

Various Pharmacological Activities in the Development of Kombucha as A Functional Food Ingredient with Economic Potential: A Literature Review

Firman Rezaldi^{1*}, Nia Agustina¹, Paramita Wisnuwardhani², Fahmi Alamil Huda², Erni Suminar³

¹Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Doktor Nugroho, Magetan, Indonesia;

²Program Studi Sosial Ekonomi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Doktor Nugroho Magetan, Indonesia;

³Program Studi Budidaya Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadran, Jatinangor, Indonesia;

Article History

Received : December 25th, 2025

Revised : January 14th, 2026

Accepted : January 21th, 2026

*Corresponding Author: **Firman**

Rezaldi, Program Studi

Teknologi Pangan, Fakultas
Pertanian, Universitas Doktor
Nugroho, Magetan, Indonesia;

Email:

firmanrezaldi890@gmail.com

Abstract: Kombucha is a fermented beverage produced by a symbiotic culture of bacteria and yeast (SCOBY) and has gained increasing attention as a functional food due to its bioactive compounds. This literature review aims to evaluate the pharmacological activities of kombucha and its potential development as a functional food with economic value. A systematic literature review was conducted using reputable international databases, including Scopus, Web of Science, PubMed, and ScienceDirect, covering publications from 2015 to 2025. The findings indicate that kombucha consistently exhibits antioxidant, antibacterial, anti-inflammatory, antidiabetic, anticancer, and cosmetic-related bioactivities. These effects are influenced by substrate type, fermentation conditions, and microbial composition, which determine the production of organic acids, polyphenols, flavonoids, and postbiotic metabolites. Beyond its health benefits, kombucha contributes significantly to economic development through product diversification, utilization of local resources and agro-industrial by-products, and entrepreneurial opportunities for small and medium enterprises. Nevertheless, challenges related to quality standardization, food safety, and health claim regulations remain critical issues. Overall, kombucha demonstrates strong potential as a functional food and an economically valuable fermented biotechnology product.

Keywords: Economic potential, fermentation, functional food, Kombucha, pharmacological activity.

Pendahuluan

Kombucha adalah minuman fermentasi tradisional yang dibuat dengan bantuan kultur bakteri dan ragi (*SCOBY*) pada larutan manis, biasanya teh. Selama proses fermentasi, kombucha menghasilkan berbagai senyawa seperti asam organik, sedikit etanol, peptida bioaktif, dan senyawa fenolik. Senyawa-senyawa ini berperan dalam memberikan manfaat kesehatan, antara lain sebagai antioksidan, antimikroba, dan pendukung keseimbangan mikrobiota usus. Oleh karena itu, kombucha semakin populer sebagai pangan

fungsional seiring meningkatnya minat masyarakat terhadap produk alami yang menyehatkan (Anantachoke *et al.*, 2023).

Bukti pre-klinis dan beberapa tinjauan sistematik menunjukkan beberapa aktivitas farmakologi berulang yang relevan untuk pengembangan pangan fungsional seperti antioksidan (Rezaldi *et al.*, 2024); antimikroba (Sanwal *et al.*, 2023); Antiinflamasi dan Imunomodulator (Zubaidah *et al.*, 2025); antidiabetes (Onsum *et al.*, 2025); dan antikanker (Rasouli *et al.*, 2021) dengan berbagai mekanisme senyawa bioaktif yang terjadi secara seluler maupun molekuler.

Mekanisme yang diduga terlibat meliputi pelepasan dan transformasi senyawa fenolik dari substrat selama proses fermentasi; produksi asam organik yang menurunkan pH sehingga berperan dalam penghambatan mikroorganisme patogen; pembentukan peptida bioaktif serta metabolit mikroba (metabiotik) yang dapat memodulasi jalur seluler terkait aktivitas antioksidan dan inflamasi; serta pengaruh probiotik/metabiotik terhadap komposisi dan keseimbangan mikrobiota usus. Meskipun mekanisme tersebut telah didukung oleh berbagai data eksperimental, hubungan kausal langsung pada manusia masih memerlukan pembuktian melalui uji klinis lebih lanjut (Tandhanskul *et al.*, 2025).

Penelitian terkini menunjukkan bahwa diversifikasi kombucha dari substrat teh konvensional ke berbagai bahan alternatif, seperti buah, sayuran, kopi, rempah, dan limbah agroindustri (misalnya kulit nanas), berpotensi meningkatkan kandungan senyawa fenolik spesifik dan aktivitas farmakologis, sekaligus berkontribusi pada pengurangan limbah pangan. Selain itu, diversifikasi substrat tersebut membuka peluang pengembangan berbagai formulasi produk, meliputi minuman fungsional, konsentrat, bahan baku nutraseutikal, serta produk topikal berbasis fermentat kombucha untuk aplikasi kosmetika (Anantachoke *et al.*, 2023).

Kombucha termasuk dalam pasar functional beverages yang mengalami pertumbuhan pesat dan dinilai sebagai salah satu produk dengan laju pertumbuhan tercepat dalam kategori minuman fungsional. Potensi ekonomi kombucha mencakup peningkatan nilai tambah melalui atribut kesehatan, diversifikasi produk dan penguatan branding lokal serta organik, pemanfaatan bahan baku lokal dan limbah agroindustri untuk menekan biaya produksi, serta peluang ekspor bagi UMKM yang memenuhi standar keamanan pangan dan regulasi. Tantangan regulasi terkait kandungan alkohol, keamanan mikrobiologis, dan klaim kesehatan, serta kebutuhan standarisasi proses produksi, masih menjadi hambatan utama dalam pengembangan skala komersial yang lebih luas (Onsum *et al.*, 2025). Kajian pustaka ini akan menyampaikan mengenai potensi kombucha sebagai bahan pangan fungsional yang mampu menghasilkan berbagai efek farmakologis sehingga dapat bernilai manfaat juga dalam

pengembangan produk kesehatan yang bernilai ekonomi (Oktavia *et al.*, 2021; Rezaldi *et al.*, 2022; Rezaldi *et al.*, 2023).

Bahan dan Metode

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kajian pustaka (literature review) secara sistematis, dengan tujuan mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis temuan ilmiah terkait aktivitas farmakologi kombucha, potensi pengembangannya sebagai pangan fungsional, serta implikasi nilai ekonomi yang dihasilkan.

Sumber dan Strategi Pencarian Literatur

Pencarian literatur dilakukan secara komprehensif melalui basis data ilmiah bereputasi internasional, meliputi: *Scopus*; *Web of Science*; *Pubmed*; *Science Direct*; *Google Scholar* (sebagai pendukung referensi jurnal yang bereputasi sinta). Pencarian dibatasi pada artikel yang diterbitkan dalam 10 tahun terakhir (2015–2025) untuk menjamin kebaruan dan relevansi data.

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi dalam kajian pustaka ini terdiri atas Artikel penelitian asli dan review yang dipublikasikan pada jurnal internasional bereputasi. Studi yang membahas aktivitas farmakologi kombucha (antioksidan, antimikroba, antikanker, antiinflamasi, antidiabetik, anti-aging, dan lain-lain). Artikel yang mengaitkan kombucha dengan pangan fungsional, nutraceutical, atau minuman fungsional. Literatur yang membahas aspek ekonomi, komersialisasi, atau potensi pasar kombucha (Rezaldi *et al.*, 2024).

Kriteria eksklusi dalam kajian pustaka ini meliputi Artikel non-ilmiah, opini, prosiding tanpa peer-review, dan laporan populer. Studi yang tidak relevan dengan aspek farmakologi atau pangan fungsional. Artikel dengan data yang tidak lengkap atau tidak dapat diakses secara penuh (Rezaldi *et al.*, 2024).

Tahapan Penyeleksi Literatur

Tahapan-tahapan dalam proses penyeleksi literatur diantaranya adalah identifikasi artikel berdasarkan judul dan abstrak. Penyaringan duplikasi dan ketidaksesuaian topik. Evaluasi

kelayakan melalui pembacaan teks lengkap. Inklusi akhir artikel yang memenuhi seluruh kriteria penelitian. Proses ini dilakukan secara sistematis untuk meminimalkan bias seleksi (Rezaldi *et al.*, 2019).

Ekstraksi dan Analisis Data

Data yang diekstraksi dari setiap artikel meliputi: Jenis substrat dan metode fermentasi kombucha. Senyawa bioaktif utama (asam organik, fenolik, flavonoid, metabiotik). Aktivitas farmakologi yang dilaporkan. Mekanisme aksi biologis. Bentuk produk pangan fungsional. Implikasi ekonomi dan potensi komersial.

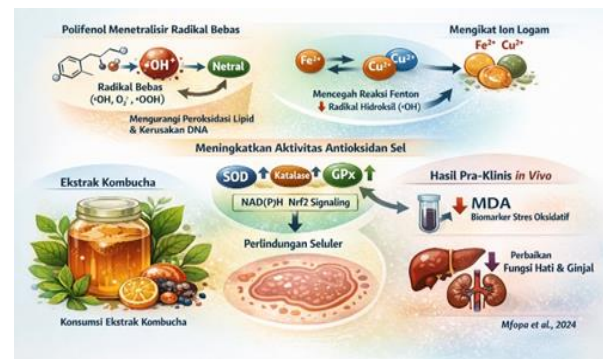
Hasil dan Pembahasan

Aktivitas Farmakologi Kombucha Sebagai Sumber Antioksidan

Kombucha adalah minuman fermentasi yang dibuat dengan kultur simbiotik bakteri dan ragi atau *SCOBY*. Proses fermentasi menyebabkan akumulasi dan perubahan senyawa bioaktif terutama polifenol asam organik seperti asam asetat dan asam glukuronat vitamin serta metabolit mikroba. Senyawa tersebut bersama sama meningkatkan kapasitas antioksidan pada produk akhir. Kombucha yang dibuat dari berbagai substrat seperti teh hitam teh hijau buah dan rempah menunjukkan peningkatan kandungan fenolik total serta aktivitas penangkap radikal selama fermentasi. Formulasi substrat dan komposisi *SCOBY* menentukan mutu serta mekanisme kerja aktivitas antioksidan kombucha (Su *et al.*, 2023).

