

**Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Aktivitas
Antioksidan Kombucha Teh Hitam**

SKRIPSI



Yoga Angkawijaya Kristiawan

31200375

Program Studi Biologi

Fakultas Bioteknologi

Universitas Kristen Duta Wacana

Yogyakarta

2024

**Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Aktivitas Antioksidan
Kombucha Teh Hitam**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains (S.Si.)
pada Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana



Yoga Angkawijaya Kristiawan
31200375

Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta
2024

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI/TESIS/DISERTASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Kristen Duta Wacana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yoga Angkawijaya Kristiawan
NIM : 31200375
Program studi : Biologi
Fakultas : Bioteknologi
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Kristen Duta Wacana **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

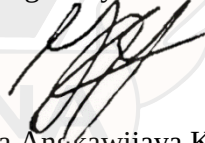
“PENGARUH WAKTU FERMENTASI TERHADAP AKTIVITAS ANTIOKSIDAN KOMBUCHA TEH HITAM”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Kristen Duta Wacana berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Yogyakarta
Pada Tanggal : 29 Agustus 2024

Yang menyatakan



(Yoga Angkawijaya Kristiawan)

NIM.31200375

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul

PENGARUH WAKTU FERMENTASI TERHADAP AKTIVITAS ANTIOKSIDAN KOMBUCHA TEH HITAM

Telah diajukan dan dipertahankan oleh:

Yoga Angkawijaya Kristiawan

31200375

dalam ujian Skripsi Program Studi Biologi

Fakultas Bioteknologi

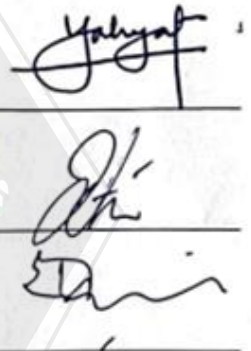
Universitas Kristen Duta Wacana

dan dinyatakan DITERIMA untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains Pada tanggal 7 Agustus 2024

Nama Dosen

Tanda Tangan

1. Tri Yahya Budiarmo, S.Si., MP.
(Dosen Pembimbing I /Dosen Penguji I)
2. Catarina Aprilia Ariestanti, S.T.P., M.Sc.
(Dosen Pembimbing II/ Dosen Penguji II)
3. Dr. Dhira Satwika, M.Sc.
(Dosen Penguji III)

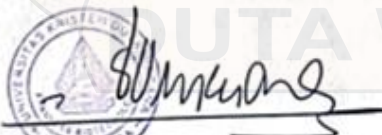


Yogyakarta, 4 September 2024

Disahkan oleh:

Dekan

Ketua Program Studi


(Dr. Charis Amarantini, M.Si.)

NIK: 914E155


(Dwi Aditriyarni, S.Si., M.Biotech., M.Sc.)

NIK: 214E556

LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH SKRIPSI

Judul Skripsi : PENGARUH WAKTU FERMENTASI
TERHADAP AKTIVITAS ANTIOKSIDAN
KOMBUCHA TEH HITAM

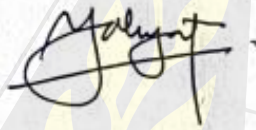
Nama : Yoga Angkawijaya Kristiawan

Nomor Induk Mahasiswa : 31200375

Hari/Tanggal Ujian : Rabu, 7 Agustus 2024

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama,



(Tri Yahya Budiarmo, S. Si., MP.)

NIK: 934E209

Pembimbing Pendamping,



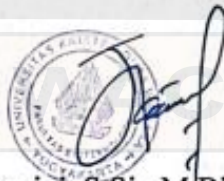
(Catarina Aprilia Ariestanti, S.T.P. M.Sc.)

NIK: 224E590

Mengetahui,

Ketua Program Studi Biologi,

DUKUTANA



(Dwi Adityarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc.)

NIK: 214E556

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yoga Angkawijaya Kristiawan

NIM : 31200375

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

“PENGARUH WAKTU FERMENTASI TERHADAP AKTIVITAS ANTIOKSIDAN KOMBUCHA TEH HITAM”

adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya secara sadar dan bertanggung jawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan skripsi apabila terbukti melakukan duplikasi terhadap skripsi atau karya ilmiah lain yang sudah ada.

