

RINGKASAN DISERTASI

PENGEMBANGAN KOMBUCHA BUNGA TELANG (*Clitoria ternatea L.*) DAN POTENSINYA UNTUK MEMPERBAIKI KONDISI DISLIPIDEMIA

ROSYANNE KUSHARGINA



**PROGRAM STUDI ILMU GIZI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

**SIDANG PROMOSI PROGRAM DOKTOR
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

Judul : Pengembangan Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.) dan Potensinya untuk Memperbaiki Kondisi Dislipidemia.
Nama : Rosyanne Kushargina
NIM : I1604211015
Program Studi : Ilmu Gizi
Komisi : 1. Prof. Dr. Rimbawan
Pembimbing : 2. Dr. dr. Mira Dewi, M.Si.
3. Prof. Dr. Ir. Evy Damayanthi, M.S.

Pelaksanaan Ujian Tertutup

Hari/Tanggal : Rabu, 8 Mei 2024
Waktu : 13.00 WIB
Tempat : Ruang Beta Karoten, FEMA, IPB
Penguji Luar Komisi : 1. Prof. Dr. Ir. Nurheni Sri Palupi, M.Si.
(Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fateta, IPB)
2. Prof. Dr. Katrin Roosita, SP, M.Si.
(Departemen Gizi Masyarakat, FEMA, IPB)

Pelaksanaan Sidang Promosi

Hari/Tanggal : Rabu, 12 Juni 2024
Waktu : 13.00 WIB
Tempat : Ruang Pascasarjana 202
Penguji Luar Komisi : 1. Prof. Dr. Katrin Roosita, SP, M.Si. (Departemen Gizi Masyarakat, FEMA, IPB)
2. Prof. Dr. Tria Astika Endah Permatasari, SKM, MKM (Prodi Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Jakarta)

RINGKASAN

ROSYANNE KUSHARGINA. Pengembangan Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.) dan Potensinya untuk Memperbaiki Kondisi Dislipidemia. Dibimbing oleh RIMBAWAN, MIRA DEWI, dan EVY DAMAYANTHI.

Dislipidemia adalah suatu kondisi yang menggambarkan abnormalitas kadar lipid dalam tubuh manusia. Data risekesdas menunjukkan bahwa prevalensi total kolesterol, total trigliserida, dan kolesterol LDL yang tinggi di Indonesia. Dislipidemia dikaitkan dengan kejadian penyakit jantung, sejalan dengan dislipidemia diketahui bahwa prevalensi penyakit jantung meningkat dari 0,9% pada tahun 2007 menjadi 1,5% di tahun 2018. Perbaikan gaya hidup salah satunya pola makan dapat membantu menjaga profil lipid tetap normal. Selain pengobatan medis, saat ini berkembang pengobatan untuk penyakit tidak menular berbasis tanaman atau dalam bentuk seduhan berbagai jenis tanaman yang memiliki manfaat kesehatan. Salah satunya adalah bunga telang (*Clitoria ternatea* L.). Kandungan polifenol bunga telang dibuktikan dari beberapa hasil penelitian memiliki potensi antioksidan dan memberikan efek hipolipidemik dengan memperbaiki metabolisme kolesterol. Bunga telang juga memiliki pigmen warna antosianin, selain sebagai pigmen warna, senyawa antosianin juga dapat berperan sebagai antioksidan. Senyawa antosianin sangat stabil bila digunakan sebagai pewarna alami makanan atau minuman sehingga punya potensi pada industri pangan. Antosianin lebih stabil pada suasana asam. Hal ini menjadi peluang dikembangkannya minuman kombucha dari teh bunga telang. Kombucha bersifat asam dengan pH 2.5-4.2, oleh karena itu bila teh bunga telang diformulasikan menjadi minuman kombucha kandungan antosianin yang terkandung didalamnya lebih stabil dan dapat memberi manfaat optimal bagi kesehatan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan kombucha dari bunga telang dan mengevaluasi potensinya untuk kondisi dislipidemia. Tujuan Khusus dari penelitian ini adalah: Menganalisis kandungan bioaktif (flavonoid, antosianin, asam-asam organik), dan Aktivitas antioksidan pada teh dan kombucha bunga telang; Menganalisis kandungan gizi dan gula total pada kombucha bunga telang; Menganalisis aspek keamanan (pH, alkohol, kontaminan logam berat, asam organik dan mikrobiologis) kombucha bunga telang; Menganalisis keragaman bakteri dan khamir pada kombucha bunga telang, dan Menganalisis pengaruh pemberian kombucha bunga telang dibandingkan dengan teh bunga telang terhadap penanda dislipidemia dan status oksidatif pada subjek dislipidemia.

Penelitian ini terdiri dari dua tahapan yang diawali dengan analisis pada produk antioksidan, aktivitas antioksidan, kandungan gizi, kandungan gula total, dan aspek keamanan. Pada tahap lanjutan dilakukan uji klinis dengan desain *Randomized Controlled Trial* untuk menganalisis pengaruhnya terhadap dislipidemia melalui biomarker profil lipid (Trigliserida/TG, kolesterol total TC, kolesterol LDL-C /LDL, dan kolesterol HDL/HDL-c, LDL /LDL-c, *superoxide dismutase* (SOD), dan kadar asam empedu pada subjek dislipidemia. Alat-alat yang digunakan adalah alat-alat yang digunakan terdiri dari peralatan untuk penyeduhan teh dan kombucha antara lain, kompor, panci, teko, gelas ukur, termometer suhu, gelas, saringan teh, toples kaca, dan kain kassa. Bahan utama yang akan digunakan adalah bunga telang kering, *Symbiotic colony/culture of bacteria & yeast* (SCOBY) gel dan larutan starter SCOBY sebagai starter atau kultur awal dalam proses fermentasi kombucha, gula, dan air. Bunga telang yang digunakan didapat dari perkebunan bunga telang “Bagus”, di Kulonprogo Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). SCOBY yang digunakan didapat dari PT. Sila Agri Inovasi. Proses fermentasi dilakukan selama 10 hari.