Aktivitas farmakologi yang menjadi prioritas utama diantaranya adalah adanya senyawa bioaktif yang berpotensi dalam menangkal radikal bebas khususnya polifenol

yang hadir dapat menyumbangkan elektron/hidrogen untuk menetralkan radikal bebas (membatasi peroksidasi lipid dan kerusakan DNA) (Su *et al.*, 2023). beberapa senyawa fenolik dan metabolit dapat mengikat ion logam (Fe^{2+} , Cu^{2+}), mengurangi pembentukan radikal hidroksil lewat reaksi Fenton (Antolak *et al.*, 2021). Komponen-fitokimia terpilih dilaporkan meningkatkan ekspresi/aktivitas enzim antioksidan sel (mis. SOD, katalase, GPx) dan meningkatkan NAD(P)H/NRF2 signaling yang memicu respons pertahanan seluler (Chou *et al.*, 2024). Hasil penelitian melalui uji praklinis menunjukkan bahwa konsumsi atau pemberian ekstrak kombucha dapat menurunkan biomarker stres oksidatif *in vivo* (mis. MDA), serta memperbaiki parameter fungsi hati dan ginjal pada beberapa model hewan (Mfopa *et al.*, 2024). Pemaparan mengenai aktivitas farmakologi pada kombucha sebagai sumber antioksidan tertera dalam gambar 1.



Gambar 1. Aktivitas Farmakologi Kombucha Sebagai Sumber Antioksidan

Hasil penelitian yang menjelaskan mengenai potensi kombucha yang bernilai atau menghasilkan efek farmakologi sebagai sumber antioksidan tertera dalam tabel 1.

Tabel 1. Hasil Temuan Manfaat Kombucha Sebagai Antioksidan

Nama Jurnal	Penulis	Hasil
MDPI	Chou et al.,(2024)	Substrat / Varian Kombucha: Teh hitam & formulasi modifikasi Metode Uji Antioksidan: DPPH, ABTS, FRAP, TPC Hasil: Fermentasi meningkatkan kandungan fenolik dan kapasitas antioksidan dibandingkan teh non-fermentasi
Heliyon	Mfopa et al., 2024	Substrat / Varian Kombucha: Kombucha dengan variasi waktu fermentasi Metode Uji Antioksidan: DPPH, FRAP, HPLC fenolik Hasil: Perubahan profil fenolik selama fermentasi berkorelasi dengan peningkatan aktivitas antioksidan.

Nama Jurnal	Penulis	Hasil
<i>Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology</i>	Düşgün (2024)	Substrat / Varian Kombucha: Kombucha + <i>Salvia officinalis</i> Metode Uji Antioksidan: DPPH, TPC, TFC Hasil: Penambahan herbal meningkatkan total fenolik dan aktivitas antioksidan secara signifikan.
<i>Springer; Discover Food</i>	das Chagas <i>et al.</i> , (2024)	Substrat / Varian Kombucha: Ekstrak SCOBY kombucha Metode Uji Antioksidan: DPPH, TPC Hasil: SCOBY mengandung senyawa fenolik dengan aktivitas antioksidan potensial.
<i>Journal of Pharmaceutical and Sciences</i>	Maghfirah <i>et al.</i> , (2025)	Substrat / Varian Kombucha: Black, green, dan oolong tea kombucha. Metode Uji Antioksidan: DPPH (IC50), TPC Hasil: Kombucha oolong menunjukkan aktivitas antioksidan tertinggi (IC50 terendah).
MDPI	Kitwetcharoen <i>et al.</i> , (2023)	Substrat / Varian Kombucha: Review berbagai substrat Metode Uji Antioksidan: DPPH, ABTS, FRAP, TPC Hasil: Kombucha secara konsisten menunjukkan potensi antioksidan, tergantung substrat dan kondisi fermentasi

Aktivitas Farmakologi Kombucha Sebagai Sumber Antibakteri

Kombucha adalah minuman fermentasi yang dihasilkan oleh komunitas bakteri dan ragi (*SCOBY*) pada medium teh atau substrat lain. Studi-studi terbaru yang terindeks di Scopus melaporkan bahwa ekstrak/filtrat kombucha menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap berbagai bakteri patogen seperti *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp dan beberapa jamur. Aktivitas ini bukan disebabkan oleh satu komponen tunggal, melainkan hasil

sinergi antara asam organik (terutama asam asetat dan *gluconic*), senyawa fenolik yang dimodifikasi selama fermentasi, metabolit mikroba seperti *bacteriocin*, peptida bioaktif, dan perubahan kondisi fisiko-kimia seperti pH rendah, redoks. Review dan penelitian eksperimental terbaru juga menekankan bahwa substrat awal (teh, buah, rempah), lamanya fermentasi, dan komposisi mikroba menentukan profil metabolit dan kekuatan efek antimikroba (Su *et al.*, 2023).

Tabel 2. Alternatif Bahan Baku Kombucha Sebagai Antibakteri

Alternatif bahan baku	Referensi
Bahan baku: Jus buah pir kaktus Spektrum antibakteri: <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> Metode deteksi: Metode Difusi Agar Senyawa Bioaktif: Asam Asetat	Ayed & Hamdi (2015)
Bahan baku: Jus anggur merah Spektrum antibakteri: <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> Metode deteksi: Metode Difusi Agar Senyawa Bioaktif: Asam Asetat dan Metabolit lainnya	Ayed <i>et al.</i> , (2017)
Bahan baku: Buah Salak Spektrum antibakteri: <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> Metode deteksi: Metode Difusi Agar Senyawa Bioaktif: Asam Asetat, senyawa bioaktif natural dari buah salak, senyawa fenolik dan flavonoid	Zubaidah <i>et al.</i> , (2018)
Bahan baku: Daun Lemon Spektrum antibakteri: <i>Salmonella enteritidis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Erwinia carotovora</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i>	Rezaldi <i>et al.</i> , (2021)

Alternatif bahan baku	Referensi
Metode deteksi: Metode Difusi Agar Senyawa Bioaktif: Asam Asetat dan komponen senyawa bioaktif yang stabil terhadap panas sehingga berpotensi sebagai sumber antimikroba	
Bahan baku: Daun Seribu Spektrum antibakteri: <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Escherichia coli</i> <i>Bacillus ichia coli</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Candida albicans</i> , <i>Aspergillus niger</i> Metode deteksi: Metode Kadar Hambat Minimum (KHM) Senyawa Bioaktif: Asam organik, senyawa fenolik yang berasal dari tumbuhan, enzim, protein, bakteriosin	Vitas <i>et al.</i> , (2018)
Bahan baku: Kayu Manis Spektrum antibakteri: <i>S. aureus</i> , <i>B. cereus</i> , <i>E. coli</i> , <i>S. typhimurium</i> Metode deteksi: Metode Kadar Hambat Minimum (KHM) Senyawa Bioaktif: Asam organik (terutama asam asetat), flavonoid	Rezaldi <i>et al.</i> , (2022)
Bahan baku: Kapulaga Spektrum antibakteri: <i>S. aureus</i> , <i>B. cereus</i> , <i>E. coli</i> , <i>S. typhimurium</i> Metode deteksi: Metode Kadar Hambat Minimum (KHM) Senyawa Bioaktif: Asam organik (terutama asam asetat), flavonoid	Rezaldi <i>et al.</i> , (2023)
Bahan baku: <i>Shirazi thyme</i> Spektrum antibakteri: <i>S. aureus</i> , <i>B. cereus</i> , <i>E. coli</i> , <i>S. typhimurium</i> Metode deteksi: Metode Kadar Hambat Minimum (KHM) Senyawa Bioaktif: Asam organik (terutama asam asetat), flavonoid	Rezaldi <i>et al.</i> , (2024)
Bahan baku: Bawang Putih Spektrum antibakteri: <i>S. saprophyticus</i> , <i>S. aureus</i> , <i>S. epidermidi</i> , <i>B. stearothermophilus</i> , <i>S. typhimurium</i> , <i>E. coli</i> , <i>P. aeruginosa</i> Metode deteksi: Metode Difusin Cakram Senyawa Bioaktif: Senyawa bioaktif dalam bawang putih	Pure & Pure (2016)
Bahan baku: Soy whey Spektrum antibakteri: <i>taphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> Metode deteksi: Metode Difusi Agar Senyawa Bioaktif: Asam organik (asam asetat), protein berukuran besar, polifenol (flavonoid), bakteriosin, enzim	Tu <i>et al.</i> , (2019)
Bahan baku: Turmeric Spektrum antibakteri: <i>Escherichia coli</i> Metode deteksi: Metoden Difusin Cakram Senyawa Bioaktif: Kurkumin (kurkuminoid), turunan terpena (seskuiterpena dan monoterpena)	Zubaidah <i>et al.</i> , (2021)
Bahan baku: <i>Lycium barbarum</i> Spektrum antibakteri: <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> Metode deteksi: Metode Difusi Cakram Senyawa Bioaktif: Asam organik, polisakarida <i>L. barbarum</i> (LBP), metabolit	Zhang <i>et al.</i> , (2022)

Kombucha dalam bentuk minuman fungsional berpotensi tinggi dari berbagai ekstrak bahan alam sebagai bagian dari bahan baku yang dirancang dalam menghambat pertumbuhan bakteri, sehingga aktivitas farmakologi sebagai sumber antibakteri terutama dalam berbagai substrat dapat menjadi salah satu faktor keberhasilan yang beragam (Tabel 2).

Tabel 2 diatas telah menerangkan bahwa Faktor-faktor yang memengaruhi, antara lain waktu fermentasi, bahan baku, suhu, dan strain kombucha. Fermentasi kombucha sering dianggap sebagai faktor kunci yang berkontribusi

terhadap aktivitas antibakterinya. Keunggulan pertumbuhan kompetitif flora dominan pada kombucha tradisional serta produksi metabolit sekunder, seperti polifenol teh, asam organik, dan etanol, dapat menghambat pertumbuhan dan proliferasi bakteri serta jamur patogen.

Pertumbuhan mikroba tertentu, seperti *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, dan *Staphylococcus epidermidis*, dapat dihambat oleh jus buah kaktus pir yang difermentasi (Ayed *et al.*, 2017). Sebaliknya, jus buah kaktus pir yang tidak difermentasi tidak menunjukkan efek antibakteri, dan sifat penghambatan tersebut

hilang ketika sampel dinetralkan (Ayed dan Hamdi, 2015). Asam organik, khususnya asam asetat, diidentifikasi sebagai kontributor utama terhadap aktivitas antimikroba yang diamati (Ayed dan Hamdi, 2015).

Četojević-Simin *et al.*, (2012) menggunakan metode difusi agar untuk menyelidiki sifat antimikroba teh lemon balm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teh lemon balm yang tidak difermentasi, dengan konsentrasi bobot kering 5 g/L, tidak menunjukkan aktivitas antimikroba. Namun, kombucha teh lemon balm yang difermentasi menunjukkan aktivitas antimikroba yang signifikan terhadap mikroorganisme prokariotik (bakteri Gram positif dan Gram negatif) (Četojević-Simin *et al.*, 2012).

