun, dan kesehatan secara keseluruhan. Kombucha dapat menjadi sumber alami probiotik yang mendukung tubuh dalam menjaga keseimbangan mikrobiologis yang sehat.

Penelitian Empiris tentang Efektivitas Kombucha dalam Melawan Patogen

Kombucha telah menjadi subjek penelitian empiris untuk mengevaluasi kemampuannya dalam menghambat patogen. Efektivitas kombucha dalam melawan mikroorganisme patogen diyakini berasal dari produk metabolit selama fermentasi, seperti asam organik, senyawa antimikroba, dan etanol. Sejumlah penelitian laboratorium telah menunjukkan kemampuan kombucha untuk melawan patogen seperti

Escherichia coli, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, dan *Listeria monocytogenes*. Efektivitas kombucha dalam memerangi patogen dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti jenis teh yang digunakan, kondisi fermentasi, dan bahan tambahan.

Salah satu studi empiris paling awal yang mendokumentasikan aktivitas antimikroba kombucha dilakukan oleh Greenwalt et al. (1998). Penelitian ini menilai efektivitas kombucha yang difermentasi selama 7, 14, dan 21 hari dalam melawan *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Salmonella typhimurium*. Hasilnya menunjukkan bahwa kombucha mampu menghambat pertumbuhan semua patogen tersebut, dengan efektivitas yang meningkat seiring dengan lamanya fermentasi (Greenwalt, 1998). Penurunan pH akibat produksi asam organik, khususnya asam asetat dan laktat, diyakini sebagai faktor utama yang berkontribusi terhadap aktivitas antimikroba.

Penelitian lain oleh Sreeramulu & Knol (2000) mengevaluasi aktivitas antimikroba kombucha terhadap *Helicobacter pylori*, yang merupakan bakteri penyebab ulkus lambung. Penelitian ini menemukan bahwa kombucha yang difermentasi selama 14 hari mampu menghambat pertumbuhan *Helicobacter pylori* secara signifikan. Kombucha juga menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap bakteri patogen lain seperti *Shigella sonnei* dan *Listeria monocytogenes*, yang disebabkan oleh kombinasi produksi asam asetat dan senyawa antimikroba lainnya seperti fenol dan katekin yang berasal dari teh (Sreeramulu & Knol, 2000).

Gaggia et al (2019) melakukan penelitian tentang komposisi mikrobiota dalam kombucha dan hubungannya dengan aktivitas antimikroba. Penelitian ini mengisolasi mikroorganisme dominan dari kombucha yang telah difermentasi selama 7-10 hari

dan menemukan bahwa selain bakteri asam asetat, bakteri asam laktat juga memainkan peran penting dalam pengendalian patogen. Mikroorganisme ini memproduksi senyawa bioaktif seperti bakteriosin, yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri gram positif seperti *Listeria monocytogenes* dan *Staphylococcus aureus* (Gaggia et al, 2019).

Villarreal-Soto et al (2018) meninjau berbagai penelitian tentang kombucha dan menemukan bukti kuat mengenai kemampuan kombucha dalam menghambat patogen makanan. Dalam penelitian ini, aktivitas antimikroba kombucha dikaitkan dengan kombinasi asam organik, etanol, dan polifenol yang berasal dari teh, yang bekerja secara sinergis untuk menurunkan viabilitas patogen. Villarreal-Soto et al. juga mencatat bahwa kombinasi mikroorganisme dalam kombucha, termasuk *Acetobacter* dan *Lactobacillus*, memberikan kompetisi yang kuat terhadap patogen dengan mendominasi lingkungan fermentasi.

