

Potensi Aktivitas Antibakteri Kombucha Kulit Batang Faloak (*Sterculiaquadrifida* R.Br.) dari Pulau Timor

Antibacterial Activity Potential of Kombucha Made with Faloak (Sterculia quadrifida R.Br.) Stem Bark from Timor Island

Paulus R. F. Lalong^{1,*}, Yoseph M. Laynurak¹, Maximus M. Taek²

¹Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Katolik Widya Mandira Jl. Jend. A. Yani 50-52, Kota Kupang 85225 Indonesia

²Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Katolik Widya Mandira Jl. Jend. A. Yani 50-52, Kota Kupang 85225, Indonesia

*Penulis korespondensi: Paulus R. F. Lalong, e-mail: risanlalong@gmail.com

Tanggal submit: 21 Januari 2023; Tanggal penerimaan: 12 Mei 2023; Tanggal publikasi: 1 Juli 2023

ABSTRACT

Exploration of the potential of alternative ingredients to replace black tea or green tea in making kombucha has begun to be widely carried out. On Timor Island, faloak stem bark is processed into a traditional drink by some locals. For this reason, the use of faloak stem bark as a basic ingredient for kombucha needs to be studied, especially in exploring its antibacterial potential, which is analyzed based on the concentration of sugar used. This study aims to determine the chemical characteristics and antibacterial activity of faloak stem bark kombucha with various concentrations of sugar. The methods involved making faloak stem bark kombucha with varying sugar concentrations of 6, 8, 10, and 12% (w/v), and testing chemical characteristics in the form of pH, total acid, total sugar, and total phenol tests. Meanwhile, the antibacterial activity testing used a good diffusion method against *Escherichia coli* ATCC 25922 bacteria. After 14 days of fermentation, faloak stem bark kombucha with a 12% sugar concentration showed the best chemical characteristics, with pH, total acid, total sugar, and total phenol values of 2.91, 1.19%, 7.33%, and 420.15 mg GAE/L, respectively. Furthermore, antibacterial activity also showed the highest inhibition (13.02 mm) at a sugar concentration of 12%. Thus, faloak bark kombucha made with a sugar concentration of 12% has the potential to be antibacterial.

Keywords: Antibacterial; *Escherichia coli* ATCC 25922; faloak; kombucha; *Sterculia quadrifida* R.Br.

© The Authors. Publisher Universitas Pattimura. Open access under CC-BY-SA license.

ABSTRAK

Saat ini, eksplorasi potensi bahan alternatif pengganti teh hitam ataupun teh hijau dalam pembuatan kombucha telah banyak dilakukan. Kulit batang faloak merupakan bagian tumbuhan yang dikonsumsi sebagai minuman tradisional oleh sebagian masyarakat di Pulau Timor. Penggunaan kulit batang faloak sebagai bahan dasar minuman kombucha dapat diterapkan khususnya dalam mengeksplor potensinya sebagai antibakteri yang dikaji berdasarkan konsentrasi gula yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kimia dan aktivitas antibakteri dari kombucha kulit batang faloak dengan berbagai konsentrasi gula. Metode penelitian berupa pembuatan kombucha kulit batang faloak dengan variasi konsentrasi gula 6, 8, 10, dan 12% (b/v) yang difermentasi selama 14 hari, pengujian karakteristik kimia berupa uji pH, total asam, total gula, dan total fenol. Pengujian aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi sumur terhadap bakteri *Escherichia coli* ATCC 25922. Perlakuan konsentrasi gula 12% menunjukkan karakteristik kimia terbaik, nilai pH, total asam, total gula, dan total fenol masing-masing sebesar 2,91; 1,19%; 7,33%; 420,15 mg/L GAE. Aktivitas antibakteri terbaik juga ditunjukkan pada perlakuan konsentrasi gula 12% dengan nilai zona hambat sebesar 14,03 mm. Dengan demikian, minuman kombucha berbahan kulit batang faloak dengan konsentrasi gula 12% berpotensi dijadikan sebagai antibakteri.