Meskipun tidak ditemukan aktivitas penghambatan terhadap jamur, ragi, atau kapang, efek penghambatan yang diamati memiliki aktivitas yang serupa dengan larutan asam asetat. Hal ini menunjukkan bahwa asam asetat berperan sebagai agen penghambat utama dalam minuman kombucha. Keberadaan komponen antibakteri lain yang tahan panas dikonfirmasi melalui proses netralisasi dengan pemanasan (Četojević-Simin *et al.*, 2012). Vitas *et al.*, (2018) mengidentifikasi sifat antimikroba yang signifikan pada ekstrak air subkritis yarrow setelah fermentasi. Senyawa antimikroba yang berpotensi tersebut diduga berupa asam organik, senyawa fenolik asal tanaman, enzim, protein, serta bakteriosin yang dihasilkan selama proses fermentasi.

Fermentasi kombucha tradisional menggunakan teh dan gula putih sebagai substrat utama. Substrat ini diubah melalui proses fermentasi oleh mikroorganisme, seperti ragi dan bakteri, yang melibatkan penguraian gula secara bertahap serta rangkaian proses metabolik yang menghasilkan CO₂ dan minuman bersifat asam dengan kadar alkohol ringan (Chakravorty *et al.*, 2016). Dalam lingkungan fermentasi kombucha, ragi berperan sebagai penghasil etanol utama, karena mampu menghasilkan enzim hidrolitik (kelas fruktosidase) yang menghidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Senyawa-senyawa ini selanjutnya mengalami proses metabolisme yang menghasilkan etanol, gliserol, dan karbon dioksida. Keterlibatan berbagai strain bakteri selama fermentasi menyebabkan terjadinya diferensiasi metabolik.

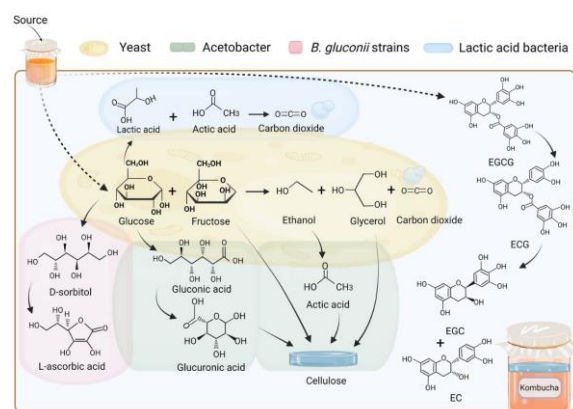
Genus ragi *Saccharomyces* spp. dapat memanfaatkan glukosa dan menghasilkan etanol melalui jalur glikolisis, sedangkan ragi *Zygosaccharomyces* spp. mampu memfermentasi fruktosa secara efisien untuk menghasilkan etanol. Selain itu, strain ragi tertentu, seperti ragi pembelahan pada wine jagung (*Schizosaccharomyces pombe*), memiliki kemampuan menghasilkan etanol dari asam malat, atau *Brettanomyces bruxellensis* yang dapat menghasilkan etanol dalam kondisi aerob dengan kadar asam asetat yang tinggi (Villarreal-Soto *et al.*, 2018).

Selama proses fermentasi, mikroorganisme saling berinteraksi, dan etanol yang dihasilkan oleh fermentasi ragi dapat dimanfaatkan oleh *Acetobacter* sebagai substrat metabolik untuk dioksidasi menjadi asam asetat. Selain asam asetat, *Acetobacter* juga dapat memetabolisme glukosa dalam medium fermentasi untuk menghasilkan asam glukuronat, yang selanjutnya dimetabolisme menjadi asam glukonat dan dikonversi kembali menjadi asam glukuronat (Villarreal-Soto *et al.*, 2019; Martínez-Leal *et al.*, 2020). Selain itu, strain *B. gluconii* memiliki kemampuan untuk menghasilkan asam L-askorbat secara enzimatik, yang dikenal sebagai vitamin C, dengan memanfaatkan D-sorbitol sebagai senyawa prekursor, yang sendiri berasal dari glukosa (Mamlouk & Gullo, 2013).

Bergantung pada strainnya, beberapa bakteri asam laktat memiliki kemampuan untuk memanfaatkan glukosa melalui jalur glikolisis, sehingga menghasilkan asam laktat sebagai metabolit utama, atau melalui jalur pentosa fosfat, yang menghasilkan asam laktat, etanol, dan karbon dioksida. Namun, ketika fruktosa tersedia, produksi asam asetat terjadi menggantikan etanol (Laureys *et al.*, 2020).

Lapisan biofilm selulosa bakteri merupakan produk samping khas dari fermentasi kombucha, yang dihasilkan oleh bakteri asetat melalui metabolisme alkohol dan dapat dipisahkan sebagai limbah. *Komagataeibacter* spp. menggunakan glukosa untuk mensintesis selulosa bakteri, dan proses anabolik ini melibatkan sukrosa, etanol, serta gliserol (Chawla *et al.*, 2009; Villarreal-Soto *et al.*, 2019). Proses fermentasi dan metabolisme kombucha berlangsung melalui fasilitasi timbal balik atau pembatasan di antara masing-masing

flora. Efek sinergis dari flora tersebut memungkinkan sintesis metabolit antimikroba tertentu, akumulasi asam organik yang menyebabkan pH rendah, serta pembentukan penghalang fisik (membran selulosa), dan faktor-faktor lain yang berkontribusi dalam menghambat pertumbuhan bakteri di antara mikroorganisme pesaing (Villarreal-Soto *et al.*, 2019).



Gambar 2. Hubungan transformasi material antara bahan baku dan mikrobiota. Fermentasi dalam lingkungan asam atau pelepasan enzim oleh bakteri dan ragi dapat mendegradasi atau mengonversi senyawa fenolik kompleks dalam kombucha menjadi molekul biologis yang lebih kecil. EGCG, epigallocatechin-3-gallate; ECG, epigallocatechin gallate; EGC, epigallocatechin; EC, epicatechin (Su *et al.*, 2023).

Sebagaimana digambarkan pada Gambar 2, senyawa fenolik kompleks yang terdapat dalam kombucha berpotensi mengalami degradasi atau dikonversi menjadi molekul biologis yang lebih kecil melalui proses fermentasi yang berlangsung dalam lingkungan asam, atau melalui aktivitas enzim yang dilepaskan oleh bakteri dan khamir (ragi). Sebagai contoh, peningkatan kadar katekin total yang diamati pada kombucha teh hijau dan teh hitam setelah fermentasi dapat dikaitkan dengan proses biotransformasi, di mana epigallocatechin-3-gallate (EGCG) diubah menjadi epigallocatechin gallate (ECG) dan epicatechin (EC) oleh enzim yang dilepaskan oleh komunitas mikroba dalam kondisi asam. EGCG dihidrolisis menjadi molekul yang lebih kecil dan dikonversi menjadi epigallocatechin (EGC), ECG, dan EC (Jayabalan *et al.*, 2008 ; Rezaldi *et al.*, 2021). Theaflavin dan thearubigin merupakan turunan polifenol kompleks yang

terdapat dalam teh hitam dan berhubungan dengan perubahan warna teh (Martínez-Leal *et al.*, 2018). Warna yang lebih terang pada kombucha yang telah difermentasi sempurna kemungkinan disebabkan oleh konversi theaflavin menjadi theobromine (Jayabalan *et al.*, 2007; Rezaldi *et al.*, 2022).

Aktivitas Farmakologi Kombucha Sebagai Sumber Antiinflamasi

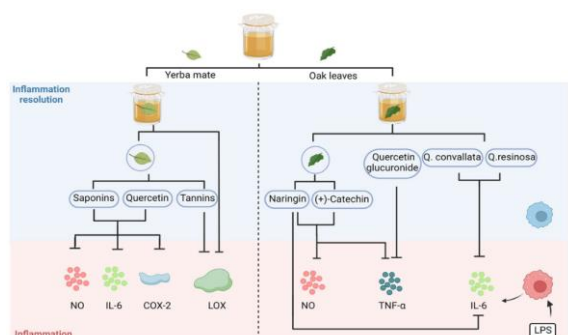
Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3, efek antiinflamasi kombucha dapat dikaitkan dengan keberadaan komponen bioaktif yang bermanfaat, termasuk flavonoid dan asam fenolat (asam galat, katekin, dan theaflavin), yang dihasilkan melalui proses biotransformasi dan metabolisme oleh mikroflora. Efek perbaikan kombucha (15 mg/kg) terhadap tukak lambung sebanding dengan obat kontrol positif omeprazol (3 mg/kg). Theaflavin merupakan komponen antiinflamasi utama, dengan tingkat penyembuhan oleh theaflavin (1 mg/kg) pada mencit selama 7 hari mencapai 81,4% (Banerjee *et al.*, 2010).

Berbagai kaldu fermentasi kombucha yang dibuat menggunakan bahan baku alternatif juga menunjukkan sifat antiinflamasi. Kanno *et al.*, (2006) menggunakan teh daun ek sebagai substrat untuk menyiapkan kaldu fermentasi kombucha, dan hasilnya mampu menurunkan produksi nitric oxide (NO) serta secara signifikan menekan ekspresi tumour necrosis factor- α (TNF- α) dan interleukin-6 (IL-6) pada makrofag THP-1 yang distimulasi lipopolisakarida (LPS). Keberadaan naringin dalam daun ek menunjukkan penghambatan yang signifikan terhadap produksi NO yang diinduksi LPS, serta terhadap ekspresi produk gen inflamasi, termasuk inducible nitric oxide synthase (iNOS), TNF- α , dan IL-6 (Kanno *et al.*, 2006). Selain itu, (+)-katekin yang terdapat dalam daun ek juga menghambat produksi NO dan TNF- α yang distimulasi LPS pada makrofag (Guruvayoorappan dan Kuttan, 2008).

Kandungan fenolik pada kombucha yang dihasilkan melalui fermentasi teh daun ek berkontribusi terhadap aktivitas antiinflamasi dan antioksidan yang kuat (Vázquez-Cabral *et al.*, 2017). Ziemlewska *et al.* (2021) melaporkan bahwa ekstrak yerba mate yang digunakan sebagai bahan baku alternatif fermentasi menunjukkan penghambatan enzim

lipoksigenase (LOX) yang kuat setelah 14 dan 21 hari fermentasi. Enzim LOX berperan penting dalam sintesis leukotrien, yang dikenal sebagai mediator respons proinflamasi. Oleh karena itu, pengaturan aktivitas LOX memiliki peranan yang sangat penting dalam penanganan inflamasi (Nworu & Akah, 2015; Oguntibeju, 2018).