Pada tahap uji klinis, terdapat beberapa kriteria yang harus dipenuhi untuk menjadi subjek dalam penelitian ini. Kriteria inklusi antara lain: laki-laki dan perempuan usia 35-55 tahun, belum menopause untuk perempuan, memiliki kadar LDL-C >100 mg/dl, Indeks Massa Tubuh 18-27 kg/m², dan menyukai minuman kombucha. Kriteria eksklusi jika memiliki riwayat penyakit jantung atau penyakit kronis berat lainnya atau penggunaan obat

yang diketahui mempengaruhi metabolisme lipid, merokok, hamil, menyusui, orang dengan intoleransi asam yang tinggi seperti penderita maag dan memiliki gangguan ginjal. Subjek pada penelitian ini dibagi menjadi dua kelompok perlakuan yaitu kelompok yang diberikan teh bunga telang dan kelompok yang diberikan kombucha bunga telang. Subjek merupakan pegawai di Universitas Muhammadiyah Jakarta dengan total subjek 22 orang (11 orang/kelompok). Pemberian intervensi dilakukan selama 4 minggu dengan pemberian teh bunga Telang/kombucha bunga Telang 125 ml/hari. Analisis data dilakukan secara deskriptif dan inferensial dengan menggunakan taraf signifikansi 0,05. Data karakteristik subjek dianalisis secara univariat pada setiap variabel untuk menentukan nilai rata-rata dan standar deviasi untuk data numerik, serta persentase untuk data kategorik.

Hasil penelitian menunjukkan kandungan fenol, flavonoid, dan antosianin kombucha bunga Telang lebih tinggi dibandingkan Teh bunga Telang. Fermentasi signifikan meningkatkan fenol, flavonoid, dan Aktivitas antioksidan (DPPH) ($p < 0,05$). Setiap 100 ml kombucha bunga telang mengandung 117 Kal Energi, 29,37 g karbohidrat, 0,02 g lemak, 0,04 g protein, 16,28% gula. Kombucha bunga Telang aman dikonsumsi dengan pH, asam asetat, dan asam laktat sesuai batas aman; profil mikrobiologi sesuai standar; tidak ada logam berat (As, Pb, Hg, Cd) & bakteri patogen (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*); alkohol sesuai standar kehalalan MUI. Keragaman bakteri dan khamir lebih banyak terdapat di dalam SCOBY dibandingkan kombucha, dengan spesies dominan yaitu *Komagataibacter* untuk bakteri dan *Dakera Bruxelensis* untuk khamir.

Karakteristik subjek antar kelompok intervensi homogen ($p > 0,05$). Data konsumsi dan aktivitas fisik dikumpulkan sebelum, selama, dan setelah intervensi, menunjukkan jika tidak terdapat perbedaan signifikan ($p > 0,05$) sebelum, selama, dan setelah intervensi serta antar kelompok intervensi. Artinya subjek tidak mengubah konsumsi dan aktivitas fisiknya, sehingga perubahan pada TG, TC, HDL-C, LDL-D, SOD, LDL teroksidasi (LDLox), dan asam empedu terjadi akibat intervensi yang diberikan. Hasil uji klinis menunjukkan bahwa teh bunga Telang dan kombucha bunga Telang memiliki potensi yang sama memperbaiki profil lipid dan status oksidatif, namun kombucha bunga Telang terbukti lebih baik meningkatkan status oksidatif.

Kata Kunci: antioksidan; asam empedu; bunga telang; kombucha; profil lipid; status oksidatif

SUMMARY

ROSYANNE KUSHARGINA. Development of Telang Flower Kombucha (*Clitoria ternatea* L.) and Its Potential to Improve Dyslipidemia Conditions. Supervised by RIMBAWAN, MIRA DEWI, dan EVY DAMAYANTHI.

Dyslipidemia is a condition that describes abnormal lipid levels in the human body. Riskesdas data shows that the prevalence of total cholesterol, total triglycerides, and LDL cholesterol is high in Indonesia. Dyslipidemia is associated with an increased incidence of heart disease. In line with dyslipidemia, it is known that the prevalence of heart disease increased from 0,9% in 2007 to 1,5% in 2018. Improving lifestyle, one of which is diet, can help maintain a normal lipid profile. Apart from medical treatment, we are currently developing treatments for non-communicable diseases based on plants or in the form of infusions of various types of plants that have health benefits. One of them is the Telang flower (*Clitoria ternatea* L.). The polyphenol content of Telang flowers has been proven from several research results to have antioxidant potential and provide a hypolipidemic effect by improving cholesterol metabolism. Telang flowers also have anthocyanin color pigments, anthocyanin compounds can also act as antioxidants. Anthocyanin compounds are very stable when used as natural colorings for food or drinks, so they have potential in the food industry. Anthocyanins are more stable in acidic conditions. This is an opportunity to develop a kombucha drink from Telang flower tea. Kombucha is acidic with a pH of 2.5–4.2; therefore, if Telang flower tea is formulated into a kombucha drink, the anthocyanin content contained in it is more stable and can provide optimal benefits for health.

This research aims to develop kombucha from telang flowers and evaluate its potential for dyslipidemia conditions. The specific objectives of this research are: To analyze the bioactive content (flavonoids, anthocyanins, and phenol), and antioxidant activity in telang flower tea and kombucha; Analyzing the nutritional and total sugar content of telang flower kombucha; Analyzing the safety aspects (pH, alcohol, heavy metal contaminants, organic acids and microbiology) of telang flower kombucha; Analyzing the diversity of bacteria and yeast in telang flower kombucha, and analyzing the effect of intervention telang flower kombucha compared to telang flower tea on markers of dyslipidemia (lipid profile, LDL oxidation, and bile acids) and oxidative status in dyslipidemia subjects.

This research consists of two stages, starting with product formulation and analysis. In the advanced stage, a clinical trial was carried out with a Randomized Controlled Trial (RCT) design to analyze its effect on dyslipidemia through lipid profile biomarkers (TG, TC, LDL, and HDL), oxidation LDL (LDLox) and superoxide dismutase (SOD), and bile acid levels in dyslipidemia subjects. The tools used consist of equipment for brewing tea and kombucha, including stoves, pans, teapots, measuring cups, temperature thermometers, glasses, tea strainers, glass jars, and gauze. The main ingredients that will be used are dried Telang flowers, *Symbiotic colony/culture of bacteria & yeast* (SCOBY) gel and SCOBY starter solution as a starter or initial culture in the kombucha fermentation process, sugar, and water. The Telang flowers used were obtained from the "Bagus" Telang flower plantation in Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). The SCOBY used was obtained from PT. Sila Agri Innovation. The fermentation process was carried out for 10 days.

At the clinical trial stage, there are several criteria that must be met to become a subject in this research. Inclusion criteria include men and women aged 35–55 years, not yet menopausal for women, and have LDL > 100 mg/dl, Body Mass Index (BMI) 18–27 kg/m², and liking kombucha drinks. Exclusion criteria were a history of heart disease or other serious chronic diseases or use of drugs known to affect lipid metabolism, smoking, pregnancy, breastfeeding, people with high acid intolerance, such as ulcer sufferers, and

kidney disorders. Subjects in this study were divided into two treatment groups, namely the group given Telang flower tea and the group given Telang flower kombucha. The subjects were workers employees, with a total of 22 subjects (11 people per group). The intervention was carried out for 4 weeks with each 125 ml/subject of Telang tea or kombucha. Data analysis was carried out descriptively and inferentially using a significance level of 0,05. Subject characteristic data was analyzed univariately for each variable to determine the average value and standard deviation for numerical data and percentages for categorical data.