Dalam penelitian Laavanya et al (2021), meneliti efek antimikroba kombucha yang difermentasi selama 7 hari terhadap berbagai patogen, termasuk *Escherichia coli* dan *Salmonella enterica*. Penelitian ini menemukan bahwa kombucha menunjukkan aktivitas penghambatan yang signifikan terhadap kedua patogen, yang disebabkan oleh akumulasi asam organik seperti asam asetat dan etanol selama fermentasi. Kombucha yang difermentasi lebih lama menunjukkan peningkatan aktivitas antimikroba karena penurunan pH yang lebih besar dan konsentrasi senyawa antimikroba yang lebih tinggi (Laavanya et al, 2021).

Isu Tantangan dan Rekomendasi Penelitian Lebih Lanjut

Kombucha telah menarik perhatian besar dalam penelitian

kesehatan, namun masih ada berbagai isu dan tantangan yang perlu diatasi untuk memahami sepenuhnya manfaat serta potensi risikonya. Berikut ini adalah beberapa isu utama yang dihadapi oleh penelitian kombucha, tantangan yang muncul, dan rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut.

Salah satu isu yang paling signifikan dalam penelitian kombucha adalah variabilitas dalam komposisinya. Kombucha dihasilkan melalui fermentasi yang melibatkan berbagai mikroorganisme, termasuk ragi dan bakteri asam asetat, yang dapat bervariasi dalam jumlah dan jenis tergantung pada faktor-faktor seperti jenis teh, gula, suhu fermentasi, dan waktu fermentasi (Villarreal-Soto et al, 2018). Variasi ini membuat sulit untuk memastikan manfaat kesehatan yang konsisten dari kombucha, karena produk yang dihasilkan tidak selalu seragam dalam hal komposisi kimia maupun kandungan mikrobiota (Jayabalan et al, 2014). Oleh karena itu, rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut adalah melakukan studi sistematis yang mengevaluasi pengaruh faktor-faktor ini terhadap hasil akhir produk kombucha.

Kombucha sering dibuat di rumah, tetapi proses fermentasi yang tidak terkontrol dengan baik dapat mengakibatkan risiko kontaminasi patogen atau produksi alkohol yang berlebihan (CDC, 1995). Tantangan ini menyoroti perlunya pedoman keamanan yang lebih rinci untuk kombucha buatan rumah, serta penelitian tentang cara-cara yang lebih efektif untuk mengontrol fermentasi di lingkungan rumah. Penelitian lebih lanjut dapat difokuskan pada pengembangan starter kit standar yang dapat meminimalkan risiko kontaminasi dan memastikan fermentasi yang lebih aman (Lonie, 2021).

Meskipun banyak klaim kesehatan terkait konsumsi kombucha, sebagian besar klaim tersebut masih

didasarkan pada bukti anekdot atau penelitian *in vitro*. Misalnya, kombucha sering disebut memiliki sifat probiotik yang baik untuk kesehatan usus, namun masih terbatas penelitian yang mengevaluasi efek probiotik kombucha secara klinis pada manusia (Sanders et al, 2019). Rekomendasi penelitian lebih lanjut adalah melakukan uji klinis yang terkontrol secara acak untuk mengevaluasi secara ilmiah klaim kesehatan yang dikaitkan dengan kombucha, terutama terkait manfaat probiotik, aktivitas antioksidan, dan efek antimikrobanya pada manusia (Hemmati & Rezaei, 2021).

Proses fermentasi kombucha menghasilkan alkohol sebagai produk sampingan. Meski kadar alkoholnya biasanya rendah, penelitian menunjukkan bahwa kadar ini dapat meningkat secara signifikan jika kombucha disimpan pada suhu yang tidak tepat setelah fermentasi (Laavanya et al, 2021). Hal ini dapat menjadi tantangan bagi keamanan konsumen, terutama bagi mereka yang harus menghindari alkohol. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan metode penyimpanan yang lebih baik dan teknik pemrosesan pasca-fermentasi yang dapat menjaga kandungan alkohol dalam batas yang diizinkan (Villarreal-Soto et al, 2018).