Yogyakarta, 7 Agustus 2024



(Yoga Angkawijaya Kristiawan)

NIM: 31200375

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas rahmat, berkat, dan kasih karunia-Nya yang melimpah. Melalui tuntunan dan penyertaan-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dan penulisan skripsi ini dengan baik. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Sains di Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana. Perjalanan penulisan skripsi ini penuh dengan tantangan, namun berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, karya ini akhirnya dapat diselesaikan. Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Dr. Charis Amarantini, M.Si., Dwi Aditiyarini, S.Si., M.Biotech, M.Sc., drh. Vinsa Cantya Prakasita, S.K.H., M.Sc., Dra. Haryati B. Sutanto, M.Sc., selaku Dekan dan Wakil Dekan Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana, yang selalu membantu dan mendukung setiap proses hingga penulisan skripsi ini.
2. Tri Yahya Budiarso, S.Si., MP., selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, saran, dan dukungan selama penulisan skripsi ini.
3. Catarina Aprilia Ariestanti, S.T.P., M.Sc., selaku dosen pembimbing kedua yang selalu memberikan arahan, motivasi, dan bantuan tiada henti.
4. Dr. Dhira Satwika, M.Sc., selaku dosen penguji atas saran dan masukan kepada penulis.
5. Bapak Rudi dan Ibu Handayani, selaku orang tua penulis, serta Denny, Evelyn, Theresia, Vicky, dan Victor selaku saudara penulis, yang selalu memberikan dukungan, doa, dan motivasi selama perkuliahan hingga proses meraih gelar sarjana.
6. Ester Yuan Rahayu, S.Si., Iga Aswiyanti, S.Pi., Wida Hening Sukma Crisdiati, S.Pd., Gemma Galgani Kharisma, S.Si, Arga Nugraha, S.Si.,

Riyan Perdana Sari, S.Si., dan Widiyana Suryahapsari, S.Gz., selaku staf laboratorium dan staf admin, yang telah membantu dan memberikan arahan selama proses penelitian dan administrasi.

7. Segenap sivitas akademika Universitas Kristen Duta Wacana yang telah berjasa dalam membantu penulis selama perkuliahan.
8. Teman-teman dan rekan-rekan mahasiswa di Fakultas Bioteknologi yang selalu memberikan semangat, bantuan, dan dukungan moral.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan kontribusi dalam bentuk apapun untuk kelancaran dan kesuksesan penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis membuka diri terhadap kritik dan saran yang membangun demi perbaikan dan penyempurnaan di masa mendatang. Harapan penulis, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, menjadi inspirasi bagi para pembaca, dan membawa berkat bagi masyarakat sekitar. Penulis sangat bersemangat untuk melangkah ke tahap berikutnya dalam perjalanan akademik dan karir, dengan harapan dapat terus belajar, berkembang, dan berkontribusi positif di masa depan. Terima kasih, Tuhan Memberkati.



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL DEPAN	i
HALAMAN SAMPUL BAGIAN DALAM	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH SKRIPSI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
ABSTRAK.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kombucha Teh Hitam.....	4
2.2 Mikrobiologi SCOBY dalam Fermentasi Kombucha Teh Hitam.....	5
2.3 Jalur Metabolisme dalam Fermentasi Kombucha Teh Hitam.....	7
2.4 Radikal Bebas dan Aktivitas Antioksidan.....	11
2.5 Inhibisi Radikal Bebas	13
2.6 Nilai IC50 sebagai Indikator Aktivitas Antioksidan.....	14
2.7 Evaluasi Parameter Analitik Kombucha Teh Hitam.....	15
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	18
3.2. Bahan	18
3.3. Alat.....	18
3.4. Cara Kerja	18
3.4.1 Preparasi sampel	18

3.4.2	Uji Aktivitas Antioksidan	19
3.4.3	Uji Kadar Alkohol.....	20
3.4.4	Uji Gula Reduksi.....	20
3.4.5	Uji Nilai pH.....	21
3.4.6	Uji Kadar Vitamin C	21
3.4.7	Uji Total Asam.....	21
3.5.	Analisis Statistik	22
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		23
4.1.	Aktivitas Antioksidan.....	23
4.2.	Kadar Alkohol.....	25
4.3.	Gula Reduksi.....	27
4.4.	Nilai pH.....	29
4.5.	Kadar Vitamin C	31
4.6.	Total Asam	33
4.7.	Pengaruh Waktu terhadap Aktivitas Antioksidan & Parameter Kimia .	33
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		38
5.1.	Simpulan	38
5.2.	Saran	38
DAFTAR PUSTAKA.....		39
LAMPIRAN.....		43

DUTA WACANA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Senyawa Fitokimia Teh Hitam	4
Tabel 2.2 Mikroorganisme Dominan dalam Kombucha Teh Hitam	7
Tabel 2.3 Jalur Metabolisme Utama dalam Fermentasi Kombucha	9
Tabel 2.4 Jalur Metabolisme Sekunder dalam Fermentasi Kombucha.....	11
Tabel 2.5 Senyawa Antioksidan dan Mekanisme terhadap Radikal Bebas	13
Tabel 2.6 Kategori Nilai IC_{50} Berdasarkan Potensi Antioksidan	14
Tabel 4.7 Persentase Inhibisi dan Nilai IC_{50} Kombucha.....	23
Tabel 4.8 Kadar Alkohol Sampel Kombucha dan Kontrol	25
Tabel 4.9 Gula Reduksi selama Fermentasi	27
Tabel 4.10 Nilai pH selama Fermentasi	29
Tabel 4.11 Vitamin C selama Fermentasi.....	31
Tabel 4.12 Total Asam selama Fermentasi.....	33