Quersetin dan saponin dari ekstrak yerba mate merupakan komponen utama yang bertanggung jawab terhadap efek antiinflamasi. Senyawa-senyawa ini mampu menurunkan produksi IL-6, siklooksigenase-2 (COX-2), dan NO, yang merupakan mediator utama dalam proses inflamasi. Selain itu, tanin yang terdapat dalam ekstrak yerba mate memiliki efek penghambatan terhadap aktivitas LOX (Ziemlewska *et al.*, 2021).



Gambar 3. Aktivitas antiinflamasi dari substrat alternatif setelah fermentasi. Sifat antiinflamasi kombucha dikaitkan dengan kombinasi senyawa bermanfaat yang dihasilkan melalui proses biotransformasi dan metabolisme oleh mikroflora. NO, nitrit oksida; IL-6, interleukin-6; COX-2, siklooksigenase-2; LOX, lipoksigenase; TNF- α , faktor nekrosis tumor alfa; LPS, lipopolisakarida (Su *et al.*, 2023).

Aktivitas Farmakologi Sebagai Sumber Antidiabetes

Diabetes melitus merupakan gangguan metabolik yang ditandai oleh sekresi insulin yang tidak adekuat atau insufisiensi pulau Langerhans. Seperti ditunjukkan pada Gambar 3, kajian mengenai efek hipoglikemik kombucha terutama berfokus pada analisis aktivitas biologis dan pengamatan histologis enzim-enzim kunci dalam jalur metabolisme glukosa; sementara itu, kajian mendalam mengenai mekanisme molekuler yang terlibat masih relatif terbatas. Zubaidah *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa proses fermentasi ekstrak buah salak menjadi kombucha secara efektif menurunkan stres oksidatif serta

menstabilkan fluktuasi kadar glukosa darah puasa pada model diabetes yang diinduksi streptozotosin.

Efek penurunan glukosa tersebut sebanding dengan metformin hidroklorida, yang dikenal sebagai obat utama penurun glukosa darah (Zubaidah *et al.*, 2019). Watawana *et al.*, (2016) melaporkan bahwa air kelapa kopyor yang difermentasi menjadi kombucha meningkatkan penghambatan enzim hidrolase pati. Aktivitas penghambatan terhadap α -amilase dan α -glukosidase meningkat akibat proses fermentasi, dengan peningkatan yang lebih besar pada aktivitas penghambatan α -amilase dibandingkan α -glukosidase. Enzim α -amilase bekerja lebih awal dibandingkan α -glukosidase, sehingga penghambatannya dapat menurunkan laju reaksi α -glukosidase dan menghambat pelepasan glukosa ke dalam sistem fisiologis. Kondisi ini menguntungkan karena menunjukkan efek antihiperглиkemik yang positif (Watawana *et al.*, 2016). Selain itu, Aung dan Eun (2021) melaporkan bahwa kaldu fermentasi rumput laut laver sebagai bahan baku alternatif mampu menghambat aktivitas amilase secara *in vitro*.

Kombucha laver terfermentasi yang mengandung senyawa flavonoid penting terbukti meningkatkan aktivitas penghambatan α -amilase pada suhu 25 °C (Aung dan Eun, 2021). Al-Dulaimi *et al.*, (2018) meneliti pengaruh fermentasi kombucha dengan susu skim sebagai substrat terhadap konsentrasi glukosa serum, profil lipid total, dan berat badan pada tikus jantan. Fermentasi susu skim menurunkan kadar glukosa darah, lipid total, alanin aminotransferase (ALT), aspartat transaminase (AST), dan alkali fosfatase (ALP), serta memberikan efek menguntungkan bagi fungsi hati dan kesehatan secara keseluruhan. Efek ini dikaitkan dengan kerja sinergis polifenol (seperti flavonoid dan katekin), vitamin E, dan asam organik yang terdapat dalam cairan fermentasi (Al-Dulaimi *et al.*, 2018).

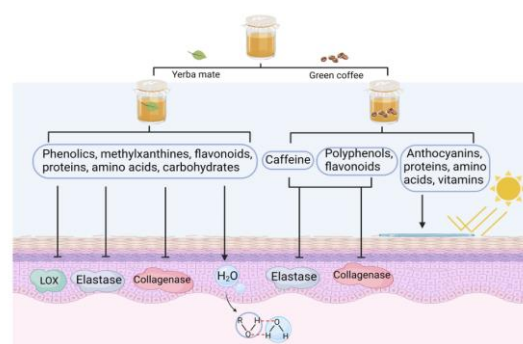
Permatasari *et al.*, (2022) melaporkan bahwa kombucha bunga telang (*butterfly pea flower kombucha*, KBPF) mampu menghambat aktivitas α -amilase dan α -glukosidase dengan tingkat penghambatan yang sebanding dengan kontrol akarbosa pada konsentrasi 50–250 $\mu\text{g/mL}$. Secara *in vivo*, pemberian KBPF (130 mg/kg berat badan) secara signifikan

memperbaiki gangguan metabolik akibat diet tinggi lemak melalui modulasi kadar glukosa, penanda stres oksidatif (superoksida dismutase), enzim metabolik (lipase dan amilase), penanda inflamasi (PGC-1 α , TNF- α , dan IL-10), serta profil lipid, termasuk kolesterol total (TC), trigliserida (TG), kolesterol lipoprotein densitas rendah (LDL), dan kolesterol lipoprotein densitas tinggi (HDL). Selain itu, KBPF juga memberikan efek positif terhadap filum bakteri usus Bacteroidetes dan Firmicutes (Permatasari *et al.*, 2022).

Kontribusi Kombucha dalam Sediaan Farmasi (Kosmetik)

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4, Ziemelewska *et al.*, (2021) menilai efek perawatan kulit dari kombucha yerba mate terfermentasi pada sel keratinosit dan lini sel fibroblas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses fermentasi secara signifikan menghambat aktivitas lipoksigenase, kolagenase, dan elastase. Para peneliti juga melaporkan adanya efek pelembap yang berkelanjutan setelah aplikasi topikal. Kandungan senyawa bioaktif yang turut berperan penting ini terdiri atas asam fenolat, metilksantin, dan flavonoid yang secara aktif berkontribusi dalam penghambatan aktivitas enzimatis yang berkaitan dengan penuaan kulit. Senyawa utama yang memiliki sifat melembapkan adalah antioksidan (polifenol dan flavonoid), protein, asam amino, serta karbohidrat yang memiliki gugus hidroksil sehingga mampu membentuk ikatan hidrogen dengan air (Ziemelewska *et al.*, 2021).

Zofia *et al.*, (2020) menunjukkan bahwa kombucha dengan biji kopi sebagai substrat mampu menghambat aktivitas kolagenase dan elastase, meningkatkan hidrasi kulit, serta memberikan efek tabir surya. Peningkatan konsentrasi polifenol, flavonoid, dan kafein dalam media fermentasi secara signifikan meningkatkan daya hambat terhadap aktivitas kolagenase dan elastase. Bahan aktif dalam produk fermentasi kopi, seperti monosakarida, asam amino, vitamin, polifenol, dan flavonoid, menunjukkan efek menutrisi dan menenangkan. Sifat tabir surya dari produk fermentasi terutama disebabkan oleh senyawa yang berasal dari flavonoid, polifenol, antosianin, protein, asam amino, dan vitamin (Zofia *et al.*, 2020).



Gambar 4. Aktivitas perawatan kulit dari substrat alternatif setelah fermentasi. LOX, lipoksigenase (Su *et al.*, 2023).

Hasil penelitian terkini mengenai potensi kombucha dalam sediaan farmasi khususnya sediaan obat herbal maupun kosmetik herbal tertuang dalam tabel 3.

Tabel 3. Potensi kombucha dalam sediaan obat herbal dan kosmetika herbal

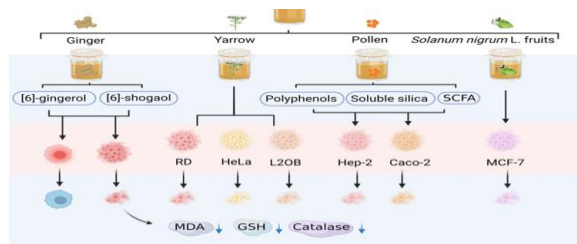
Potensi Kombucha	Referensi
Sediaan Farmasi: Sabun Mandi	Rezaldi <i>et al.</i> , (2022)
Aktifitas Farmakologi: Antibakteri <i>S. aureus</i>	<i>Jurnal Biotek</i> , 10(1), 36-51.
Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antibakteri	
Sediaan Farmasi: Sabun Mandi	Fatonah <i>et al.</i> , (2022)
Aktifitas Farmakologi: Antibakteri <i>E. coli</i>	<i>AGRIBIOS</i> , 20(1), 27-37.
Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antibakteri	
Sediaan Farmasi: Sabun Mandi	Ma'ruf <i>et al.</i> , (2022)
Aktifitas Farmakologi: Antifungi <i>Candida albicans</i>	<i>Jurnal Pertanian</i> , 13(2), 78-84.
Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antifungi	
Sediaan Farmasi: Sabun Mandi	Pamungkas <i>et al.</i> , (2022)
Aktifitas Farmakologi: Antifungi <i>Trycophyton rubrum</i> & <i>T. mentagrophytes</i>	<i>BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan</i> , 10(2), 179-196.
Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antifungi	
Sediaan Farmasi: Sabun Mandi	Bagiyo <i>et al.</i> , (2022)