The results showed that the phenol, flavonoid and anthocyanin content of telang kombucha was higher than telang tea. Fermentation significantly increased phenol, flavonoid, and antioxidant activity (DPPH) ($p < 0,05$). Every 100 ml of telang flower kombucha contains 117 Cal Energy, 29,37 g carbohydrates, 0,02 g fat, 0,04 g protein, 16,28% sugar. Telang kombucha is safe to consume with pH, acetic acid and lactic acid within safe limits; microbiological profile according to standards; no heavy metals (As, Pb, Hg, Cd) & pathogenic bacteria (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*); alcohol meets MUI halal standards. There is more diversity of bacteria and yeast in SCOBY than kombucha, with the dominant species being *Komagateibacter* for bacteria and *Dakera Bruxelensis* for yeast.

Subject characteristics between intervention groups were homogeneous ($p > 0,05$). Consumption and physical activity data were collected before, during and after the intervention, showing that there were no significant differences ($p > 0,05$) before, during and after the intervention as well as between intervention groups. This means that the subject did not change his consumption and physical activity, so changes in TG, TC, HDL-C, LDL-D, SOD, LDLox, and bile acids occurred as a result of the intervention given. The results of clinical trials show that telang tea and kombucha have the same potential to improve lipid profiles and oxidative status, but telang kombucha is proven to be better at improving oxidative status.

Keywords: antioxidant; bile acids; Telang flower; kombucha; lipid profile; oxidative status

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian ini dilaksanakan sejak bulan Agustus 2022, dengan judul “Pengembangan Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.) dan Potensinya untuk Memperbaiki Kondisi Dislipidemia”.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Rimbawan, Dr. dr. Mira Dewi, M.Si, dan Prof. Dr. Ir. Evy Damayanthi, M.S. yang telah membimbing dan meluangkan waktu untuk berdiskusi, memberikan arahan dan ilmu serta motivasi kepada penulis.
2. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Riset Teknologi Pendidikan Tinggi atas tugas belajar dan Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI) tahun 2021.
3. Rektor IPB, Dekan FEMA IPB, Dekan Sekolah Pascasarjana IPB, Ketua Departemen Gizi Masyarakat dan Ketua Program Studi S3 Ilmu Gizi beserta seluruh dosen yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat dan staf yang telah membantu proses selama mengikuti pendidikan S3.
4. Rektor Universitas Muhammadiyah Jakarta (UMJ) beserta staf dan jajarannya yang telah memberi izin lokasi penelitian dan membantu selama pelaksanaan penelitian.
5. Seluruh staf dan dosen di lingkungan kampus UMJ yang bersedia menjadi subjek penelitian.
6. Paguyuban petani telang di Kebun Telang Bagus, Kulonprogo, Yogyakarta, Ibu Sumarsih beserta keluarga.
7. Ayah dan ibu (Dr. Ir. Kuswanhadi, MS, DEA dan Ir. Mudji Lasminingsih, MS), serta kakak dan adik (Rosanna Kushargitta, Roseanni Kushargena, Rosika Kusharfinna) yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya kepada penulis.
8. Ketua Program Studi, seluruh dosen, dan tenaga kependidikan Program Studi S1 Gizi Fakultas Kedokteran dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Jakarta yang telah memberikan dukungan untuk kelancaran studi S3 penulis.
9. Dr. dr. Irma H. Suparto, M.S. dan Dr. Zuraidah Nasution, STP, MSc. sebagai dosen penguji pada ujian kualifikasi lisan. Prof. Dr. Katrin Roosita, SP. MSi dan Ibu Dr. Agr. Eny Palupi, S.TP., M.Sc sebagai dosen pembahas saat kolokium. Prof. Dr. Katrin Roosita, SP. MSi dan Prof. Dr. Ir. Nurheni Sri Palupi, M.Si. sebagai dosen penguji saat ujian tertutup. Prof. Dr. Katrin Roosita, SP, M.Si dan Prof. Dr. Tria Astika Endah Permatasari, SKM, MKM sebagai dosen penguji luar komisi saat promosi doktor. Terima kasih atas koreksi, arahan, dan masukan yang diberikan untuk semakin menyempurnakan disertasi penulis.
10. Aulia Ghifari Fitria Sabil ,S.Gz, Desi Fadia Syabani Ridwan, S.Gz, Awalia Khoerunisa, S.Gz, Mutiara Fadhillah, S.Gz, Niken Dwi Rahmawati, S.Gz, Zizi Harisatunnasyitoh, S.Gz, dan Zulfikar Ali Akbar, S.Gz sebagai enumerator dan asisten peneliti yang membantu pelaksanaan penelitian.
11. Rekan S3 Ilmu Gizi IPB, terima kasih atas kebersamaan, dukungan dan rasa kekeluargaan selama penulis menempuh pendidikan S3 Ilmu Gizi IPB.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2024

Rosyanne Kushargina

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR SINGKATAN	ix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Kebaruan (<i>novelty</i>)	4
1.7 Hipotesis	4
II METODE	5
2.1 Desain, Waktu, dan Tempat	5
2.2 Alat dan Bahan	5
2.3 Prosedur Penelitian	5
2.4 Analisis Data	9
III. HASIL DAN PEMBAHASAN	10
3.1 Penelitian Tahap Awal	10
3.2 Penelitian Tahap Lanjutan	22
3.3 Keterbatasan Penelitian	34
IV SIMPULAN DAN SARAN	36
4.1 Simpulan	36
4.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37