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jalur Metabolisme Utama dalam Fermentasi Kombucha	8
Gambar 4.2 Perubahan Inhibisi selama Fermentasi Kombucha	35
Gambar 4.3 Perubahan Parameter Kimia selama Fermentasi Kombucha	36



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Sampel Perlakuan dan Sampel Kontrol.....	43
Lampiran 2. Sampel Perlakuan (Kombucha).....	44
Lampiran 3. Sampel Kontrol (Teh Biasa)	44
Lampiran 4. SCOBY	45



ABSTRAK

PENGARUH WAKTU FERMENTASI TERHADAP AKTIVITAS ANTIOKSIDAN KOMBUCHA TEH HITAM

YOGA ANGKAWIJAYA KRISTIawan

Kombucha adalah minuman fermentasi yang dihasilkan dari simbiosis antara ragi dan bakteri, yang dikenal karena kandungan senyawa bioaktif dengan potensi aktivitas antioksidan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji bagaimana pengaruh waktu fermentasi memengaruhi aktivitas antioksidan kombucha serta parameter kimia lainnya untuk mencapai aktivitas antioksidan tertinggi. Proses fermentasi dilakukan pada suhu ruang ($28 \pm 2^\circ\text{C}$) dengan kultur kombucha yang diinokulasi ke dalam larutan teh manis dengan gula 10%, kemudian diinkubasi selama 21 hari. Sampel diambil pada hari ke-0, 7, 14, dan 21 untuk dianalisis. Parameter yang dianalisis meliputi aktivitas antioksidan, kadar alkohol, gula reduksi, pH, kadar vitamin C, dan total asam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan tertinggi pada hari ke-14 dengan konsentrasi yang diperlukan untuk menghambat 50% radikal bebas (IC_{50}) sebesar $28.9 \mu\text{g/mL}$ dan persentase inhibisi $64.0 \pm 1.0\%$ ($p < 0.05$). Pada parameter kimia lainnya didapatkan hasil bervariasi yang berpengaruh terhadap aktivitas antioksidan sesuai dengan waktu fermentasi. Kadar vitamin C meningkat hingga $2.873 \pm 0.05\%$ ($p < 0.05$), kadar alkohol tertinggi sebesar 0.465% ($p < 0.05$), penurunan kadar gula reduksi hingga 1.2% ($p < 0.05$) disertai peningkatan total asam mencapai 2.4% ($p < 0.05$), dan penurunan pH dari 5.6 menjadi 3.2 ($p < 0.05$). Fermentasi selama 14 hari dianggap sebagai waktu yang optimal untuk menghasilkan aktivitas antioksidan yang tertinggi dibandingkan dengan fermentasi selama 0, 7 atau 21 hari. Penelitian ini dapat menjadi dasar bagi eksplorasi lebih lanjut mengenai variasi jenis teh dan tambahan bahan alami lainnya yang mempengaruhi kualitas kombucha berdasarkan aktivitas antioksidan.