Potensi Kombucha	Referensi
Aktifitas Farmakologi: Antibakteri <i>vibrio parahaemolyticus</i> dan <i>Klebsiella pneumoniae</i> Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antibakteri	<i>Journal of Biotechnology and Conservation in WALLACEA</i> , 2(2), 89-98.
Sediaan Farmasi: Sabun Mandi Aktifitas Farmakologi: Antibakteri <i>S. epidermidis</i> dan <i>P. aeruginosa</i> Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antibakteri	Rezaldi <i>et al.</i> , (2023) <i>Jurnal Biotek</i> , 11(1), 73-86.
Sediaan Farmasi: Sabun Mandi Aktifitas Farmakologi: Antibakteri <i>S. hominis</i> Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antibakteri	Putra <i>et al.</i> , (2023) <i>Agrinula: Jurnal Agroteknologi dan Perkebunan</i> , 6(1), 1-14.
Sediaan Farmasi: Sabun Mandi Aktifitas Farmakologi: Antibakteri Keracunan Bahan Pangan Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antibakteri	Fadhillah <i>et al.</i> , (2024) <i>Jurnal Ilmiah Biosaintropis (Bioscience-Tropic)</i> , 10(1), 44-56.
Sediaan Farmasi: Sabun Cuci Tangan Aktifitas Farmakologi: Antibakteri <i>S. aureus</i> Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antibakteri	Rezaldi <i>et al.</i> , (2024) <i>Jurnal Kesehatan Tujuh Belas (Jurkes TB)</i> , 5(2).
Sediaan Farmasi: Sabun Cuci Tangan Aktifitas Farmakologi: Antibakteri <i>P. aeruginosa</i> Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antibakteri	Rezaldi <i>et al.</i> , (2024) <i>In Gunung Djati Conference Series (Vol. 38, pp. 33-47)</i> .
Sediaan Farmasi: Sabun Cuci Tangan Aktifitas Farmakologi: Antibakteri <i>Salmonella thypi</i> dan <i>Listeria monocytogenes</i> Hasil: Konsentraso 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antibakteri	Anggraini <i>et al.</i> , (2023) <i>Jurnal Biologi Tropis</i> , 23(2), 381-389.
Sediaan Farmasi: Sampo Cair Aktifitas Farmakologi: Antifungi <i>Candida albicans</i> , <i>Pitosporum ovale</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antifungi	Rezaldi <i>et al.</i> , (2022) <i>Pharmaqueous: Jurnal Ilmiah Kefarmasian</i> , 4(1), 45-52.
Sediaan Farmasi: Sampo Gel Aktifitas Farmakologi: Antifungi <i>Candida albicans</i> Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antifungi	Agustiansyah <i>et al.</i> , (2023) <i>Jurnal Ilmiah Farmasi Attamru (JIFA)</i> , 3(2), 24-35.
Sediaan Farmasi: Sampo Gel Aktifitas Farmakologi: Antifungi <i>Malasezia furfur</i> , <i>Pitosporum ovale</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antifungi.	Rezaldi <i>et al.</i> , (2025) <i>Jurnal Ilmiah Biosaintropis (Bioscience-Tropic)</i> , 10(2), 96-107
Sediaan Farmasi: Obat Kumur Aktifitas Farmakologi: Antimikroba (<i>S. aureus</i> dan <i>C. albicans</i>) Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antimikroba	Nurmaulawati <i>et al.</i> , (2022) <i>Jurnal Ilmiah Farmasi Attamru (JIFA)</i> , 3(2), 1-16.
Sediaan Farmasi: Obat Kumur Aktifitas Farmakologi: Antibakteri <i>S. aureus</i> Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antibakteri	Sofianti <i>et al.</i> , (2023) <i>Jurnal Kesehatan dan Kedokteran</i> , 2(1), 76-99.
Sediaan Farmasi: Pasta Gigi Aktifitas Farmakologi: Antimikroba Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antimikroba	Rezaldi <i>et al.</i> , (2024) <i>PHARMACIA</i> , 2(2), 1-14.
Sediaan Farmasi: Sabun Wajah Antipenuaan Aktifitas Farmakologi: Antiaging Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antipenuaan	Hussein <i>et al.</i> , (2025) <i>Jurnal Ilmiah Farmasi Attamru (JIFA)</i> , 6(1), 26-37.
Sediaan Farmasi: Sabun Wajah Antijerawat Aktifitas Farmakologi: Antijerawat Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antijerawat.	Febriana <i>et al.</i> , (2023) <i>Jurnal Farmagazine</i> , 10(1), 70-78
Sediaan Farmasi: Antibakteri <i>E. coli</i> dari 3 kotoran hewan ternak Aktifitas Farmakologi: Antibakteri <i>E.coli</i>	Fachani <i>et al.</i> , (2025)

Potensi Kombucha	Referensi
Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai antibakteri <i>E. coli</i>	<i>TASTECH (Journal of Tropical Animal Science and Feed Technology)</i> , 1(2). Rezaldi & Ngete (2025)
Sediaan Farmasi: Spray Antijamur Aktifitas Farmakologi: Antijamur Hasil: Konsentrasi 20% 30% dan 40% berpotensi sebagai jamur	

Aktivitas Farmakologi Kombucha Sebagai Sumber Antikanker

Konsumsi kombucha dapat meningkatkan sistem kekebalan tubuh serta memperkuat kemampuan tubuh dalam melawan kanker (Gambar 5). Salafzoon *et al.*, (2017) memperoleh sampel dari fermentasi kombucha selama 10 hari menggunakan infus jahe yang mengandung komponen bioaktif jahe, seperti gingerol dan shogaol, yang memiliki aktivitas antiinflamasi dan antitumor. Sampel tersebut mampu menghambat proliferasi tumor dan merangsang apoptosis. Infus jahe terfermentasi menurunkan aktivitas peroksidase, glutathion, dan malondialdehida pada homogenat tumor, hati, dan ginjal (Salafzoon *et al.*, 2017).



Gambar 5. Aktivitas antikanker dari substrat alternatif setelah fermentasi. RD, rabdomiosarkoma; HeLa, sel kanker serviks manusia; Hep2c, sel kanker manusia; L2OB, sel kanker fibroblas murin; GSH, glutathion; MDA, malondialdehida (Su *et al.*, 2023).

Vitas *et al.*, (2018) melaporkan bahwa kaldu fermentasi kombucha dengan yarrow sebagai substrat menunjukkan aktivitas antiproliferatif terhadap sel rhabdomyosarkoma manusia, sel kanker serviks manusia Hep-2 (HeLa), fibroblas murin (L2OB), serta sel tumor lainnya. Uțoiu *et al.*, (2018) menemukan bahwa kaldu fermentasi kombucha dengan serbuk sari lebah sebagai substrat menunjukkan tingkat aktivitas antitumor yang berbeda pada sel Hep-2 dan Caco-2. Serbuk sari terfermentasi tersebut menunjukkan peningkatan konsentrasi senyawa bioaktif, termasuk polifenol, senyawa silika terlarut, dan asam lemak rantai pendek, sehingga

meningkatkan sifat pendukung kesehatan dari serbuk sari melalui fermentasi kombucha (Uțoiu *et al.*, 2018). Selain itu, parameter fermentasi kombucha telah dioptimalkan untuk meningkatkan efektivitas sitotoksik ekstrak buah n-heksana yang berasal dari *Solanum nigrum* L. terhadap sel kanker payudara MCF-7 (Ziska *et al.*, 2019).

Efek Berbagai Farmakologi Pada Kombucha Yang Berdampak Bagi Sisi Ekonomi

Kombucha sebagai minuman fungsional telah berkembang dari pasar niche menjadi pasar komersial yang tumbuh pesat, sehingga mendorong pertumbuhan ekonomi di berbagai tingkat rantai nilai, mulai dari petani bahan baku hingga produsen skala mikro, nasional, dan multinasional. Peningkatan permintaan konsumen terhadap produk kesehatan dan minuman fungsional menjadi faktor utama pertumbuhan ini, yang tercermin dari meningkatnya penelitian dan publikasi ilmiah serta laporan pasar yang menunjukkan kenaikan nilai pasar global kombucha (Alves *et al.*, 2024).

Secara ekonomi mikro, produksi kombucha membuka peluang kewirausahaan dengan hambatan masuk yang rendah karena memerlukan investasi awal relatif kecil untuk skala rumahan atau UMKM. Kondisi ini menjadikan kombucha sebagai instrumen pemberdayaan ekonomi lokal dan ekonomi kreatif, terutama di negara berkembang yang memanfaatkan bahan lokal sebagai substrat alternatif. Dampaknya mencakup penciptaan lapangan kerja skala mikro, peningkatan pendapatan pelaku usaha rumah tangga, serta diversifikasi produk pangan olahan berbasis fermentasi (Barros *et al.*, 2024).

Sisi agregat industri, laporan pasar dan analisis proyeksi menunjukkan bahwa kombucha merupakan segmen dengan tingkat pertumbuhan tahunan majemuk (CAGR) tinggi dan nilai pasar yang signifikan, dengan valuasi global mencapai beberapa miliar dolar dan terus meningkat pada

periode 2023–2025 serta diproyeksikan tumbuh dua digit dalam beberapa tahun ke depan. Pertumbuhan ini mendorong masuknya investasi korporasi, kolaborasi riset dan pengembangan, serta ekspansi merek besar yang mempercepat skala produksi dan distribusi, sekaligus mengubah struktur persaingan dan berpotensi menekan margin produsen kecil yang tidak memiliki strategi diferensiasi (Alkan *et al.*, 2025).

Efek ekonomi positif tersebut tetap disertai sejumlah tantangan yang memengaruhi keberlanjutan dan skala usaha. Ketidakpastian regulasi terkait klaim kesehatan dan keamanan pangan membatasi akses pasar serta meningkatkan biaya kepatuhan. Variabilitas produk akibat ketidakkonsistenan komposisi mikroba menimbulkan permasalahan mutu dan reputasi. Kebutuhan investasi pada pengemasan yang aman dan pengelolaan rantai dingin untuk produk bernilai tambah turut meningkatkan biaya operasional. Kondisi ini mendorong produsen untuk menambah alokasi biaya pada pengendalian mutu, sertifikasi seperti halal dan keamanan pangan, serta pengembangan formulasi guna memenuhi standar pasar modern (de *et al.*, 2023).

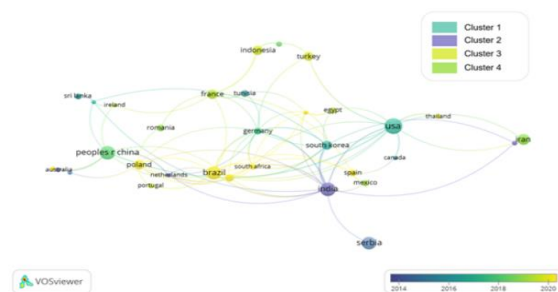
Penelitian terbaru menunjukkan bahwa, selain sebagai produk minuman, kombucha memiliki nilai ekonomi potensial dari produk samping berupa biomassa SCOBY yang dapat dimanfaatkan pada sektor tekstil, kosmetik, bioplastik, dan bahan baku industri, sehingga menciptakan peluang usaha lintas sektor serta meningkatkan nilai tambah pada rantai pasok. Pengembangan aplikasi produk samping tersebut berpotensi meningkatkan profitabilitas industri kombucha dan mengurangi limbah, namun memerlukan investasi penelitian dan pengembangan serta penguatan koneksi antarindustri (Vianna *et al.*, 2025).