DAFTAR TABEL

1	Metode analisis statistik yang digunakan	9
2	Kandungan antioksidan teh bunga telang dan kombucha bunga telang	11
3	Energi, kandungan gizi dan gula minuman kombucha bunga telang	12
4	Hasil analisis kontaminan logam berat kombucha bunga telang	15
5	Kandungan asam asetat dan asam laktat pada kombucha bunga telang	15
6	Kandungan total mikroba dan BAL minuman kombucha bunga telang	15
7	Hasil analisis mikrobiologi pada kombucha bunga telang	16
8	Perbandingan keragaman bakteri di dalam kombucha bunga telang dengan kombucha teh hijau	18
9	Perbandingan keragaman khamir di dalam lempeng SCOBY dan	20
10	Aspek keamanan kombucha bunga telang setelah penyimpanan	20
11	Hasil uji beda <i>t-test</i> pada kombucha bunga telang pada perbedaan waktu penyimpanan	21
12	Karakteristik subjek	22
13	Karakteristik subjek sebelum dan setelah intervensi	23
14	Rata-rata asupan energi dan zat gizi subjek sebelum, selama, dan setelah	24
15	Rata-rata aktivitas fisik subjek sebelum, selama, dan setelah intervensi berdasarkan kelompok intervensi	24
16	Rata-rata profil lipid subjek berdasarkan kelompok intervensi	25
17	Sebaran profil lipid subjek menurut perlakuan sebelum dan setelah intervensi	26
18	Rata-rata LDLox subjek berdasarkan kelompok intervensi	28
19	Sebaran kategori LDLox subjek menurut perlakuan sebelum dan setelah intervensi	29
20	Rata-rata kadar SOD subjek berdasarkan kelompok intervensi	29
21	Sebaran kadar SOD subjek menurut perlakuan sebelum dan setelah intervensi	30
22	Rata-rata kadar asam empedu subjek berdasarkan kelompok intervensi	31
23	Sebaran kadar asam empedu subjek menurut perlakuan sebelum dan setelah intervensi	32

DAFTAR GAMBAR

24	Prosedur pembuatan minuman kombucha bunga telang	6
25	Diagram alir penelitian tahap satu	7
26	Diagram alir penelitian uji klinis	8
27	Perbedaan warna teh bunga telang (A) dan kombucha bunga telang (B)	10
28	Aktivitas antioksidan teh dan kombucha bunga telang.	12
29	Perubahan pH selama fermentasi 10 hari.	13
30	Perubahan pH sebelum dan setelah pasteurisasi.	13
31	Kandungan alkohol pada berbagai waktu penyimpanan.	14
32	Keragaman bakteri di dalam lempeng SCOBY	17
33	Keragaman bakteri di dalam minuman kombucha bunga telang	18
34	Keragaman khamir di dalam SCOBY	19

35	Keragaman khamir di dalam minuman kombucha bunga telang	19
36	Hasil daya terima panelis terhadap minuman kombucha bunga telang pada perbedaan waktu penyimpanan	21
37	Persentase kepatuhan subjek	23
38	Perubahan profil lipid sebelum dan setelah intervensi pada masing-masing kelompok	26
39	Perubahan LDLox sebelum dan setelah intervensi pada masing-masing kelompok. LDLox= LDL oksidasi	28
40	Perubahan kadar SOD sebelum dan setelah intervensi pada masing-masing kelompok	30
41	Perubahan kadar asam empedu sebelum dan setelah intervensi pada masing-masing kelompok	32
42	Perbandingan potensi Teh bunga Telang dibandingkan dengan kombucha bunga Telang	33
43	Mekanisme yang diusulkan terkait perbaikan profil lipid dan status oksidatif pada kondisi dislipidemia oleh flavonoid, probiotik, dan asam asetat pada teh dan kombucha bunga Telang	35

DAFTAR SINGKATAN

ACC	: <i>Acetyl Coa Carboxilase</i>
ACE	: <i>Angiotensin-Converting Enzyme</i>
AMPK	: <i>Amp-Activated Protein Kinase</i>
ATGL	: <i>Adipocyte Triglyceride Lipase</i>
BAA	: Bakteri Asam Asetat
BAL	: Bakteri Asam Laktat
BSH	: <i>Bile Salt Hidrolase</i>
DAG	: <i>Diasilgliserol</i>
DPPH	: <i>1,1-Diphenyl-2- Picrylhydrazyl</i>
FFA	: <i>Free Fatty Acid</i>
GPR43	: <i>G-Protein Coupled Receptor</i>
HDL-C	: Kadar Kolesterol HDL
HFHC	: <i>High Fat High Cholesterol</i>
HMGR	: <i>HMG Coa Reductase</i>
HSL	: <i>Hormon Sensitif Lipase</i>
HPC	: <i>High Performance Liquid Chromatography</i>
ICP MS	: <i>Inductively Couple Plasma Mass Spectro</i>
IMT	: Indeks Massa Tubuh
LDL-C	: Kolesterol LDL
LDLox	: LDL Teroksidasi
NADPH	: <i>Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate</i>
Nfkβ	: <i>Nuclear Factor Kappa-Light-Chain-Enhancer of Activated B Cells</i>
NGS	: <i>Next Generation Sequencing</i>
NO	: <i>Nitrix Okside</i>
Nrf2	: <i>Nuclear Factor Erythroid 2-Related Factor 2</i>
PAL	: <i>Physical Activity Level</i>
PCSK9	: <i>Proprotein Convertase Subtilisin/Kexin Type 9</i>
PKC	: <i>Isoform Protein Kinase C</i>
PTM	: Penyakit Tidak Menular

RAL	:	Rancangan Acak Lengkap
RCT	:	<i>Randomized Controlled Trial</i>
ROS	:	<i>Reactive Oxygen Species</i>
SCFA	:	<i>Short Chain Fatty Acid</i>
SCOPY	:	<i>Simbiotic Colony/Culture of Bacteria & Yeast</i>
SOD	:	<i>Superoxide Dismutase</i>
SREBP	:	<i>Faktor Transkripsi Sterol Regulatory Element-Binding Proteins</i>
TBA	:	<i>Total Bile Acid</i>
TC	:	Total Kolesterol
TG	:	Total Trigliserida
WHO	:	<i>World Health Organization</i>

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara global dunia saat ini mengalami *Triple Burden Malnutrition*, yang ditandai dengan kejadian gizi kurang, gizi lebih, dan kekurangan zat gizi mikro (Luo *et al.* 2020). Dampak dari kondisi tersebut terjadi peningkatan prevalensi penyakit tidak menular (PTM). PTM menyebabkan kematian 41 juta orang setiap tahun (World Health Organization 2021). *World Health Organization* (WHO) menyatakan bahwa terdapat lebih dari 15 juta orang berusia 30-69 tahun meninggal setiap tahun karena PTM (World Health Organization (WHO) 2021), salah satunya adalah dislipidemia. Dislipidemia adalah suatu kondisi yang menggambarkan abnormalitas kadar lipid dalam tubuh manusia (Amuamuta 2014), ditandai dengan meningkatnya total kolesterol (TC), total trigliserida (TG), kolesterol LDL (LDL-C) dan atau menurunnya kadar kolesterol HDL (HDL-C).