Isu lain yang muncul adalah kurangnya informasi tentang potensi interaksi kombucha dengan obat-obatan tertentu. Kombucha mengandung senyawa bioaktif seperti asam organik dan polifenol, yang dapat berinteraksi dengan obat-obatan atau suplemen tertentu (Smith & Langley-Evans, 2019). Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi apakah ada potensi interaksi yang merugikan ketika kombucha dikonsumsi bersamaan dengan obat-obatan, terutama bagi pasien dengan kondisi medis tertentu yang mengonsumsi obat secara teratur.

Karena fermentasi kombucha sangat dipengaruhi oleh variabilitas dalam mikrobiota, gula, dan kondisi fermentasi, penting untuk mengembangkan metode yang lebih standar dalam produksi kombucha, terutama di skala industri (Villarreal-Soto et al, 2018). Penelitian lebih lanjut diharapkan dapat fokus pada standarisasi proses produksi sehingga dapat menghasilkan produk yang konsisten dalam hal kualitas, komposisi kimia, dan keamanan mikrobiologi.

Penelitian di masa depan harus fokus pada modulasi karakteristik sensorik dan fungsional kombucha, yang dapat dicapai melalui pemahaman yang lebih dalam tentang komunikasi dan interaksi di antara anggota komunitas mikroba. Menyelidiki efek substrat yang berbeda pada komposisi mikroba dan sifat minuman yang dihasilkan sangat penting untuk mengoptimalkan produksi kombucha (Nyhan et al, 2022).

KESIMPULAN

Pengendalian patogen pangan dalam kombucha sangat dipengaruhi oleh proses fermentasi dan peran mikroba probiotik. Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi asam organik, kompetisi mikrobial, dan senyawa antimikroba dari mikroba dalam SCOBY efektif dalam mencegah pertumbuhan patogen. Namun ada tantangan dalam memastikan konsistensi dan keamanan produk, sehingga studi lebih lanjut dan pengembangan teknik produksi sangat diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 1995. *Kombucha: A Healthy Beverage?*. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2022. "Food Safety." <https://www.cdc.gov/foodsafety/index.html>

Chakravorty, S., Bhattacharya, S., Chatzinotas, A., Chakraborty, W., Bhattacharya, D., & Gachhui, R. 2016. "Kombucha Tea Fermentation: Microbial and Biochemical Dynamics." *International Journal of Food Microbiology*, 220, 63–72. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.12.015>

Dufresne, C., & Farnworth, E. 2000. "Tea, Kombucha, and Health: A Review." *Food Research International*, 33 (6) , 409 – 421 . [https://doi.org/10.1016/s0963-9969\(00\)00067-3](https://doi.org/10.1016/s0963-9969(00)00067-3)

Firdaus, S., Indah, A., Isnaini, L., & Aminah, S. 2020. "Review Teh Kombucha Sebagai Minuman Fungsional dengan Berbagai Bahan Dasar The." 3, 715-730.

Gaggia, F., Baffoni, L., Galiano, M., Nielsen, D. S., Jakobsen, R. R., Castro-Mejía, J. L., & Di Gioia, D. 2019. "Kombucha Beverage from Green, Black and Rooibos Teas: A Comparative Study Looking at Microbial Activity, Fermentation Chemistry and Antimicrobial Properties." *Microorganisms*, 7(8), 169. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7080169>

Greenwalt, C. J., Ledford, R. A., & Steinkraus, K. H. 1998. "Determination and characterization of the antimicrobial activity of the fermented tea kombucha." *Journal of Food Protection*, 61(3), 367-374. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-14-330>