Perspektif kebijakan dan strategi pemasaran dalam literatur menekankan penerapan langkah terpadu untuk memaksimalkan dampak ekonomi melalui penguatan kapasitas UMKM dengan pelatihan GMP dan pengemasan, pengembangan label klaim berbasis bukti ilmiah untuk meningkatkan kepercayaan konsumen, pemberian insentif kebijakan bagi adopsi teknologi pada skala kecil dan menengah, serta kolaborasi penelitian dan industri guna menstandarkan praktik produksi

dan menurunkan hambatan regulasi. Strategi pemasaran yang efektif mencakup diferensiasi produk melalui pengembangan rasa lokal atau berbasis warisan budaya dan produk fungsional spesifik, penerapan sertifikasi, serta pemanfaatan saluran distribusi modern seperti e-commerce dan ritel kesehatan untuk mencapai skala usaha dan margin yang lebih optimal (de *et al.*, 2023).

Analisis Bibliometrik

Analisis ko-kepengarangan antarnegara dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai kolaborasi internasional dalam penelitian kombucha. Distribusi artikel yang diterbitkan berdasarkan institusi dan negara digunakan sebagai indikator produktivitas penelitian. Pertumbuhan jumlah artikel juga dapat diverifikasi berdasarkan dimensi waktu, dengan penekanan pada empat periode utama, yaitu tahun 2014, 2016, 2018, dan 2020 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6. Periode tersebut berkaitan dengan warna pada masing-masing kluster, sehingga terlihat bahwa negara-negara dalam kluster berwarna kuning, dengan Brasil sebagai negara dengan jumlah sitasi tertinggi, menunjukkan pertumbuhan eksponensial pada periode 2020 hingga 2022.

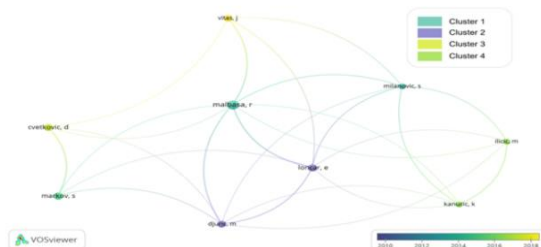


Gambar 6. Peta visualisasi jaringan kolaborasi peneliti lain menggunakan VOSviewer yang merujuk pada kerja sama dua atau lebih penulis dalam satu dokumen berdasarkan negara afiliasi penulis. Ukuran lingkaran menunjukkan bobot item, garis menunjukkan keterkaitan antaritem, jarak antaritem mencerminkan tingkat hubungan, dan perbedaan warna menunjukkan pengelompokan (ALVES *et al.*, 2024).

Pertumbuhan jumlah artikel yang dipublikasikan menunjukkan bahwa tema tersebut sedang memasuki tahap perkembangan. Kondisi ini membuka peluang bagi berbagai arah

penelitian, baik dengan mengeksplorasi topik-topik terkait yang baru, mengkaji lebih mendalam area yang sebelumnya kurang banyak diteliti, maupun menjawab pertanyaan-pertanyaan klasik melalui kerangka pendekatan yang baru. Selain itu, pengembangan kolaborasi internasional juga dapat berkontribusi dalam memperluas cakupan kajian (Donthu *et al.*, 2020).

Peta jejaring kolaborasi berdasarkan ko-authorship menggunakan unit analisis penulis yang merujuk pada kolaborasi dua atau lebih penulis dalam satu dokumen dan digunakan untuk memahami pola kolaborasi dalam komunitas akademik (Donthu *et al.*, 2021). Gambar 7 menunjukkan jejaring ko-authorship dengan jumlah minimum lima dokumen dan lima sitasi per penulis. Penulis yang saling terhubung terdiri atas 9 dari 50 penulis yang dikelompokkan ke dalam empat klaster, sehingga hubungan dan kemitraan antar penulis dalam setiap klaster dapat diamati. Malbaša berafiliasi dengan University of Novi Sad (Serbia) dan Jayabalan berafiliasi dengan National Institute of Technology Rourkela (India), dengan jumlah publikasi masing-masing sebanyak 11 dan 9 dokumen.



Gambar 7. Peta visualisasi jaringan ko-kepengarangan VOSviewer yang merujuk pada penulis-penulis yang menonjol dalam produksi dokumen ilmiah. Ukuran lingkaran menunjukkan bobot item, garis menunjukkan keterkaitan antaritem, jarak antaritem menggambarkan tingkat hubungan, dan perbedaan warna menunjukkan pengelompokan (ALVES *et al.*, 2024).

Karya dalam literatur yang merujuk pada Malbaša mencakup penelitian tentang proses fermentasi kombucha evaluasi kandungan asam aktivitas antioksidan sisa sukrosa dan hasil biomassa serta penelitian fermentasi susu yang menggunakan mikroorganisme kombucha

sebagai *inoculum* Penelitian Jayabalan berfokus pada perubahan kandungan asam organik dan polifenol selama fermentasi dengan variasi jenis teh serta evaluasi pengaruh pemanasan terhadap komponen biokimia dan kemampuan penangkapan radikal bebas pada teh kombucha Hubungan antarpemulis mendorong kontribusi dan distribusi pengetahuan pada setiap bidang menghasilkan pemahaman yang lebih mendalam mengidentifikasi kesenjangan penelitian serta memperkuat pengembangan dan pertumbuhan ilmu pengetahuan (Dountu *et al.*, 2021).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian pustaka, kombucha terbukti memiliki berbagai aktivitas farmakologi yang signifikan, meliputi aktivitas antioksidan, antibakteri, antiinflamasi, antidiabetes, antikanker, serta potensi aplikasi dalam sediaan farmasi dan kosmetika herbal. Aktivitas biologis tersebut terutama dipengaruhi oleh proses fermentasi yang melibatkan interaksi kompleks antara mikrobiota SCOBY dan substrat, sehingga menghasilkan senyawa bioaktif seperti asam organik, polifenol, flavonoid, dan metabiotik. Diversifikasi bahan baku kombucha tidak hanya meningkatkan potensi farmakologinya, tetapi juga membuka peluang pemanfaatan limbah agroindustri secara berkelanjutan. Dari sisi ekonomi, kombucha memiliki prospek yang kuat sebagai produk pangan fungsional bernilai tambah tinggi, mendukung pengembangan UMKM, serta menciptakan peluang usaha lintas sektor melalui pemanfaatan produk samping seperti biomassa SCOBY. Namun, pengembangan kombucha secara komersial masih memerlukan dukungan standarisasi proses, pengendalian mutu, regulasi keamanan pangan, dan pembuktian klinis yang lebih kuat untuk mendukung klaim kesehatan. Dengan pendekatan terpadu antara riset, inovasi produk, dan kebijakan, kombucha berpotensi menjadi komoditas pangan fungsional strategis yang berkontribusi terhadap kesehatan masyarakat dan pertumbuhan ekonomi.

Referensi

Agustiansyah, L. D., Fadillah, M. F., Somantri, U. W., Sasmita, H., Jubaedah, D., & Trisnawati, D. (2022). Produk

- Bioteknologi Farmasi Sebagai Antifungi *Candida albicans* Dalam Bentuk Formulasi Sediaan Sampo Gel Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L). *Jurnal Ilmiah Farmasi Attamru (JIFA)*, 3(2), 24-35.
- Al-Dulaimi, F. K., Abd-Alwahab, W. I., & Hasan, A. S. (2018). Bioactivity study of kombucha black tea and kombucha with skim milk on some of physiological and biochemical parameters in male albino rats. *Int. J. Pharm. Res*, 10, 301.
- Alkan, G., Konar Erol, N. M., Yıkmış, S., Er, H., Öğüt, S., & Yinanç, A. (2025). Kombucha's functional features and fermentation dynamics: a bibliometric assessment in sustainable food production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1593348.
- ALVES, R. O., de OLIVEIRA, R. L., dos ANJOS, D. C. P., PORTO, C. S., & PORTO, T. S. (2024). Uma Trends in kombucha research: a bibliometric and technological prospection analysis. *Food Science and Technology*, 44.
- Anantachoke, N., Duangrat, R., Sutthiphakul, T., Ochaikul, D., & Mangmool, S. (2023). Kombucha beverages produced from fruits, vegetables, and plants: A review on their pharmacological activities and health benefits. *Foods*, 12(9), 1818.
- Angraini, D. A., Rezaldi, F., Sofianti, A., Mathar, I., & Kolo, Y. (2023). Pharmaceutical Biotechnology Products In The Form Of Hand Washing Soap Kombucha Bunga Telang (*Clitoria Ternatea* L) As Antibacterial For *Salmonella* Thypi And *Listeria Monocytogenes*. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(2), 381-389.
- Antolak, H., Piechota, D., & Kucharska, A. (2021). Kombucha tea—A double power of bioactive compounds from tea and symbiotic culture of bacteria and yeasts (SCOBY). *Antioxidants*, 10(10), 1541.
- Aung, T., & Eun, J. B. (2021). Production and characterization of a novel beverage from laver (*Porphyra dentata*) through fermentation with kombucha consortium. *Food chemistry*, 350, 129274.
- Ayed, L., & Hamdi, M. (2015). Manufacture of a beverage from cactus pear juice using “tea fungus” fermentation. *Annals of Microbiology*, 65(4), 2293-2299.
- Ayed, L., Ben Abid, S., & Hamdi, M. (2017). Development of a beverage from red grape juice fermented with the Kombucha consortium. *Annals of microbiology*, 67(1), 111-121.
- Banerjee, D., Hassarajani, S. A., Maity, B., Narayan, G., Bandyopadhyay, S. K., & Chattopadhyay, S. (2010). Comparative healing property of kombucha tea and black tea against indomethacin-induced gastric ulceration in mice: possible mechanism of action. *Food & function*, 1(3), 284-293.
- Barros, V. C., Botelho, V. A., & Chisté, R. C. (2024). Alternative substrates for the development of fermented beverages analogous to kombucha: an integrative review. *Foods*, 13(11), 1768.
- Četojević-Simin, D. D., Velićanski, A. S., Cvetković, D. D., Markov, S. L., Mrđanović, J. Ž., Bogdanović, V. V., & Šolajić, S. V. (2012). Bioactivity of lemon balm kombucha. *Food and Bioprocess Technology*, 5(5), 1756-1765.
- Chou, Y. C., Lin, H. W., Wang, C. Y., Hsieh, C. C., Santoso, S. P., Lin, S. P., & Cheng, K. C. (2024). Enhancing antioxidant benefits of Kombucha through optimized glucuronic acid by selected symbiotic fermentation culture. *Antioxidants*, 13(11), 1323.
- das Chagas, E. G. L., Zamarian, F. C., de Souza, H. F., Kamimura, E. S., Boffo, E. F., & Ambrozini, A. R. P. (2024). Extraction of Polyphenols and Antioxidant Compounds from SCOBY, as a by-product of Kombucha, Using Different Types of Extraction. *Discover Food*, 4(1), 54.
- de Oliveira, P. V., da Silva Júnior, A. H., de Oliveira, C. R. S., Assumpção, C. F., & Ogeda, C. H. (2023). Kombucha benefits, risks and regulatory frameworks: A review. *Food Chemistry Advances*, 2, 100288.
- Düşgün, C. (2024). Investigation of the Antioxidant Potential of Kombucha Prepared Using *Salvia officinalis* L. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 12(s2), 2292-2297.