Kata kunci: Antibakteri; *Escherichia coli* ATCC 25922; faloak; kombucha; *Sterculia quadrifida* R.Br.

© Penulis. Penerbit Universitas Pattimura. Akses terbuka dengan lisensi CC-BY-SA.

PENDAHULUAN

Teknik fermentasi telah banyak diterapkan dalam pangan olahan oleh sebagian penduduk dunia sejak zaman dahulu, dan salah satu olahan yang masih dikenal hingga saat ini adalah minuman kombucha. Kombucha merupakan seduhan teh yang diolah dengan cara difermentasi menggunakan biakan bakteri asam asetat (*Komagataeibacter*, *Gluconobacter* dan *Acetobacter*) dan ragi (*Saccaromyces cerevisiae*, *Torulasporea delbrueckii*, *Saccharomycodes ludwigii*, *Zygosaccharomyces bailii*, dan *Brettanomyces bruxellensis*) yang saling bersimbiosis (Coton *et al.*, 2017; Villarreal-Soto *et al.*, 2018). Kombucha telah dikenal karena potensi kesehatannya yang telah banyak diketahui. Kandungan metabolit sekunder, enzim dan bakteri asam asetat menjadikan kombucha sebagai minuman tinggi manfaat (Jayabalan & Waisundara, 2019; Zubaidah *et al.*, 2018). Beberapa peneliti melaporkan potensi kombucha sebagai antidiabetes (Aloulou *et al.*, 2012; Lalong *et al.*, 2022a), antikolesterol (Alaei *et al.*, 2020; Doudi *et al.*, 2020), antioksidan (Lalong *et al.*, 2022b; Zou *et al.*, 2021), serta kemampuannya sebagai antibakteri (Valiyan *et al.*, 2021).

Dalam kemampuannya sebagai antibakteri, Kaewkod *et al.* (2019) membuktikan bahwa kombucha yang difermentasi dari berbagai jenis teh herbal dengan tambahan 10% gula berpotensi menghambat pertumbuhan bakteri enteric patogen diantaranya *E. coli*, *Shigella dysenteriae*, *Salmonella typhi*, *Vibrio cholerae*, *Listeria monocytogenes* dan *Pseudomonas aeruginosa*. Al-Mohammadi *et al.* (2021) menambahkan bahwa produksi metabolit selama fermentasi kombucha teh hitam memiliki kemampuan hambatan sebesar 18 mm pada pertumbuhan bakteri *E. coli*. Kombucha berbahan teh bunga *Achillea millefolium* L. dilaporkan memiliki kemampuan dalam menghambat bakteri *E. coli* ATCC 25922, adanya aktivitas antibakteri kombucha dihubungkan dengan hadirnya komponen senyawa fenolik, asam organik serta vitamin yang terkandung pada kombucha selama fermentasi (Vitas *et al.*, 2018). Ma *et al.* (2019) dalam penelitiannya membuktikan kandungan katekin yang diekstraksi dari kombucha mampu menghambat *E. coli* ATCC 25922 dengan zona hambat 20,5 mm. Konsentrasi kandungan senyawa bioaktif dan metabolit sekunder yang dihasilkan dari kombucha dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya konsentrasi gula (Mo *et al.*, 2008) dan

jenis teh atau substrat (Emiljanowicz & Malinowska-Pańczyk, 2020).