Kata kunci: kombucha, fermentasi, antioksidan, teh hitam

DUTA WACANA

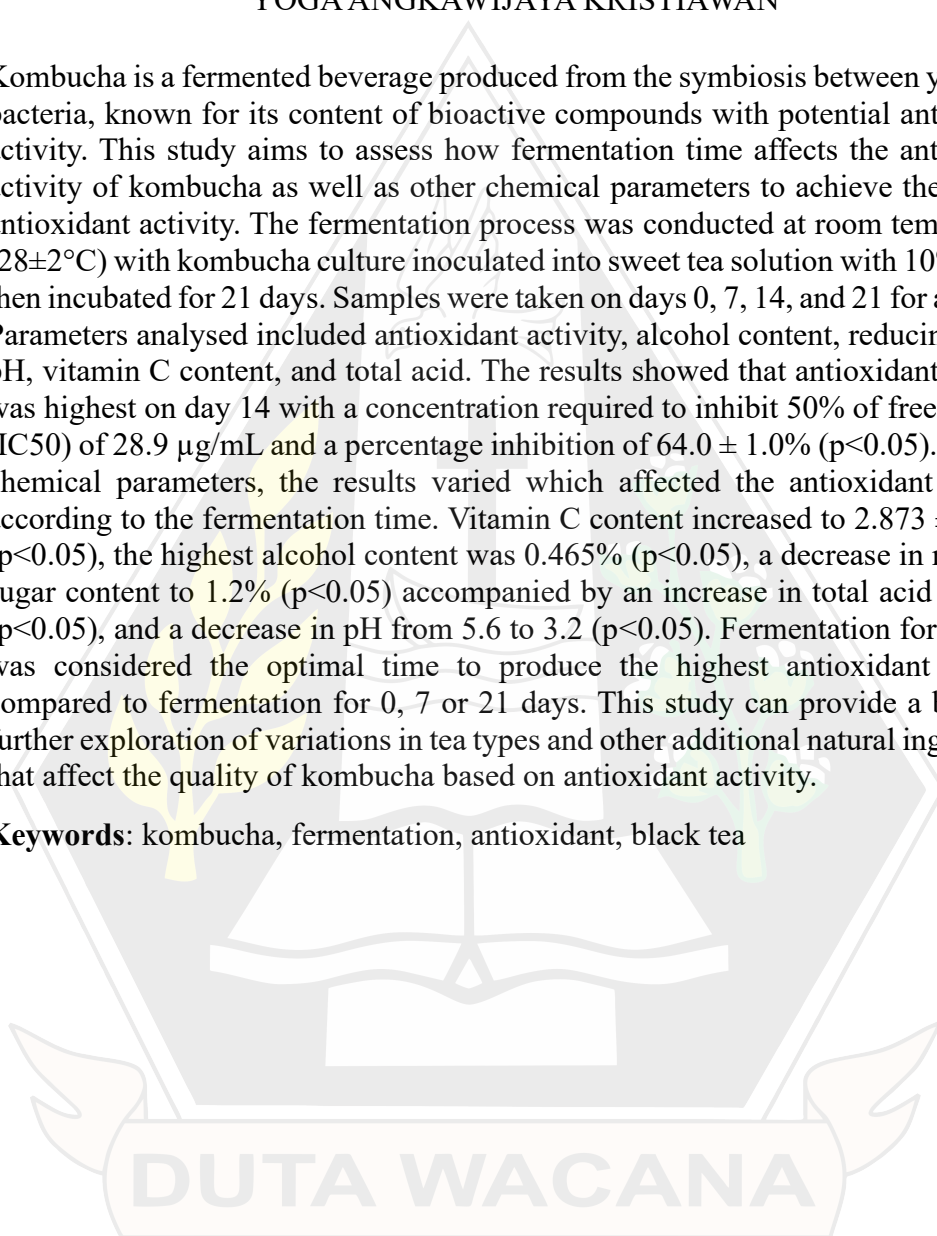
ABSTRACT

EFFECT OF FERMENTATION TIME ON ANTIOXIDANT ACTIVITY OF BLACK TEA KOMBUCHA

YOGA ANGKAWIJAYA KRISTIAWAN

Kombucha is a fermented beverage produced from the symbiosis between yeast and bacteria, known for its content of bioactive compounds with potential antioxidant activity. This study aims to assess how fermentation time affects the antioxidant activity of kombucha as well as other chemical parameters to achieve the highest antioxidant activity. The fermentation process was conducted at room temperature ($28 \pm 2^\circ\text{C}$) with kombucha culture inoculated into sweet tea solution with 10% sugar, then incubated for 21 days. Samples were taken on days 0, 7, 14, and 21 for analysis. Parameters analysed included antioxidant activity, alcohol content, reducing sugar, pH, vitamin C content, and total acid. The results showed that antioxidant activity was highest on day 14 with a concentration required to inhibit 50% of free radicals (IC₅₀) of $28.9 \mu\text{g/mL}$ and a percentage inhibition of $64.0 \pm 1.0\%$ ($p < 0.05$). In other chemical parameters, the results varied which affected the antioxidant activity according to the fermentation time. Vitamin C content increased to $2.873 \pm 0.05\%$ ($p < 0.05$), the highest alcohol content was 0.465% ($p < 0.05$), a decrease in reducing sugar content to 1.2% ($p < 0.05$) accompanied by an increase in total acid to 2.4% ($p < 0.05$), and a decrease in pH from 5.6 to 3.2 ($p < 0.05$). Fermentation for 14 days was considered the optimal time to produce the highest antioxidant activity compared to fermentation for 0, 7 or 21 days. This study can provide a basis for further exploration of variations in tea types and other additional natural ingredients that affect the quality of kombucha based on antioxidant activity.