- Fachani, S., Kustyarini, F., Herlina, E., Widianingsih, R., Tamaam, R. M. N., Arvilando, M., ... & Perkasa, B. T. (2025). Potential Of Purple Variety Of Telang Flower (*Clitoria ternatea* L) Kombucha As An Antibacterial For *Escherichia coli* Isolated From Three Samples Of Livestock Dung Around Sman 5 Cilegon. *TASTECH (Journal of Tropical Animal Science and Feed Technology)*, 1(2).
- Fadhillah, M., Rezaldi, F., Yenny, R. F., Maritha, V., Ayuwardani, N., & Suminar, E. (2024). Antibakteri Keracunan Bahan Pangan Pada Formulasi Sediaan Sabun Mandi Kombucha Bunga Telang Sebagai Produk Bioteknologi Farmasi Dari 3 Lokasi Budidaya. *Jurnal Ilmiah Biosaintropis (Bioscience-Tropic)*, 10(1), 44-56.
- Fatonah, N. S., Pertiwi, F. D., Rezaldi, F., Abdilah, N. A., & Fadillah, M. F. (2022). Uji Aktivitas Antibakteri *Escherichia Coli* Pada Formulasi Sediaan Sabun Cair Mandi Probiotik Dengan Metode Bioteknologi Fermentasi Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L). *AGRIBIOS*, 20(1), 27-37.
- Febriana, L., Putra, R. P., Rezaldi, F., Erikania, S., Nurmaulawati, R., & Priyoto, P. (2023). Uji Daya Hambat *Propionibacterium acnes* pada Produk Bioteknologi Farmasi Sediaan Sabun Wajah Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L). *Jurnal Farmagazine*, 10(1), 70-78.
- Guruvayoorappan, C., & Kuttan, G. (2008). (+)-Catechin inhibits tumour angiogenesis and regulates the production of nitric oxide and TNF- α in LPS-stimulated macrophages. *Innate immunity*, 14(3), 160-174.
- Husein, A. S., Rezaldi, F., Pamungkas, B. T., Suminar, E., Maritha, V., & Gumilar, R. (2025). FORMULASI SEDIAAN SABUN WAJAH BERBAHAN AKTIF EKSTRAK SARANG BURUNG WALLET DAN SCOOPY KOMBUCHA SEBAGAI ANTIPENUAAN BERDASARKAN DAYA HAMBAT ENZIM TIROSINASE. *Jurnal Ilmiah Farmasi Attamru (JIFA)*, 6(1), 26-37.
- Kanno, S. I., Shouji, A., Tomizawa, A., Hiura, T., Osanai, Y., Ujibe, M., ... & Ishikawa, M. (2006). Inhibitory effect of naringin on lipopolysaccharide (LPS)-induced endotoxin shock in mice and nitric oxide production in RAW 264.7 macrophages. *Life Sciences*, 78(7), 673-681.
- Kitwetcharoen, H., Phung, L. T., Klanrit, P., Thanonkeo, S., Tippayawat, P., Yamada, M., & Thanonkeo, P. (2023). Kombucha healthy drink—recent advances in production, chemical composition and health benefits. *Fermentation*, 9(1), 48.
- Ma'ruf, A., Safitri, E., Pertiwi, F. D., Ningtias, R. Y., Trisnawati, D., Rezaldi, F., Kusumiyati, K., & Andayaningsih, P. (2022). Produk Bioteknologi Farmasi Berupa Sabun Mandi Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L) Sebagai Antifungi *Candida albicans*. *Jurnal Pertanian*, 13(2), 78-84.
- Maghfirah, D., Pulungan, A. F., Ridwanto, R., & Yuniarti, R. (2025). Perbandingan Kandungan Fenolik dan Aktivitas Antioksidan pada Varian Seduhan Teh dan Varian Teh Kombucha Secara Spektrofotometri Visible. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 1384-1397.
- Mfopa, A. N., Kemzeu, R., Fokom, R., Yamthe, L. R. T., Dize, D., & Boyom, F. F. (2024). Phenolic compounds, antioxidant and antileishmanial activities of kombucha as affected by fermentation time. *Heliyon*, 10(22).
- Nurmaulawati, R., Rezaldi, F., Susilowati, A. A., Waskita, K. N., Puspita, S., & Rosalina, V. (2022). Antimikroba Pada Produk Bioteknologi Farmasi Berupa Sediaan Obat Kumur Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L). *Jurnal Ilmiah Farmasi Attamru (JIFA)*, 3(2), 1-16.
- Nworu, C. S., & Akah, P. A. (2015). Anti-inflammatory medicinal plants and the molecular mechanisms underlying their activities. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 12, 52-61.
- Oguntibeju, O. O. (2018). Medicinal plants with anti-inflammatory activities from selected countries and regions of Africa. *Journal of inflammation research*, 307-317.
- Oktavia, S., Novi, C., Handayani, E. E., Abdilah, N. A., Setiawan, U., & Rezaldi, F. (2021). Pelatihan Pembuatan Immunomodulatory

- Drink Kombucha untuk Meningkatkan Perekonomian Masa New Normal pada Masyarakat Desa Majau dan Kadudampit Kecamatan Saketi Kabupaten Pandeglang, Banten. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 6(3), 716-724.
- Onsun, B., Toprak, K., & Sanlier, N. (2025). Kombucha Tea: A Functional Beverage and All its Aspects. *Current Nutrition Reports*, 14(1), 69.
- Pamungkas, B. T., Safitri, A., Rezaldi, F., Andry, M., Agustiansyah, L. D., Fadillah, M. F., ... & Hariadi, H. (2022). Antifungal Trycophyton Rubrum And Trycophyton Mentagrophytes In Liquid Bath Soap Fermented Probiotic Kombucha Flower Telang (Clitoria Ternatea L) As A Pharmaceutical Biotechnology Product. *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan*, 10(2), 179-196.
- Permatasari, H. K., Nurkolis, F., Gunawan, W. B., Yusuf, V. M., Yusuf, M., Kusuma, R. J., ... & Tsopmo, A. (2022). Modulation of gut microbiota and markers of metabolic syndrome in mice on cholesterol and fat enriched diet by butterfly pea flower kombucha. *Current Research in Food Science*, 5, 1251-1265.
- Pure, A. E., & Pure, M. E. (2016). Antioxidant, antibacterial and color analysis of garlic fermented in kombucha and red grape vinegar. *Applied Food Biotechnology*, 3(4), 246-252.
- Putra, R. P., Rezaldi, F., Fadillah, M. F., Priyoto, P., & Sumiardi, A. (2023). Antibakteri Penyebab Bau Ketiak (Staphylococcus hominis) Dari Sediaan Sabun Mandi Kombucha Bunga Telang (Clitoria Ternatea L) Sebagai Produk Bioteknologi Farmasi. *Agrinula: Jurnal Agroteknologi dan Perkebunan*, 6(1), 1-14.
- Rasouli, L., Aryaeian, N., Gorjian, M., Nourbakhsh, M., & Amiri, F. (2021). Evaluation of cytotoxicity and anticancer activity of kombucha and doxorubicin combination therapy on colorectal cancer cell line HCT-116. *Journal of education and health promotion*, 10(1).
- Rezaldi, F., Qonit, M. A. H., Nuraini, A., Kusumiyati, K., & Mubarak, S. (2019). Pemanfaatan fenomena pembentukan buah partenokarpi dalam perspektif pertanian di Indonesia. *Kultivasi*, 18(2), 859-868.
- Rezaldi, F., Ningtyas, R. Y., Anggraeni, S. D., Ma'ruf, A., Fatonah, N. S., Pertiwi, F. D., ... & Subekhi, A. I. (2021). Pengaruh metode bioteknologi fermentasi kombucha bunga telang (Clitoria ternatea L) sebagai antibakteri gram positif dan negatif. *Jurnal Biotek*, 9(2), 169-185.
- Rezaldi, F., Rachmat, O., Fadillah, M. F., Setyaji, D. Y., & Saddam, A. (2022). Bioteknologi Kombucha Bunga Telang (Clitoria ternatea L) Sebagai Antibakteri Salmonella thypi dan Vibrio parahaemolyticus Berdasarkan Konsentrasi Gula Aren. *Jurnal Gizi Kerja dan Produktivitas*, 3(1), 13-22.
- Rezaldi, F., Agustiansyah, L. D., Safitri, E., Oktavia, S., & Novi, C. (2022). Antifungi Candida albicans, Aspergillus fumigatus, dan Pitosporum ovale Dari Sediaan Sampo Probiotik Kombucha Bunga Telang (Clitoria ternatea L) Sebagai Produk Bioteknologi Farmasi. *Pharmaqueous: Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, 4(1), 45-52.
- Rezaldi, F., Fadillah, M. F., Mu'jijah, M. J., Abdilah, N. A., & Meliyawati, M. (2022). Potensi kombucha bunga telang sebagai himbauan kepada wisatawan pantai carita dalam meningkatkan imunitas. *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 6(2), 867-871.
- Rezaldi, F., Mathar, I., Nurmaulawati, R., Galaresa, A. V., & Priyoto, P. (2023). Pemanfaatan Kombucha Bunga Telang (Clitoria ternatea L) Sebagai Upaya Dalam Mencegah Stunting Dan Meningkatkan Imunitas Di Desa Ngaglik Magetan Parang. *Jurnal Abdimas Bina Bangsa*, 4(1), 344-357.
- Rezaldi, F., Anggraeni, S. D., Ma'ruf, A., Andry, M., Faisal, H., Winata, H. S., ... & Nasution, M. A. (2023). Antibakteri pada formulasi sediaan sabun mandi kombucha bunga telang (Clitoria ternatea L) sebagai produk bioteknologi farmasi. *Jurnal Biotek*, 11(1), 73-86.
- Rezaldi, F., Firmansyah, F., Maharani, M., Hayani, R. A., Margarisa, D., Purchia, I. D., ... & Ramadhan, R. A. (2023). Pemberian Edukasi Mengenai