Penggunaan substrat alternatif dalam pembuatan kombucha telah banyak dilakukan, salah satunya adalah menggunakan kulit batang faloak (*Sterculia quadrfida* R.Br) dari pulau Timor – NTT. Kulit batang faloak (KBF) dikonsumsi sebagai minuman herbal tradisional sebagian masyarakat di pulau Timor dalam berbagai pengobatan (Winanta *et al.*, 2019). Rollando. (2015) melaporkan adanya aktivitas antibakteri pada bakteri *S. aureus*, *E. coli*, *B. subtilis*, dan *S. thypi* serta adanya kandungan fenolik yang tinggi dari ekstrak KBF. Telah diteliti, pemberian KBF mampu memperbaiki kadar glukosa darah dan pulau *Langerhans* tikus diabetes melitus (Lalong *et al.*, 2022a). KBF yang difermentasi 14 hari mengalami peningkatan aktivitas senyawa bioaktif flavonoid, fenol dan aktivitas antioksidan (DPPH) sebesar 82,21% (Lalong *et al.*, 2022b). Pada penelitian ini, peneliti memfokuskan pada potensi antibakteri dari kombucha KBF dalam menghambat bakteri *E. coli* ATCC 25922 yang ditinjau dari perbedaan penggunaan konsentrasi gula dalam proses fermentasi kombucha, mengingat belum ada penelitian terkait kombucha berbahan KBF dalam potensinya sebagai antibakteri.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian diantaranya, kulit batang faloak (KBF) yang berasal dari Kota Kupang, starter kombucha diperoleh dari @kombue.koe Kupang, gula (gulaku), starter *tea bag* kosong, serta air mineral (Aqua) diperoleh dari minimarket terdekat.

Prosedur Penelitian

Pembuatan Teh Celup KBF

Kulit pohon yang diambil adalah pohon dewasa dengan ketentuan diameter pohon >30 cm, dengan tinggi \pm 5 m, dan ketebalan kulit pohon \pm 8 cm. Bagian kulit dari batang pohon faloak diambil, dicuci kemudian dikeringkan pada suhu ruang (27°C) selama 5 hari pengeringan. Setelah kering KBF dihaluskan untuk mendapatkan serbuk KBF. Serbuk KBF yang telah halus dimasukkan pada *tea bag* celup dengan takaran 2 g KBF per *tea bag*.

Pembuatan Kombucha KBF

Pembuatan kombucha KBF mengacu pada prosedur (Lalong *et al.*, 2022b). air 500 mL direbus hingga mendidih menggunakan api sedang, kemudian gula ditambahkan pada air rebusan dengan masing-masing tingkatan konsentrasi yakni 6, 8, 10 dan 12% (b/v), setelah itu 4 *teabag* teh KBF dimasukkan kedalam air rebusan selama 10 menit. Selanjutnya seduhan dituang dalam toples kaca dan dibiarkan hingga suhu 25°C. Setelah itu, starter kombucha 10% (v/v) ditambahkan kedalam tiap toples fermentasi, toples ditutup kain steril dan didiamkan selama 14 hari. Prosedur yang sama dilakukan pada masing-masing konsentrasi gula untuk dilanjutkan proses fermentasi.

Analisis pH dan Total Asam Tertitrasi (TAT)

Pengukuran nilai pH berdasarkan metode Zubaidah *et al.* (2018), sampel diambil dari masing-masing toples perlakuan kemudian diukur menggunakan pH meter. Prosedur pengukuran nilai TAT mengacu pada AOAC (1995), masing-masing sampel kombucha 10 ml dilarutkan dengan aquades steril 90 ml, dan disaring menggunakan ketas saring (Whatman). Kemudian, 20 ml sampel ditambahkan indikator phenolphthalein 1% (Merck, Jerman) dan dititrasi menggunakan NaOH 0,1 N (Merck, Jerman). Larutan dititrasi hingga terjadi perubahan warna merah muda pada erlenmeyer.

Analisa Total Gula

Pengukuran nilai total gula mengacu pada prosedur yang dimodifikasi dari Islam *et al.* (2013), masing-masing sampel kombucha sebanyak 5 ml dilarutkan dengan aquades steril hingga mencapai takaran 100 ml. Larutan sampel tersebut dilarutkan dengan CaCO₃ (Merck, Jerman) sebanyak 1 g dalam erlenmeyer 250 ml, kemudian dipanaskan dengan suhu 100°C dan didinginkan untuk disaring. Sebanyak 1 ml sampel filtrat selanjutnya dilarutkan dengan anthrone (Merck, Jerman) dan H₂SO₄ (Sigma, Aldrich) hingga pada batas takaran 100 ml. Larutan dipanaskan pada suhu 100°C selama 12 menit, kemudian didinginkan untuk dianalisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Genesys) dengan panjang gelombang 630 nm.