Untuk upaya pencegahan dan meminimalisir risiko PTM termasuk dislipidemia, masyarakat Indonesia memiliki kebiasaan konsumsi seduhan tanaman atau dalam bentuk jamu herbal yang memiliki manfaat kesehatan (Andriati dan Wahjudi 2016). Indonesia dikenal dengan berbagai keanekaragaman hayati yang dapat bermanfaat positif bagi kesehatan, termasuk berbagai jenis *edible flower* (Kresnapati *et al.* 2022). Salah satunya adalah bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) (Kumari *et al.* 2021). Bunga dengan warna khas biru ini sudah sering digunakan sebagai pewarna alami makanan (Budiasih 2017; Angriani 2019). Bunga telang memiliki kandungan polifenol yang dapat meningkatkan *uptake* kolesterol ke jaringan melalui inhibisi *HMG CoA Reductase* (HMGR) dan *Acetil CoA Carboxilase* (ACC) (Segatto *et al.* 2016) sehingga membantu menurunkan kadar kolesterol di plasma. Kandungan polifenol bunga telang dibuktikan dari beberapa hasil penelitian memiliki potensi antioksidan, antidiabetes, anti-obesitas, anti-inflamasi, antimikroorganisme, dan antikanker (Marpaung 2020).

Antioksidan pada ekstrak bunga telang memberikan efek hipolipidemik dan anti-inflamasi dengan memperbaiki metabolisme kolesterol pada hewan coba (Wang *et al.* 2022). Pemanfaatan bunga telang di Indonesia sebagai bahan baku mulai populer saat ini, bunga telang yang sudah dikeringkan dijual bebas di banyak platform belanja online (Afrianto, Tamnge dan Hasanah, 2020). Biasanya bunga telang kering dikonsumsi dengan cara diseduh dengan air panas dalam bentuk teh herbal. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penyeduhan Teh bunga Telang dengan suhu 75°C selama 9 menit memiliki aktivitas antioksidan kuat (135,29 ppm) dan disukai oleh panelis (Kushargina *et al.* 2022).

Biasanya bunga telang dikonsumsi dengan cara diseduh. Perkembangan teknologi membuka peluang pengembangan produk makanan dan minuman, salah satunya adalah kombucha dari teh bunga telang. Teh bunga Telang pada penelitian ini dibuat menjadi produk kombucha dengan konsep siap minum (*Ready to Drink*). Bunga telang memiliki kandungan antosianin yang dapat berperan sebagai antioksidan selain sebagai pigmen warna (Fu *et al.* 2021). Senyawa antosianin sering digunakan sebagai pewarna alami makanan atau minuman sehingga punya potensi tinggi pada industri pangan, namun antosianin memiliki pH basa sehingga memiliki kestabilan yang rendah (Fu *et al.* 2021). Antosianin lebih stabil pada suasana asam dan bersifat polar (Angriani 2019). Hal ini menjadi peluang dikembangkannya minuman kombucha dari teh bunga telang. Kombucha bersifat asam (Bishop *et al.* 2022), oleh karena itu bila teh bunga telang diformulasikan menjadi minuman kombucha kandungan antosianin yang terkandung didalamnya lebih stabil. Kombucha merupakan minuman teh fermentasi yang diproduksi oleh konsorsium bakteri yang disebut SCOBY (*Symbiotic colony/culture of bacteria & yeast*) (Diez-Ozaeta dan Astiazaran 2022). SCOBY berperan penting sebagai kultur awal (starter) dalam pembuatan kombucha (Rezaldi *et al.* 2022).

Bunga Telang dapat membantu menurunkan risiko dislipidemia. Faktor risiko dislipidemia umumnya diklasifikasikan menjadi dua kelompok yaitu faktor risiko perilaku yang dapat dimodifikasi dan faktor risiko metabolik. Faktor perilaku termasuk konsumsi alkohol, tembakau/rokok, aktivitas fisik dan diet yang tidak sehat, sedangkan faktor risiko metabolik antara lain peningkatan tekanan darah, kelebihan berat badan, obesitas, dan hiperglikemia (kadar glukosa darah tinggi) (WHO 2022). Konsumsi makanan tinggi lemak dan rendah serat menjadi faktor risiko dislipidemia. Konsumsi yang tidak seimbang juga dapat menyebabkan kelebihan berat badan dan obesitas. Status gizi yang tidak normal terkait dengan kejadian dislipidemia. Aktivitas fisik yang rendah juga menjadi faktor risiko dislipidemia, di mana dapat memicu stres oksidatif baik secara langsung maupun melalui peningkatan berat badan. Prevalensi TC, TG, dan LDL-C yang tinggi, di Indonesia masing-masing 7,6 % , 13,8 % , dan 9% pada tahun 2018 (Kementerian Kesehatan RI 2018). Dislipidemia dikaitkan dengan kejadian penyakit jantung, dari data riset dasar kesehatan diketahui bahwa prevalensi penyakit jantung meningkat dari 0,9% pada tahun 2007 menjadi 1,5% di tahun 2013 (Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan 2013). Tahun 2018 prevalensi penyakit jantung adalah 1,5% (Kementerian Kesehatan RI 2018).

Proses fermentasi dalam pembuatan kombucha menghasilkan probiotik yang dapat berdampak positif bagi kondisi dislipidemia. Kombucha memiliki potensi sebagai probiotik yang dapat membantu mengurangi konsentrasi TC, TG dan LDL C (Wang *et al.* 2021). Selain itu, kombucha bunga Telang memiliki potensi antioksidan yang dapat menghambat enzim lipase dan memengaruhi metabolisme lipid, menurunkan LDL, TG, menurunkan berat badan, dan meningkatkan HDL melalui penelitian menggunakan hewan coba (Permatasari *et al.* 2022). Perkembangan kombucha sebagai minuman fermentasi meningkat dan terus berkembang sebagai minuman fungsional untuk menjadi produk komersil. Potensi kombucha tersebut harus diikuti juga dengan pemenuhan aspek keamanan. Terdapat beberapa titik kritis yang harus diperhatikan dalam pembuatan dan penyimpanan produk kombucha, diantaranya aspek biologi, kimia, dan fisik (Murphy *et al.* 2018), sehingga menghasilkan minuman kombucha yang aman dan bermanfaat untuk dikonsumsi.

Potensi antioksidan pada bunga telang dan kandungan bakteri yang dapat berpotensi sebagai probiotik pada produk kombucha mendasari dilakukannya penelitian ini. Intervensi teh bunga telang sebelumnya terbukti signifikan meningkatkan kapasitas antioksidan plasma dan respon glikemik subjek sehat (Chusak *et al.* 2018). Pada penelitian ini peneliti bermaksud melakukan formulasi teh bunga telang menjadi kombucha, menganalisis aspek keamanan dan pengaruh penyimpanan terhadap aspek keamanan, serta mengevaluasi potensinya untuk penurunan profil lipid dan status oksidatif pada subjek dislipidemia.