Keywords: kombucha, fermentation, antioxidant, black tea



DUTA WACANA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kombucha adalah minuman fermentasi yang dibuat dari teh manis melalui proses fermentasi yang melibatkan kultur simbiotik bakteri dan ragi, yang dikenal sebagai *Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast* (SCOBY). Kombucha dibuat dengan menggunakan teh sebagai bahan dasar, yang kemudian dicampur dengan gula sebagai substrat utama untuk mikroorganisme selama fermentasi. Mikroorganisme seperti *Acetobacter xylinum* dan *Gluconacetobacter kombuchae* dari kelompok bakteri, serta *Saccharomyces cerevisiae* dan *Zygosaccharomyces bailii* dari kelompok ragi, bekerja sama mengubah gula menjadi berbagai senyawa bioaktif, termasuk asam organik, vitamin, dan alkohol dalam jumlah kecil (Antolak *et al.*, 2021; Jayabalan *et al.*, 2014)

Kombucha telah menjadi subjek penelitian karena potensi manfaat kesehatannya, terutama karena aktivitas antioksidannya. Aktivitas antioksidan berasal dari senyawa fenolik teh yang ditingkatkan selama proses fermentasi, yang mampu menetralkan radikal bebas dan mencegah kerusakan oksidatif pada sel (Dufresne & Farnworth, 2000; Holidah *et al.*, 2018). Faktor-faktor yang mempengaruhi manfaat kesehatan kombucha termasuk jenis teh yang digunakan, konsentrasi gula, suhu fermentasi, dan waktu fermentasi. Waktu fermentasi merupakan salah satu faktor yang paling krusial, karena waktu fermentasi yang berbeda dapat mempengaruhi komposisi kimia dan aktivitas senyawa bioaktif dalam kombucha (L. Wang *et al.*, 2017). Fermentasi yang terlalu singkat tidak memberikan waktu yang cukup untuk pembentukan senyawa bioaktif yang optimal, sedangkan fermentasi yang terlalu lama dapat menyebabkan degradasi senyawa aktif yang penting, sehingga menurunkan kualitas dan manfaat kesehatan dari kombucha (Chakravorty *et al.*, 2019a). Waktu fermentasi yang optimal

dapat menentukan keseimbangan antara pembentukan senyawa bioaktif dan stabilitas komposisi kimia kombucha.

Waktu fermentasi yang tepat dapat menghasilkan produk dengan aktivitas antioksidan yang tinggi serta karakteristik sensoris yang diinginkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi bagaimana variasi waktu fermentasi memengaruhi aktivitas antioksidan serta parameter-parameter penting lainnya dalam kombucha teh hitam, seperti nilai pH, kadar alkohol, kadar gula, kadar vitamin C, dan kandungan asam (Hidayana & Kusuma, 2017). Perubahan dalam parameter-parameter ini dapat berdampak signifikan pada stabilitas dan efektivitas aktivitas antioksidan dalam kombucha. Dengan memahami pengaruh waktu fermentasi terhadap faktor-faktor tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah untuk menentukan waktu fermentasi yang optimal.