Analisa Total Fenol

Pengukuran total fenol menggunakan metode *Folin-Ciocalteu* mengacu pada Ivanišová *et al.* (2013) yang dimodifikasi. 0,1 ml sampel kombucha masing-masing dicampur dengan 0,1 mL reagen *Folin-Ciocalteu* (Merck, Jerman), 1 mL Na₂CO₃ (Merck) 20% (b/v) dan 8,8 mL aquades, kemudian diinkubasi dalam kondisi gelap selama 30 menit. Setelah diinkubasi, absorbansi sampel diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Genesys) dengan panjang gelombang 760 nm.

Uji Aktivitas Antibakteri

Uji aktivitas antibakteri kombucha KBF menggunakan metode difusi sumur yang mengacu pada Valiyan *et al.* (2021) yang dimodifikasi. Suspensi bakteri uji masing-masing bakteri *Escherichia coli* ATCC 25922 setara dengan 0,5 McFarland (1,5 x 10⁸ CFU/ml) disiapkan, kemudian dituangkan dalam Media *Mueller Hinton Agar* (Merck). Sumur pada media dibuat dengan ukuran diameter 6 mm. Supernatan yang diperoleh dari setiap perlakuan kombucha dengan berbagai tingkatan konsentrasi gula (6, 8, 10, dan 12%) dan kelompok kontrol negatif serta positif masing-masing dituangkan ke dalam sumur pada masing-masing cawan petri dan diinkubasi pada 37°C selama 24 jam. Perlakuan diulang sebanyak 3 kali ulangan. Setelah diinkubasi, besar zona hambat tiap perlakuan yang terbentuk pada media diukur menggunakan jangka sorong.

Analisis Data

Setelah data dikumpulkan, data kemudian dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA), dan akan diuji lanjut apabila terdapat perbedaan nyata dari setiap perlakuan menggunakan uji lanjut LSD (taraf sig p<0,05). Proses analisis data dilakukan menggunakan bantaun aplikasi SPSS 16.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Kimia Kombucha KBF

Setelah difermentasi selama 14 hari, sampel kombucha KBF kemudian dianalisis sifat kimia dari berbagai perlakuan konsentrasi gula yakni nilai pH, TAT, total gula, dan total fenol. Adapun hasil pengukurannya ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Kimia Kombucha KBF Berbagai Konsentrasi Gula

Konsentrasi Gula (b/v)	Parameter			
	pH	TAT (%)	Total Gula (%)	Total Fenol (mg/L GAE)
6%	3,25±0,05 ^a	0,67±0,05 ^a	4,99±0,09 ^a	132,87±5,11 ^a
8%	3,15±0,03 ^b	0,75±0,04 ^a	5,33±0,09 ^b	144,84±3,59 ^b
10%	2,97±0,02 ^c	0,88±0,05 ^b	6,85±0,11 ^c	383,64±4,99 ^c
12%	2,91±0,02 ^d	1,19±0,07 ^c	7,33±0,04 ^d	420,15±5,53 ^d

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji lanjut LSD dengan taraf sig. $p < 0,05$.

Pada Tabel 1 menunjukkan hasil analisa empat parameter karakteristik kimia dari kombucha KBF dengan 4 perlakuan konsentrasi gula yakni, 6,8,10, dan 12% setelah difermentasi selama 14 hari.

Nilai pH, TAT, dan Total Gula

Pada Tabel 1, menunjukkan adanya tren penurunan nilai pH disertai peningkatan TAT dan total gula dari tiap perlakuan. Terlihat perlakuan dengan konsentrasi gula 12% menunjukkan nilai pH terendah yakni sebesar 2,91, sedangkan TAT dan total gula masing-masing dengan nilai tertinggi yakni sebesar 1,19% dan 7,33%. Secara statistik hasil ANOVA menunjukkan pengaruh nyata ($p < 0,05$) konsentrasi gula terhadap rerata nilai pH, TAT dan total gula dari kombucha KBF, untuk itu pada uji lanjut LSD menunjukkan notasi yang berbeda dari setiap konsentrasi pada nilai pH dan total gula, sedangkan pada TAT menunjukkan konsentrasi gula 6 dan 8% tidak menunjukkan perbedaan signifikan, Konsentrasi gula 12% menunjukan nilai pH terendah sedangkan TAT dan total gula menunjukkan nilai sebaliknya.