1.2 Rumusan Masalah

Dislipidemia ditandai dengan kadar profil lipid yang tidak normal (PERKENI 2019). Kondisi dislipidemia dapat meningkatkan risiko PTM, seperti jantung dan stroke. Bunga telang dapat membantu menjaga profil lipid karena kandungan antosianin yang berperan sebagai pigmen warna dan antioksidan. Bunga telang mudah ditemui di Indonesia dan memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi berbagai produk makanan dan minuman, termasuk kombucha. Stabilitas antosianin akan meningkat bila berada pada suasana asam, oleh karena itu pembuatan kombucha bunga telang dapat membuat kandungan antosianin di dalamnya menjadi lebih stabil. Animo dan konsumsi masyarakat terhadap kombucha diperkirakan akan terus meningkat. Konsumen secara aktif mencari minuman alternatif pengganti minuman bersoda dengan rasa yang enak dan memberikan manfaat kesehatan (Kim dan Adhikari 2020). Peluang minuman kombucha di Indonesia juga cukup tinggi didukung keanekaragaman hayati dan perilaku konsumsi masyarakat (Khamidah dan Antarlina 2020).

Kombucha memiliki potensi karena antioksidan dan kandungan Bakteri Asam Asetat (BAA) dan Bakteri Asam Laktat (BAL) yang berpotensi sebagai probiotik dan memiliki manfaat untuk kesehatan. Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa kombucha sebagai minuman probiotik dapat berdampak positif bagi penderita dislipidemia (Salari *et al.* 2021; Wang *et al.* 2021). Sebagai mikroorganisme hidup dan nonpatogen, probiotik dapat memicu respons yang tepat dari sistem kekebalan tubuh, memicu sekresi faktor anti-inflamasi, dan menekan aterosclerosis (Leustean *et al.* 2018). Probiotik dapat meningkatkan kesehatan terkait dengan peningkatan mikrobiota usus yang selanjutnya dapat menekan metabolisme kolesterol dan faktor proaterogenik lainnya seperti sintesis LDL-C dalam hati (Chistiakov *et al.* 2015). Potensi kombucha harus didukung dengan pemenuhan aspek keamanan. Mempertimbangkan potensi antioksidan yang terdapat di dalam bunga telang dan potensi probiotik yang terdapat dari kombucha, serta aspek kemanannya, maka melalui penelitian ini peneliti ingin mengetahui,

1. Berapa kandungan bioaktif (fenol, flavonoid, & antosianin) dan Aktivitas antioksidan pada teh dan kombucha bunga telang.
2. Berapa kandungan gizi (kadar abu, kadar air, protein, lemak, dan karbohidrat) dan gula total dari kombucha bunga telang.
3. Bagaimana aspek keamanan (pH, alkohol, kontaminan logam berat, asam organik dan profil mikrobiologis), dan uji daya terima pada kombucha bunga telang terhadap penyimpanan.
4. Bagaimana keragaman bakteri dan khamir pada kombucha bunga telang.
5. Bagaimana pengaruh pemberian kombucha bunga telang dibandingkan dengan teh bunga telang terhadap penanda dislipidemia (profil lipid, LDL oksidasi, dan asam empedu) dan status oksidatif pada subjek dislipidemia.

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan kombucha dari bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) dan mengevaluasi potensinya untuk memperbaiki kondisi dislipidemia.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengkaji kandungan bioaktif (fenol, flavonoid, dan antosianin) dan Aktivitas antioksidan pada teh dan kombucha bunga telang
2. Mengkaji kandungan gizi (kadar abu, kadar air, protein, lemak, dan karbohidrat) dan gula total dari kombucha bunga telang
3. Mengkaji aspek keamanan (pH, alkohol, kontaminan logam berat, asam organik dan profil mikrobiologis) dan daya terima pada kombucha bunga telang terhadap penyimpanan.
4. Menganalisis keragaman bakteri dan khamir pada kombucha bunga telang.
5. Mengkaji pengaruh pemberian kombucha bunga telang dibandingkan dengan teh bunga telang terhadap penanda dislipidemia dan status oksidatif pada subjek dislipidemia.

1.4 Manfaat

Hasil penelitian ini dapat bermanfaat untuk menambah pengetahuan mengenai manfaat kombucha bunga telang untuk kesehatan, khususnya pada penderita dislipidemia yang berkaitan dengan resiko peningkatan profil lipid. Pengujian efek kombucha bunga telang diharapkan dapat memberikan hasil sesuai dugaan terkait efeknya terhadap penurunan profil lipid pada subjek dislipidemia. Tidak hanya untuk penderita dislipidemia,

manfaat kombucha bunga telang dapat dirasakan juga oleh orang sehat untuk menjaga dan meningkatkan kesehatan.

1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini terdiri dari dua tahapan penelitian yang diawali pengujian kandungan fenol, flavonoid, antosianin, kandungan gizi, gula total, BAL, asam-asam organik (asetat dan laktat), pH, alkohol, kontaminan logam berat (Arsenic/As, Lead/Pb, Mercury/Hg, Cadmiud/Cd), aspek mikrobiologis (analisis mikroba/TPC, khamir dan jamur serta bakteri patogen), keragaman bakteri dan khamir, dan aktivitas antioksidan kombucha bunga telang. Pada tahap lanjutan dilakukan uji klinis untuk menganalisis efek terhadap dislipidemia melalui biomarker profil lipid (TG, TC, LDL, dan HDL), LDL teroksidasi, status oksidatif (*Superoxide Dismutase/SOD*), dan kadar asam empedu (*Total Bile Acid/TBA*) pada subjek dislipidemia.

1.6 Kebaruan (*novelty*)

Uji klinis pada kombucha bunga telang belum pernah dilakukan, studi sebelumnya pada tahap pra klinis membuktikan bahwa kombucha bunga telang mampu memperbaiki profil lipid hewan coba. Uji klinis dengan tujuan mengevaluasi potensi Teh bunga Telang sebelumnya dilakukan pada subjek sehat dengan melihat pengaruh intervensi dalam meningkatkan kapasitas antioksidan plasma dan respon glikemik. Berdasarkan hal tersebut maka,

1. Penelitian ini merupakan penelitian pertama yang mengevaluasi potensi teh bunga telang dalam memperbaiki profil lipid (TG, TC, LDL, LDL teroksidasi, dan HDL) dan status oksidatif subjek dislipidemia.
2. Penelitian ini merupakan penelitian pertama yang mengevaluasi potensi kombucha bunga telang dalam memperbaiki profil lipid (TG, TC, LDL, LDL teroksidasi, dan HDL) dan status oksidatif subjek dislipidemia.