- Bioteknologi Kombucha Bunga Telang Sebagai Minuman Probiotik Peningkat Sistem Imun, Bahan Aktif Obat dan Kosmetik, Bahan Baku Pupuk Cair Organik, dan Peningkat Ekonomi Kepada Siswa SMAN 05 Cilegon Yang Terlibat Dalam Karya Ilmiah. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 6(3), 749-760.
- Rezaldi, F., Rusmana, R., Susiyanti, S., Maharani, M., Hayani, R. A., Firmansyah, F., & Mubarak, S. (2023). Bioteknologi Kombucha Bunga Telang Sebagai Formulasi dan Sediaan Spray dalam Menghambat Pertumbuhan Fungi *Fusarium solani* Penyebab Penyakit Tanaman Komoditas Hortikultura. *Jurnal Bios Logos*, 13(3), 254-265.
- Rezaldi, F., Utami, A. W., Wijayanti, F. E. R., Purbanova, R., Wati, D. R., Suminar, E., ... & Yenny, R. F. (2024). Aktivitas Antioksidan Pada Sediaan Kombucha Bunga Telang Yang Diracik Dari Formulasi Gula Aren Dan Madu Sr12 Sebagai Produk Bioteknologi Pangan Dan Farmasi. *Agribios*, 22(2), 165-175.
- Rezaldi, F., Millah, Z., Susiyanti, S., Gumilar, R., & Yenny, R. F. (2024). Peran Biotek Gen Tanaman Pada Bidang Pangan dan Farmasi Sebagai Bahan Sediaan Pangan Fungsional, Bahan Aktif Obat dan Kosmetik Natural. *Jurnal Agroteknologi Merdeka Pasuruan*, 8(1), 01-09.
- Rezaldi, F., Maritha, V., Yenny, R. F., Fadillah, M. F., Sugiono, S., Saifullah, I., ... & Kolo, Y. (2024). Kajian Pustaka: Isu Isu Terkini Mengenai Produk Bioteknologi Yang Mengarah Pada Rekayasa Genetika (Gmo/Genetically Modified Organism) Serta Tidak Terbukti Secara Ilmiah Merugikan Dari Sudut Pandang (Hukum, Peternakan, Pertanian, Dan Farmasi). *Jurnal Ilmiah Farmasi Attamru (JIFA)*, 5(2), 46-84.
- Rezaldi, F., Maritha, V., Yenny, R. F., Saifullah, I., Sugiono, S., Rohmatulloh, R., ... & Kusumiyati, K. (2024). Formulasi Sediaan Spray Alami Pada Kombucha Bunga Telang Sebagai Produk Bioteknologi Farmasi Dan Antifungi Pada Tanaman Komoditas Hortikultura Jenis Kentang (*Solanum tuberosum* L.). *Agribios*, 22(1), 1-10.
- Rezaldi, F., Nurmayulis, N., Rusmana, R., Yenny, R. F., & Rustini, R. (2024). Produk Bioteknologi Farmasi Berupa Sediaan Sabun Cuci Tangan Kombucha Bunga Telang Sebagai Antibakteri *Staphylococcus aureus* dari Isolat Usus Sapi. *Jurnal Kesehatan Tujuh Belas (Jurkes TB)*, 5(2).
- Rezaldi, F., Safitri, A., Agustiansyah, L. D., Andry, M., & Fadillah, M. F. (2024, January). Uji Aktivitas Antibakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada Formulasi Sediaan Sabun Cuci Tangan Probiotik dengan Metode Bioteknologi Fermentasi Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.). In *Gunung Djati Conference Series* (Vol. 38, pp. 33-47).
- Rezaldi, F., Kolo, Y., Yenny, R. F., Maritha, V., Ayuwardani, N., Cahyono, A. T., ... & Purbanova, R. (2024). FORMULASI SEDIAAN ODOL KOMBUCHA BUNGA TELANG SEBAGAI PRODUK BIOTEKNOLOGI FARMASI DAN ANTIMIKROBA (*Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans*, *Candida albicans*). Telang flower kombucha has been widely studied as a probiotic drink that can boost the immune s. *PHARMACIA*, 2(2), 1-14.
- Rezaldi, F., Haryani, T. S., Utami, A. W., Nabilla, J., Hariningsih, Y., Eman, E., ... & Setiawan, U. (2025). Uji Antiketombe (Tiga Fungi Patogen Rambut) Pada Produk Bioteknologi Farmasi Berupa Formulasi dan Sediaan Sampo Gel Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.). *Jurnal Ilmiah Biosaintropis (Bioscience-Tropic)*, 10(2), 96-107.
- Rezaldi, F., & Ngete, A. F. (2025). Formulasi Sediaan Spray Alami dari Limbah Kombucha Bunga Telang sebagai Produk Bioteknologi Pertanian dan Farmasi dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur Patogen pada Jambu Air (*Syzygium aqueum*). *Jurnal Agroteknologi*, 4(01), 11-21.
- Salafzoon, S., Mahmoodzadeh Hosseini, H., & Halabian, R. (2018). Evaluation of the antioxidant impact of ginger-based kombucha on the murine breast cancer model. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, 15(1), 20170071.

- Sanwal, N., Gupta, A., Bareen, M. A., Sharma, N., & Sahu, J. K. (2023). Kombucha fermentation: Recent trends in process dynamics, functional bioactivities, toxicity management, and potential applications. *Food chemistry advances*, 3, 100421.
- Sofianti, A., Rezaldi, F., Mathar, I., Sumiardi, A., & Subagiyo, A. (2023). Produk Bioteknologi Farmasi Dengan Aktivitas Farmakologi Secara In Vitro Sebagai Antibakteri *Staphylococcus aureus* Berupa Formulasi Dan Sediaan Obat Kumur Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L). *Jurnal Kesehatan dan Kedokteran*, 2(1), 76-99.
- Subagiyo, A., Rezaldi, F., Ma'ruf, A., Pertiwi, F. D., & Safitri, A. (2022). Antibakteri *Vibrio parahaemolyticus* dan *Klebsiella pneumoniae* pada Sediaan Sabun Mandi Probiotik Fermentasi Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L) Sebagai Produk Bioteknologi Farmasi. *Journal of Biotechnology and Conservation in WALLACEA*, 2(2), 89-98.
- Su, J., Tan, Q., Tang, Q., Tong, Z., & Yang, M. (2023). Research progress on alternative kombucha substrate transformation and the resulting active components. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1254014.
- Tandhanskul, A., Krungrakaw, S., Li, L., Kham, S. A., & Yonekura, L. (2025). Kombucha as a Sustainable Source of Metabiotics: Potential, Applications, and Future Perspectives. *Beverages*, 11(6), 173.
- Tu, C., Tang, S., Azi, F., Hu, W., & Dong, M. (2019). Use of kombucha consortium to transform soy whey into a novel functional beverage. *Journal of Functional Foods*, 52, 81-89.
- Uțoiu, E., Matei, F., Toma, A., Diguță, C. F., Ștefan, L. M., Mănoiu, S., ... & Oancea, F. (2018). Bee collected pollen with enhanced health benefits, produced by fermentation with a Kombucha Consortium. *Nutrients*, 10(10), 1365.
- Vázquez-Cabral, B. D., Larrosa-Pérez, M., Gallegos-Infante, J. A., Moreno-Jiménez, M. R., González-Laredo, R. F., Rutiaga-Quinones, J. G., ... & Rocha-Guzmán, N. E. (2017). Oak kombucha protects against oxidative stress and inflammatory processes. *Chemico-Biological Interactions*, 272, 1-9.
- Vianna, N. D. M., Albagli, G., Pereira, A. D. S., & Amaral, P. F. (2025). From Tea Fermentation to New Technologies: Multisectoral Applications of Kombucha SCOBY Through the Lens of Methodi Ordinatio. *Fermentation*, 11(10), 589.
- Vitas, J. S., Cvetanović, A. D., Mašković, P. Z., Švarc-Gajić, J. V., & Malbaša, R. V. (2018). Chemical composition and biological activity of novel types of kombucha beverages with yarrow. *Journal of functional foods*, 44, 95-102.
- Watawana, M. I., Jayawardena, N., Gunawardhana, C. B., & Waisundara, V. Y. (2016). Enhancement of the antioxidant and starch hydrolase inhibitory activities of king coconut water (*Cocos nucifera* var. *aurantiaca*) by fermentation with kombucha 'tea fungus'. *International Journal of Food Science and Technology*, 51(2), 490-498.
- Zhang, S., Tang, Y., & Chen, J. (2022). Changes in functional components and biological activity of *Lycium barbarum* after fermentation with Kombucha SCOBY. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(8), e16758.
- Ziemlewska, A., Nizioł-Lukaszewska, Z., Bujak, T., Zagórska-Dziok, M., Wójciak, M., & Sowa, I. (2021). Effect of fermentation time on the content of bioactive compounds with cosmetic and dermatological properties in Kombucha Yerba Mate extracts. *Scientific Reports*, 11(1), 18792.
- Ziska, R., & Agustina, A. (2019, October). Cytotoxic activity assay of n-hexane extract of *Solanum nigrum* L. fruits fermented by kombucha against MCF-7 breast cancer cell line. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1338, No. 1, p. 012027). IOP Publishing.
- Zubaidah, E., Dewantari, F. J., Novitasari, F. R., Sriantha, I., & Blanc, P. J. (2018). Potential of snake fruit (*Salacca zalacca* (Gaerth.) Voss) for the development of a beverage through fermentation with the Kombucha consortium. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 13, 198-203.

- Zubaidah, E., Afgani, C. A., Kalsum, U., Srianta, I., & Blanc, P. J. (2019). Comparison of in vivo antidiabetes activity of snake fruit Kombucha, black tea Kombucha and metformin. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 17, 465-469.
- Zubaidah, E., Iastika, A. R., Widyaningsih, T. D., & Febrianto, K. (2021, April). Immunomodulatory activity of black tea kombucha (*Camellia sinensis*) and Arabica coffee leaves tea kombucha (coffee Arabica) for *Salmonella typhi*-infected mice. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 733, No. 1, p. 012128). IOP Publishing.
- Zubaidah, E., Hasfiani, Y., & Sujuti, H. (2025). Physicochemical properties and anti-cancer activity of Javanese turmeric Kombucha (*Curcuma xanthorrhiza*) against t47d cell line. *Trends in Sciences*, 22(9), 10417-10417