Adanya tren penurunan nilai pH yang disertai peningkatan TAT dan total gula diduga karena ~~disertai~~ adanya peningkatan konsentrasi gula yang digunakan dalam fermentasi kombucha. Tren yang sama juga dilaporkan oleh Napitupulu *et al.* (2015) dalam penelitiannya menunjukkan meningkatnya total asam disertai nilai pH yang menurun seiring meningkatnya konsentrasi gula yang digunakan. Gula yang digunakan dalam pembuatan kombucha dijadikan sebagai substrat makanan bagi mikroba pada kombucha. Menurut Villarreal-Soto *et al.* (2018) dan Laavanya *et al.* (2021), adanya simbiosis dari bakteri asam asetat dan ragi mampu menkonversi sukrosa menjadi berbagai asam organik seperti asam asetat dan glukuronat dalam jalur metabolisme yang melibatkan berbagai enzim bakteri dan ragi. Konsentrasi gula yang semakin tinggi

dalam pembuatan kombucha akan berdampak pada penurunan pH serta meningkatnya TAT dan total gula, hal ini menandakan adanya pembentukan senyawa asam organik selama proses fermentasi kombucha KBF.

Total Fenol

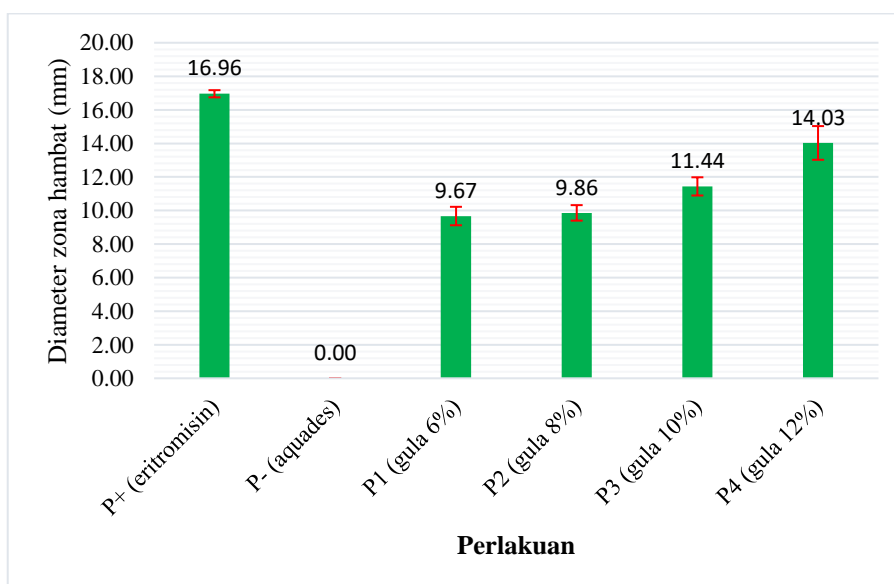
Pada Tabel 1 terlihat adanya perbedaan rerata nilai total fenol setiap perlakuan 6-12%. Hasil ANOVA menyatakan konsentrasi gula berpengaruh signifikan terhadap kadar total fenol kombucha. Setelah diuji lanjut menggunakan uji LSD, terlihat total fenol antar perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata. Kombucha dengan konsentrasi gula 12% memiliki total fenol tertinggi, yakni sebesar 420,15 mg/L GAE. Tren peningkatan kadar total fenol yang disertai peningkatan konsentrasi gula yang digunakan. Menurut Bhattacharya *et al.* (2013), kadar fenol yang dihasilkan pada kombucha dipengaruhi oleh aktivitas metabolisme mikroba selama proses fermentasi. Mikroba akan mendegradasi senyawa polifenol yang ada pada substrat oleh enzim yang dihasilkannya sehingga mempengaruhi peningkatan total fenol (Chakravorty *et al.*, 2016). Aktivitas metabolisme dari mikroba dalam proses fermentasi dipengaruhi oleh substrat bergula yang dijadikan sebagai sumber nutrisi. Menurut Jayabalan *et al.* (2014) Gula sukrosa dijadikan sebagai sumber karbon utama bagi proses metabolisme mikroba dalam kombucha. Oleh karena itu, meningkatnya nilai total fenol seiring meningkatnya konsentrasi gula yang digunakan dikaitkan dengan aktivitas metabolisme yang optimal dari mikroba. Konsentrasi gula 12% merupakan konsentrasi optimal yang mampu menyuplai ketersediaan sumber nutrisi bagi mikroba dalam proses metabolisme dalam penelitian ini, enzim yang dihasilkan selama metabolisme mampu secara optimal mendegradasi komponen fenolik dalam seduhan KBF.