1.7 Hipotesis

1. Kombucha bunga telang mampu memperbaiki profil lipid subjek dislipidemia lebih baik dibandingkan teh bunga telang.
2. Perbaikan status oksidatif subjek pada kelompok kombucha bunga lebih besar dari kelompok Teh bunga Telang.

II METODE

2.1 Desain, Waktu, dan Tempat

Penelitian ini dibagi ke dalam dua tahapan penelitian, yaitu tahap awal dan tahap lanjutan. Tahap awal dilakukan pengembangan minuman kombucha bunga telang dari teh bunga telang. Pada tahap ini digunakan desain Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan perbedaan waktu penyimpanan. Pada tahap dua dilanjutkan uji klinis intervensi kepada subjek dislipidemia pada tahap klinis dengan desain *randomized controlled trial* (RCT). Keseluruhan kegiatan penelitian dilakukan mulai bulan Agustus 2023. Formulasi minuman kombucha dilakukan di Laboratorium Pengolahan dan Percobaan Makanan dan Laboratorium Organoleptik Program Studi S1 Gizi Fakultas Kedokteran dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Jakarta (FKK UMJ), analisis sensori dilakukan di Laboratorium Sensori Program Studi S1 Gizi FKK UMJ, analisis kandungan dan aktivitas antioksidan dilakukan di Laboratorium Pusat Studi Biofarmaka Tropika IPB, analisis profil mikrobiologis dilakukan di Laboratorium Dasar Ilmu Teknologi Pangan (LD-ITP) IPB, analisis kandungan alkohol dan logam berat dilakukan di Laboratorium PT Saraswanti Indo Genetech, dan analisis metagenomik dilakukan di Laboratorium PT. Genetika Science Indonesia. Penelitian klinis dilakukan di Jakarta. Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Kesehatan (KEPK) Fakultas Kedokteran dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Jakarta No. 143/PE/KE/FKK-UMJ/VII/2023.

2.2 Alat dan Bahan

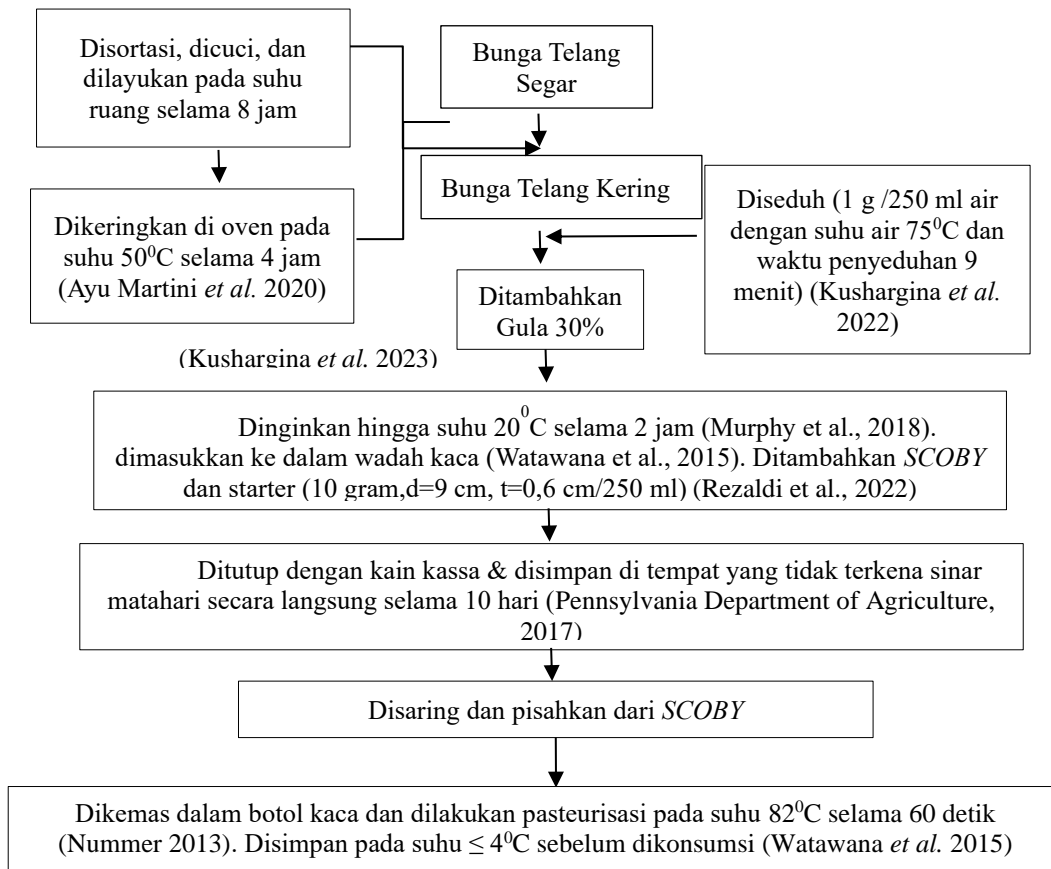
Alat-alat yang digunakan adalah alat-alat yang digunakan terdiri dari peralatan untuk penyeduhan teh dan kombucha antara lain, kompor, panci, teko, gelas ukur, termometer suhu, gelas, saringan teh, toples kaca, dan kain kassa. Bahan utama yang akan digunakan adalah bunga telang kering, SCOBY gel dan larutan starter SCOBY sebagai starter atau kultur awal dalam proses fermentasi kombucha, gula, dan air (Permatasari *et al.* 2022). Bunga telang yang digunakan didapat dari perkebunan bunga telang “Bagus”, di Kulonprogo Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), dipanen pada usia yang seragam pada umur panen 42 hari (Gupta *et al.* 2015). Bunga telang dikeringkan pada suhu 50°C selama empat jam (Ayu Martini *et al.* 2020). Sebanyak satu gram bunga telang kering diseduh dengan 250 ml air pada suhu 75°C dan waktu penyeduhan sembilan menit (Kushargina *et al.* 2022). Digunakan 10 g SCOBY gel dengan diameter sembilan cm dan ketebalan 0,6 cm, yang merupakan starter untuk 250 ml dan mampu memproduksi satu liter minuman kombucha. SCOBY yang digunakan dibuat menggunakan starter kombucha bunga Telang. Starter SCOBY yang digunakan adalah starter berusia 1 minggu sebanyak 8% (v/v) (% v/v = mL zat terlarut/100 mL larutan) (Rezaldi *et al.* 2022). SCOBY didapat dari PT. Sila Agri Inovasi. Proses pembuatan kombucha pada dasarnya dipengaruhi oleh konsentrasi substrat (gula) dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen (Rezaldi *et al.* 2021). Pada penelitian ini digunakan gula sebanyak 30% (Kushargina *et al.* 2023).