1.2 Rumusan Masalah

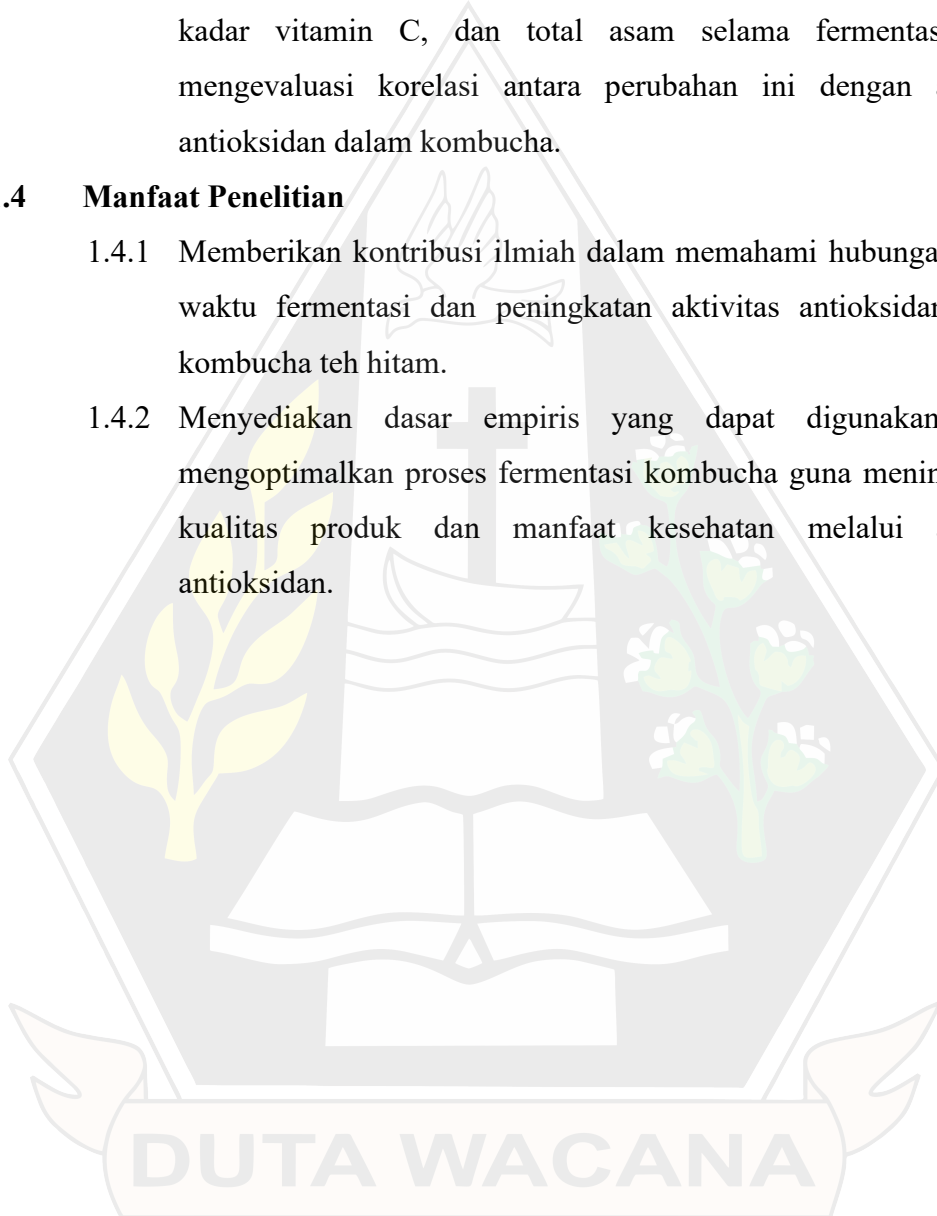
- 1.2.1. Bagaimana pengaruh waktu fermentasi terhadap aktivitas antioksidan dalam kombucha teh hitam?
- 1.2.2. Bagaimana waktu fermentasi memengaruhi parameter kimia dalam kombucha, seperti nilai pH, kadar gula reduksi, kadar alkohol, kadar vitamin C, dan total asam, yang berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan?

1.3 Tujuan Penelitian

- 1.3.1 Mengidentifikasi pengaruh waktu fermentasi terhadap aktivitas antioksidan dalam kombucha teh hitam.
- 1.3.2 Menganalisis perubahan nilai pH, kadar gula reduksi, kadar alkohol, kadar vitamin C, dan total asam selama fermentasi, serta mengevaluasi korelasi antara perubahan ini dengan aktivitas antioksidan dalam kombucha.

1.4 Manfaat Penelitian

- 1.4.1 Memberikan kontribusi ilmiah dalam memahami hubungan antara waktu fermentasi dan peningkatan aktivitas antioksidan dalam kombucha teh hitam.
- 1.4.2 Menyediakan dasar empiris yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan proses fermentasi kombucha guna meningkatkan kualitas produk dan manfaat kesehatan melalui aktivitas antioksidan.



BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Fermentasi kombucha teh hitam selama 14 hari menghasilkan aktivitas antioksidan tertinggi, dengan nilai IC_{50} mencapai $28.9 \mu\text{g/mL}$ dan persentase inhibisi sebesar $64.0 \pm 1.0\%$ ($p < 0.05$). Pada parameter kimia lainnya didapatkan hasil bervariasi yang berpengaruh terhadap aktivitas antioksidan sesuai dengan waktu fermentasi. Kadar vitamin C meningkat hingga $2.873 \pm 0.05\%$ ($p < 0.05$), kadar alkohol tertinggi sebesar 0.465% ($p < 0.05$), penurunan kadar gula reduksi hingga 1.2% ($p < 0.05$) disertai peningkatan total asam mencapai 2.4% ($p < 0.05$), dan penurunan pH dari 5.6 menjadi 3.2 ($p < 0.05$). Fermentasi selama 14 hari dianggap sebagai waktu yang optimal untuk menghasilkan aktivitas antioksidan yang tertinggi dibandingkan dengan fermentasi selama 0, 7 atau 21 hari.

5.2. Saran.

Penelitian lebih lanjut disarankan untuk mengeksplorasi dan mengembangkan produk kombucha dengan variasi jenis teh dan tambahan bahan alami lainnya untuk diteliti manfaat kesehatan yang terkandung.