Aktivitas Antibakteri

Gambar 1 menunjukkan adanya aktivitas antibakteri dari setiap perlakuan, yang ditandai dengan terbentuknya zona bening pada media, besarnya nilai zona bening pada media menandakan besarnya nilai zona hambat dari kombucha KBF terhadap bakteri uji. Hasil ANOVA menunjukkan kombucha dengan berbagai perlakuan konsentrasi gula memberikan pengaruh signifikan ($p < 0,05$) dalam menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* ATCC 25922. Perlakuan konsentrasi gula 12% memberikan dampak penghambatan paling tinggi (14,03 mm) dibanding perlakuan konsentrasi gula lainnya, walaupun tidak sebanding dengan kontrol positif. Zona hambat sebesar 14,03 mm yang terbentuk dikategorikan dalam kategori zona hambat kuat menurut Davis & Stout, (1971). Kemampuan kombucha dalam menghambat pertumbuhan bakteri diduga adanya pengaruh dari kandungan fenolik dan asam organik yang terkandung pada kombucha. Menurut Siswadi *et al.* (2013), KBF memiliki kandungan senyawa bioaktif seperti senyawa fenol, flavonoid dan alkaloid. Komponen senyawa bioaktif pada KBF tersebut diduga berkontribusi pada kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri uji. Lalong *et al.* (2022b) dalam penelitiannya melaporkan kombucha KBF yang difermentasi 14 hari menunjukkan adanya peningkatan senyawa fenol. Total fenol yang tinggi dari kombucha dengan

konsentrasi gula 12% diduga mempengaruhi besarnya zona hambat yang terbentuk. Menurut Kaewkod *et al.* (2019) aktivitas antibakteri kombucha dipengaruhi oleh berbagai komponen fenolik, bakteriosin, protein dan enzim. Valiyan *et al.* (2021) menambahkan bahwa minuman kombucha mengandung senyawa fenolik seperti katekin yang memiliki sifat sebagai antibakteri.

Selain adanya komponen bioaktif, kandungan senyawa asam organik pada kombucha juga memiliki efek hambatan pada pertumbuhan bakteri. Pada Tabel 1, kombucha KBF dengan konsentrasi gula 12% menunjukkan total asam yang tinggi. Total asam yang tinggi mengindikasikan adanya senyawa asam asetat yang tinggi pada kombucha yang dihasilkan dari proses fermentasi. Mekanisme aktivitas antibakteri dari asam asetat adalah dengan cara melakukan penetrasi kedalam sel bakteri sehingga mengganggu fungsi membran sel, mendenaturasi enzim dan mengganggu permeabilitas sel bakteri patogen (Tan *et al.*, 2020). Valiyan *et al.* (2021) menambahkan bahwa asam asetat dari kombucha mampu menurunkan pH intraseluler dan ekstraseluler dari bakteri, sehingga mempercepat kematian dari bakteri. Kandungan senyawa asam organik dan fenol dari kombucha KBF yang difermentasi 14 hari menggunakan gula 12% berdampak pada potensi menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* ATCC 25922 yang tinggi.