- Halim, Y. & Halim, M. 2023. "Pemanfaatan Teh Daun Salam dalam Pembuatan Kombucha ." *Jurnal Sains dan Teknologi*, 7(1):26-39.
- Hemmati, S., & Rezaei, A. 2021. "A Review on Kombucha Tea as a Probiotic Drink with Strong Antioxidant Properties." *Journal of Food Science and Technology*, 58, 2774 – 2780 .
<https://doi.org/10.1007/s13197-021-05085-9>
- Hou, J., et al. 2021. "Antimicrobial Potential of Kombucha Against Foodborne Pathogens: A Review." *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 13(3), 53-61.
<https://doi.org/10.15586/qas.v13i3.920>
- Huang, R. 2024. "Exploring Kombucha: Production, Microbiota Biotransformation, Flavor, Health Benefits and Potential Risks." *ACS Food Science & Technology*, 4(7). <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.4c00242>
- Jayabalan, R Malbasa, R. V., Loncar, E. S., Vitas, J. S., & Sathishkumar, M. 2014. "A Review on Kombucha Tea—Microbiology, Composition, Fermentation, Benefits, Toxicity, and Tea Fungus." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 506-515.
doi:10.1111/1541-4337.12065
- Kaparur, A., et al. 2021. "Utilizing Kombucha for Food Safety: A Review." *Food Control*, 127, 108113. doi:10.1016/j.foodcont.2021.108113
- Laavanya, P., Shirkole, S., & Balasubramanian, P. 2021. "Kombucha: A Review on Fermentation, Composition, Health Benefits, and Trends." *Food Research International*, 144, 110290 .
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110290>
- Liao, T., et al. 2024. "Nature of Back Stopping Kombucha Fermentation Process: Insights From the Microbial Succession, Metabolites Composition Changes and Their Correlations.", *Frontiers in Microbiology*, 15, 1-13.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1433127>
- Lonie, E. P. 2021. "Fermentation Processes in Kombucha: Current Trends and Future Perspectives." *Food Microbiology*, 99, 103940.
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103940>
- Marsh, A. J., et al. 2014. "The Microbiota of Kombucha Tea: Changes in Microbial Community Structure During Fermentation." *International Journal of Food Microbiology*, 181, 90-95.
doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2014.03.023
- Nyhan, L. M., Lynch, K. M., Sahin, A. W., & Arendt, E. K. 2022. "Advances in Kombucha Tea Fermentation: A Review." *Applied Microbiol.* 2022, 2, 73 – 103 .
<https://doi.org/10.3390/applmicrobiol2010005>

- Parhusip, A. J. N. 2022. "Aktivitas Antioksidan dan Kadar Kafein Kombucha Kopi." *Jurnal Sains dan Teknologi*, 6(1), 1-11
<http://dx.doi.org/10.19166/jstfast.v6i1.4740>
- Primiani, C. N., Pujiati, Mumtahanah, M., & Ardhi, W. 2018. "Kombucha fermentation test used for various types of herbal teas." *Journal Of Physics*, 1025. DOI 10.1088/1742-6596/1025/1/012073
- Selvaraj, S. & Gurumurthy, K. 2022. "An Overview of Probiotic Health Booster-Kombucha Tea." *Chinese Herbal Medicines*, 15(1), 27-32.
<https://doi.org/10.1016/j.chmed.2022.06.010>
- Smith, A. L., & Langley-Evans, S. C. 2019. "The Impact of Fermentation on the Nutritional and Health Benefits of Food Products." *Nutrition Bulletin*, 44(2), 145–157.
<https://doi.org/10.1111/nbu.12371>
- Sreeramulu, G., Zhu, Y., & Knol, W. 2000. "Kombucha Fermentation and Its Antimicrobial Activity." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6), 2589–2594.
<https://doi.org/10.1021/jf991333>
- Villarreal-Soto, S. A., Beaufort, S., Bouajila, J., Souchart, J. P., & Taillandier, P. 2018. "Understanding kombucha tea fermentation: A review." *Journal of Food Science*, 83(3), 580-588.
<https://doi.org/10.1007/s00217-014-2137-8>
- Vina, I., et al. 2020. "Health Benefits of Kombucha Tea: A review." *Journal of Functional Foods*, 68, 103866.
doi:10.1016/j.jff.2020.103866
- World Health Organization (WHO). 2021. "Foodborne and waterborne diarrheal diseases." <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/foodborne-and-waterborne-diseases>