DAFTAR PUSTAKA

- Abuduaibifu, A. and Tamer, C. (2019). Evaluation of physicochemical and bioaccessibility properties of goji berry kombucha. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(9). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14077>
- Al-Mohammadi, A., Ismaiel, A., Ibrahim, R., Moustafa, A., Zeid, A., & Enan, G. (2021). Chemical constitution and antimicrobial activity of kombucha fermented beverage. *Molecules*, 26(16), 5026. <https://doi.org/10.3390/molecules26165026>
- Amarasekara, A. and Wang, D. (2020). Pyrolysis route for the conversion of bacterial cellulose to graphene oxide. *Acs Sustainable Chemistry & Engineering*, 9(1), 113-119. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.0c05400>
- 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. <https://doi.org/10.3390/antiox10101541>
- Bernatoniene, J., & Kopustinskiene, D. (2018). The role of catechins in cellular responses to oxidative stress. *Molecules*, 23(4), 965. <https://doi.org/10.3390/molecules23040965>
- Chakravorty, S., Bhattacharya, S., Bhattacharya, D., Sarkar, S., & Gachhui, R. (2019). Kombucha: A promising functional beverage prepared from tea. In *Non-alcoholic Beverages: Volume 6. The Science of Beverages* (pp. 285–327). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815270-6.00010-4>
- Coelho, R. M. D., Almeida, A. L. de, Amaral, R. Q. G. do, Mota, R. N. da, & Sousa, P. H. M. de. (2020). Kombucha: Review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 22, 100272. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100272>
- Das, S., Giri, A., & Chatterjee, G. (2022). Assessment of proximate composition and antioxidant potential of different commercially packaged tea samples in west bengal. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, (Of). <https://doi.org/10.18805/ajdfr.dr-1906>
- 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)
- Harrison, K. and Curtin, C. (2021). Microbial composition of scoby starter cultures used by commercial kombucha brewers in north america. *Microorganisms*, 9(5), 1060. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9051060>

- Helmalia, A. W., Putrid, P., & Dirpan, A. (2019). Potensi rempah-rempah tradisional sebagai sumber antioksidan alami untuk bahan baku pangan fungsional. *Canrea Journal: Food Technology, Nutrition, and Culinary Journal*, 2(1), 26–31. <https://doi.org/10.20956/canrea.v2i1.113>
- Hidayana, V., & Kusuma, A. E. (2017). Uji aktivitas antioksidan teh kombucha daun coklat (*Theobroma cacao. L*) berdasarkan lama fermentasi. *Jurnal Farmasi Higea*, 9(2), 103–108. <https://doi.org/10.52689/higea.v9i2.165>
- Holidah, D., Yasmin, Y., & Christianty, F. M. (2018). Uji aktivitas antidiabetes ekstrak teh hitam dan teh hijau secara in vitro menggunakan metode inhibisi enzim α -glukosidase. *Pustaka Kesehatan*, 6(2), 235. <https://doi.org/10.19184/pk.v6i2.7573>
- Hsieh, Y., Chiu, M., & Chou, J. (2021). Efficacy of the kombucha beverage derived from green, black, and pu'er teas on chemical profile and antioxidant activity. *Journal of Food Quality*, 2021, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2021/1735959>
- Jakubczyk, K., Kałduńska, J., Kochman, J., & Janda, K. (2020). Chemical profile and antioxidant activity of the kombucha beverage derived from white, green, black and red tea. *Antioxidants*, 9(5), 447. <https://doi.org/10.3390/antiox9050447>
- Jayabalan, R., Malbaša, R. V., Lončar, E. S., Vitas, J. S., & Sathishkumar, M. (2014). A review on kombucha tea—Microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 538-550. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12073>
- Jayabalan, R., Malini, K., Sathishkumar, M., Swaminathan, K., & Yun, S. E. (2010). Biochemical characteristics of tea fungus produced during kombucha fermentation. *Food Science and Biotechnology*, 19(3), 843-847. <https://doi.org/10.1007/s10068-010-0115-3>
- Kaashyap, M., Cohen, M., & Mantri, N. (2021). Microbial diversity and characteristics of kombucha as revealed by metagenomic and physicochemical analysis. *Nutrients*, 13(12), 4446. <https://doi.org/10.3390/nu13124446>
- Kaewkod, T., Bovonsombut, S., & Tragoolpua, Y. (2019). Efficacy of kombucha obtained from green, oolong, and black teas on inhibition of pathogenic bacteria, antioxidation, and toxicity on colorectal cancer cell line. *Microorganisms*, 7(12), 700. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7120700>
- Leal, J., Suárez, L., Jayabalan, R., Oros, J., & Escalante-Aburto, A. (2018). A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and