Gambar 1. Aktivitas antibakteri kombucha KBF terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* ATCC 25922 dengan berbagai konsentrasi gula yang digunakan.

KESIMPULAN

Kombucha KBF memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* ATCC 25922. Kombucha KBF yang difermentasi menggunakan konsentrasi gula 12% memiliki karakteristik kimia dan aktivitas antibakteri terbaik dengan nilai pH (2,91), total asam tertitiasi (1,19%), total gula (7,33%), total fenol (420,15 mg/L GAE). Kombucha KBF dengan penggunaan gula 12% memiliki potensi kuat sebagai antibakteri dengan membentuk diameter zona hambat sebesar 14,03 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaei, Z., Doudi, M., & Setorki, M. (2020). The protective role of Kombucha extract on the normal intestinal microflora, high-cholesterol diet caused hypercholesterolemia, and histological structures changes in New Zealand white rabbits Effects of Kombucha on hypercholesterolemia and histological structures in rabbits. *Original Research Article AJP*, 10(6), 601-614.
- Al-Mohammadi, A. R., Ismaiel, A. A., Ibrahim, R. A., Moustafa, A. H., Zeid, A. A., & Enan, G. (2021). Chemical constitution and antimicrobial activity of kombucha fermented beverage. *Molecules*, 26(16), 1-18.
<https://doi.org/10.3390/molecules26165026>
- Aloulou, A., Hamden, K., Elloumi, D., Ali, M. B., Hargafi, K., Jaouadi, B., Ayadi, F., Elfeki, A., & Ammar, E. (2012). Hypoglycemic and antilipidemic properties of kombucha tea in alloxan-induced diabetic rats. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 12(1-9). <https://doi.org/10.1186/1472-6882-12-63>
- [AOAC]. (1995). Association of Official Analytical Chemist 16th ed. *Official Methods of Analysis*, Washington D.C.
- Bhattacharya, S., Gachhui, R., & Sil, P. C. (2013). Effect of Kombucha, a fermented black tea in attenuating oxidative stress mediated tissue damage in alloxan induced diabetic rats. *Food and Chemical Toxicology*, 60, 328-340.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.07.051>
- Chakravorty, S., Bhattacharya, S., Chatzinotas, A., Chakraborty, W., Bhattacharya, D., & Gachhui, R. (2016). Kombucha tea fermentation: Microbial and biochemical dynamics. *International Journal of Food Microbiology*, 220, 63-72.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.12.015>
- Coton, M., Pawtowski, A., Taminiau, B., Burgaud, G., Deniel, F., Coulloume-Labarthe, L., Fall, A., Daube, G., & Coton, E. (2017). Unraveling microbial ecology of industrial-scale Kombucha fermentations by metabarcoding and culture-based methods. *FEMS Microbiology Ecology*, 93(5), 1-16.
<https://doi.org/10.1093/femsec/fix048>
- Davis, W. W., & Stout, T. R. (1971). Disc Plate Method of Microbiological Antibiotic Assay I. Factors influencing variability and error. *Applied Microbiology*, 22(4), 659-665.
<https://doi.org/10.1128/am.22.4.659-665.1971>
- Doudi, M., Hooshmandi, Z., Saedi, S., & Setorki, M. (2020). Effects of kombucha tea on side effects of high cholesterol diet in rabbits. *Pharmaceutical and Biomedical Research*, 6(2), 123-132.
<https://doi.org/10.18502/pbr.v6i2.3804>
- Emiljanowicz, K. E., & Malinowska-Pańczyk, E. (2020). Kombucha from alternative raw materials—The review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(19), 3185-3194.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1679714>
- Islam, M. K., Khan, M. Z. H., Sarkar, M. A. R., Absar, N., & Sarkar, S. K. (2013). Changes in acidity, TSS, and sugar content at different storage periods of the postharvest mango (*Mangifera indica* L.) influenced by Bavistin DF. *International Journal of Food Science*, 2013.
<https://doi.org/10.1155/2013/939385>
- Ivanišová, E., Tokár, M., Mocko, K., Bojňanská, T., Mareček, J., & Mendelová, A. (2013). Antioxidant activity of selected plant products. *Journal of Microbiology*, 2(1), 1692-1703.
- 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., & Waisundara, V. Y. (2019). Kombucha as a Functional Beverage. *In Functional and Medicinal Beverages: Volume 11: The Science of Beverages*, (413–446). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816397-9.00012-1>
- 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), 1-18. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7120700>
- Laavanya, D., Shirkole, S., & Balasubramanian, P. (2021). Current challenges, applications and future perspectives of SCOBY cellulose of Kombucha fermentation. *Journal of Cleaner Production* 295, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126454>
- Lalong, P. R. F., Zubaidah, E., & Martati, E. (2022a). In vivo evaluation of faloak (*Sterculia quadrifida* R.Br) stem bark kombucha as hyperglycemia and therapeutic agent. *E3S Web of Conferences*, 344, 02002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202234402002>
- Lalong, P. R. F., Zubaidah, E., & Martati, E. (2022b). Karakteristik kimia dan potensi antioksidan dari kombucha berbahan kulit batang faloak (*Sterculia quadrifida* R.Br). *Teknologi Pangan: Media Informasi Dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 13(1), 134–143. <https://doi.org/10.35891/tp.v13i1.2873>
- Ma, Y., Ding, S., Fei, Y., Liu, G., Jang, H., & Fang, J. (2019). Antimicrobial activity of anthocyanins and catechins against foodborne pathogens *Escherichia coli* and *Salmonella*. *Food Control*, 106, 106712. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106712>
- Mo, H., Zhu, Y., & Chen, Z. (2008). Microbial fermented tea - a potential source of natural food preservatives. *Trends in Food Science and Technology*, 19(3), 124–130. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.10.001>
- Napitupulu, M. O. C., Setyohadi, & Lubis, L. M. (2015). The effect of sugar concentration and the fermentation time of kombucha coffee. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*, 3(3), 316-322.
- Rollando. (2015). Penelusuran potensi aktivitas antibakteri dan antioksidan fraksi kulit pohon faloak (*Sterculia quadrifida* R.Br). *Journal of Pharmacy*, 4(1), 1-8.
- Siswadi, D. H. S., Grace, S. S., & Heny, R. (2013). The potency of faloak's (*Sterculia quadrifida* R. Br 1844) active compounds as natural remedy. *Kupang Forest Research Institute*, January 2020. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3353788>
- Tan, W. C., Muhialdin, B. J., & Hussin, A. S. M. (2020). Influence of storage conditions on the quality, metabolites, and biological activity of soursop (*Annona muricata* L.) kombucha. *Frontiers in Microbiology*, 11, 603481. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.603481>
- Valiyan, F., Koohsari, H., & Fadavi, A. (2021). Use of response surface methodology to investigate the effect of several fermentation conditions on the antibacterial activity of several kombucha beverages. *Journal of Food Science and Technology*, 58(5), 1877–1891. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04699-6>
- Villarreal-Soto, S. A., Beaufort, S., Bouajila, J., Souchard, J. P., & Taillandier, P. (2018). Understanding kombucha tea fermentation: A Review. *Journal of Food Science*, 83(3), 580–588. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14068>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.02.019>
- Winanta, A., Hertiani, T., Purwantiningsih, & Siswadi. (2019). In vivo Immunomodulatory Activity of Faloak Bark Extract (*Sterculia quadrifida* R.Br). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 22(12), 590–596. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2019.590.596>
- Zou, C., Li, R. Y., Chen, J. X., Wang, F., Gao, Y., Fu, Y. Q., Xu, Y. Q., & Yin, J. F. (2021). Zijuan tea-based kombucha: Physicochemical, sensorial, and antioxidant profile. *Food Chemistry*, 363. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130322>
- Zubaidah, E., Dewantari, F. J., Novitasari, F. R., Srianta, 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.
<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.12.012>

Copyright © The Author(s)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)