- metabolites. *Cyta - Journal of Food*, 16(1), 390-399.
<https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1410499>
- Machineni, L., Nair, R. B., Kumar, P. B., & Ramasamy, S. (2018). Therapeutic potential of kombucha tea for prevention of diabetes-induced oxidative stress and glucose toxicity: A preclinical study. *International Journal of Health Sciences and Research*, 8(5), 199-205.
- Marsh, A. J., O'Sullivan, O., Hill, C., Ross, R. P., & Cotter, P. D. (2014). Sequence-based analysis of the bacterial and fungal compositions of multiple kombucha (tea fungus) samples. *Food Microbiology*, 38, 171-178.
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.09.003>
- Priyono, P., & Riswanto, D. (2021). Studi kritis minuman teh kombucha: Manfaat bagi kesehatan, kadar alkohol dan sertifikasi halal. *International Journal Mathla'ul Anwar of Halal Issues*, 1(1), 9-18.
<https://doi.org/10.30653/ijma.202111.7>
- Rezaldi, F., Ma'ruf, A., Pertiwi, F. D., Fatonah, N. S., Ningtias, R. Y., Fadillah, M. F., Sasmita, H., & Somantri, U. W. (2021). Narrative review: Kombucha's potential as a raw material for halal drugs and cosmetics in a biotechnological perspective. *International Journal Mathla'ul Anwar of Halal Issues*, 1(2), 43-56. <https://doi.org/10.30653/ijma.202112.25>
- Rohaya, S., Multahadi, M., & Sulaiman, I. (2023). Improving the quality of kombucha cascara with different varieties and fermentation time in diverse arabica coffee (coffea arabica l) cultivars. *Coffee Science*, 17, 1-8.
<https://doi.org/10.25186/v17i.2056>
- Rukman, M. and Haerussana, A. (2023). The effect of different sweeteners on the free radical scavenging activities, alcohol contents, sugar reductions, and hedonic properties of green tea kombucha. *Pharmaceutical Sciences Asia*, 50(1), 51-58. <https://doi.org/10.29090/psa.2023.01.22.340>
- Sintyadewi, P., Rs, I., & Wulansari, N. (2021). Analysis of chemical characteristics and antioxidant activity test of kombucha black tea and butterfly pea flower (clitoria ternatea l.) based on fermentation time. *International Journal of Chemical & Material Sciences*, 4(1), 27-32.
<https://doi.org/10.21744/ijcms.v4n1.1768>
- Villarreal-Soto, S., Beaufort, S., Bouajila, J., Souchard, J., Renard, T., Rollan, S., & Taillandier, P. (2019). Impact of fermentation conditions on the production of bioactive compounds with anticancer, anti-inflammatory and antioxidant properties in kombucha tea extracts. *Process Biochemistry*, 83, 44-54.
<https://doi.org/10.1016/j.procbio.2019.05.004>
- Vīna, I., Semjonovs, P., & Linde, R. (2014). Current evidence on physiological activity of kombucha fermented beverage and expected health effects.

- Journal of Medicinal Food*, 17(2), 179-188.
<https://doi.org/10.1089/jmf.2013.0031>
- Wang, Y., Ji, B., Wu, W., & Wang, S. (2018). Optimization of kombucha fermentation using response surface methodology: Microbial, chemical, and sensorial properties. *Food Science and Biotechnology*, 27(3), 713-721.
<https://doi.org/10.1007/s10068-017-0372-5>
- Wijaya, M. I., Ardhi, N. D., Pranoto, F. L., Santoso, R., & Pratiwi, L. H. (2020). Development of low-sugar synbiotic beverage from herbal kombucha fruit extract. *International Journal of Food Science*, 2020, Article ID 8860793.
<https://doi.org/10.1155/2020/8860793>
- Wong, M., Sirisena, S., & Ng, K. (2022). Phytochemical profile of differently processed tea: a review. *Journal of Food Science*, 87(5), 1925-1942.
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.16137>
- Yanti, N., Ambardini, S., Ardiansyah, A., Marlina, W., & Cahyanti, K. (2020). Aktivitas antibakteri kombucha daun sirsak (*Annona muricata* L.) dengan konsentrasi gula berbeda. *Berkala Sainstek*, 8(2), 35.
<https://doi.org/10.19184/bst.v8i2.15968>
- Zailani, N. and Adnan, A. (2022). Substrates and metabolic pathways in symbiotic culture of bacteria and yeast (scooby) fermentation: a mini review. *Jurnal Teknologi*, 84(5), 155-165.
<https://doi.org/10.11113/jurnalteknologi.v84.18534>
- Zhang, Y., Zhao, Z., Chen, Y., Dong, S., Li, L., Zhang, H., Gao, P., Wang, X., Liu, J., & Li, L. (2019). Characterization of fermentation properties and prebiotic effects of plant polysaccharides from *Piper retrofractum* Vahl. *International Journal of Biological Macromolecules*, 124, 680-689.
- Zhao, Y., Wu, H., Zhou, C., & Hu, J. (2018). Flavour chemical dynamics during fermentation of kombucha tea. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 732. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i9.1794>