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Tahap Awal

Pada tahap awal dilakukan Pengembangan kombucha bunga telang, uji daya terima untuk melihat pengaruh penyimpanan terhadap penerimaan panelis, analisis kandungan flavonoid (HPLC), antosianin (*spektrofotometri UV-Vis*), BAL (hitungan cawan), kandungan alkohol (*spektrofotometri UV-Vis*), pH (pH meter), asam organik (asam asetat dan laktat), analisis kontaminan logam berat (Arsenic/As, Lead/Pb, Mercury/Hg, Cadmiud/Cd), analisis mikrobiologis (analisis mikroba/ TPC, *Escherichia*

coli, bakteri dan khamir, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, dan Aktivitas antioksidan (DPPH). Proses pembuatan minuman kombucha bunga telang disajikan pada Gambar 1.

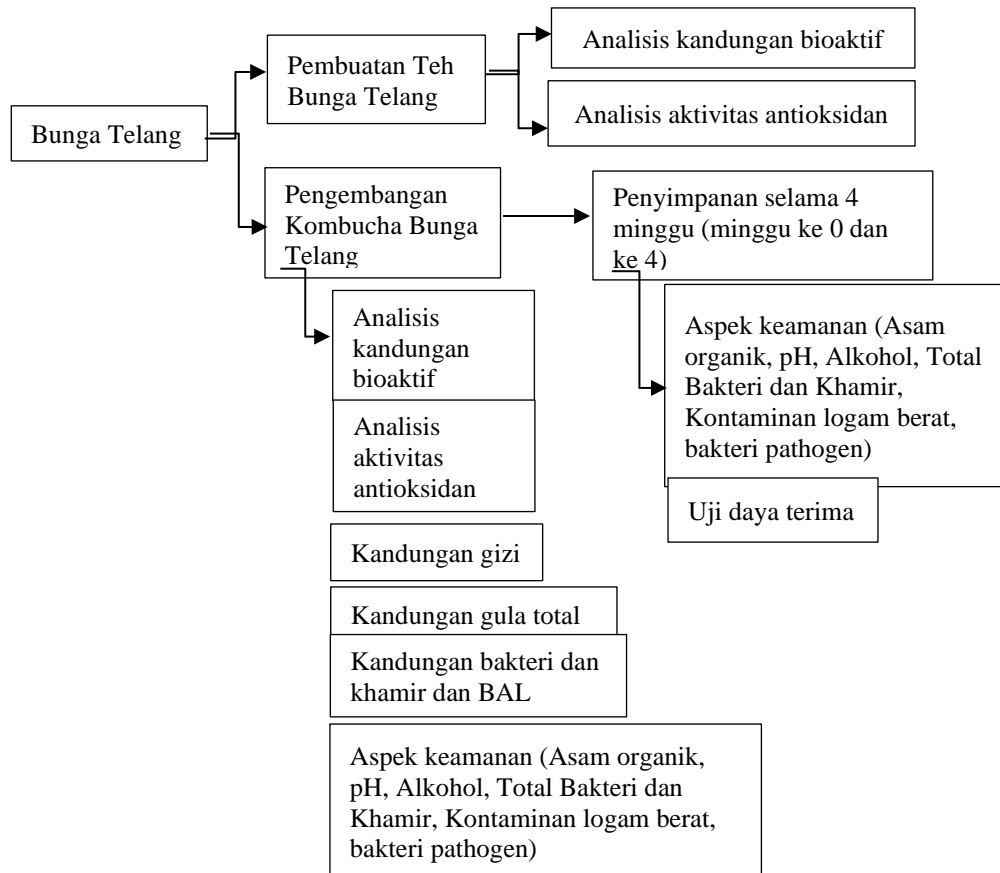


Gambar 1 Prosedur pembuatan minuman kombucha bunga telang

Pembuatan kombucha diawali dengan pembuatan seduhan bunga telang. Sebanyak 1 gram bunga telang kering diseduh dengan 250 ml air pada suhu 75°C dan lama waktu penyeduhan selama 9 menit lalu disaring (Kushargina *et al.* 2022). Untuk formulasi teh bunga telang menjadi kombucha, seduhan bunga telang disimpan dalam toples kaca yang sudah disterilisasi, dilakukan penambahan gula sebanyak 30% (Kushargina *et al.* 2023). Setelah suhu air menjadi suhu ruang masukkan SCOBY dan starter kombucha pada setiap toples kaca. Tutup dengan kain kassa dan simpan di tempat yang tidak terkena sinar matahari secara langsung selama 10 hari (Pennsylvania Department of Agriculture 2017). Kondisi ini menciptakan kondisi aerobik pada proses fermentasi. Setelah 10 hari SCOBY dikeluarkan, dilakukan penyaringan pada larutan kombucha.

Diagram alir penelitian tahap satu ditampilkan pada Gambar 2. Pada tahap formulasi dilakukan analisis sensori untuk melihat penerimaan panelis pada kombucha terhadap masa simpan dengan dua perlakuan waktu simpan yaitu 0 dan 4 minggu. Waktu maksimal 4 minggu ditetapkan berdasarkan waktu yang akan dilakukan untuk uji klinis. Untuk homogenitas sampel yang diberikan pada subjek selama perlakuan, maka kombucha bunga telang pada tahap uji klinis dibuat dalam 1 *batch* dengan menggunakan SCOBY dan starter yang sama. Perbedaan SCOBY dan starter diduga dapat menyebabkan perbedaan kandungan pada kombucha bunga telang sehingga menjadi bias pada hasil uji klinis. Uji daya terima dilakukan untuk menganalisis apakah terjadi perubahan pada atribut sensori minuman kombucha bunga Telang selama disimpan menggunakan uji hedonik rating untuk atribut warna, aroma, rasa, dan

keseluruhan. Uji hedonik dilakukan menggunakan 30 orang mahasiswa sebagai panelis tidak terlatih (Badan Standarisasi Nasional 2006). Uji hedonik dilakukan dengan menggunakan 7 skala yang terdiri atas 1= sangat tidak suka, 2= tidak suka, 3= kurang suka, 4= netral, 5= agak suka, 6= suka, dan 7= sangat suka.



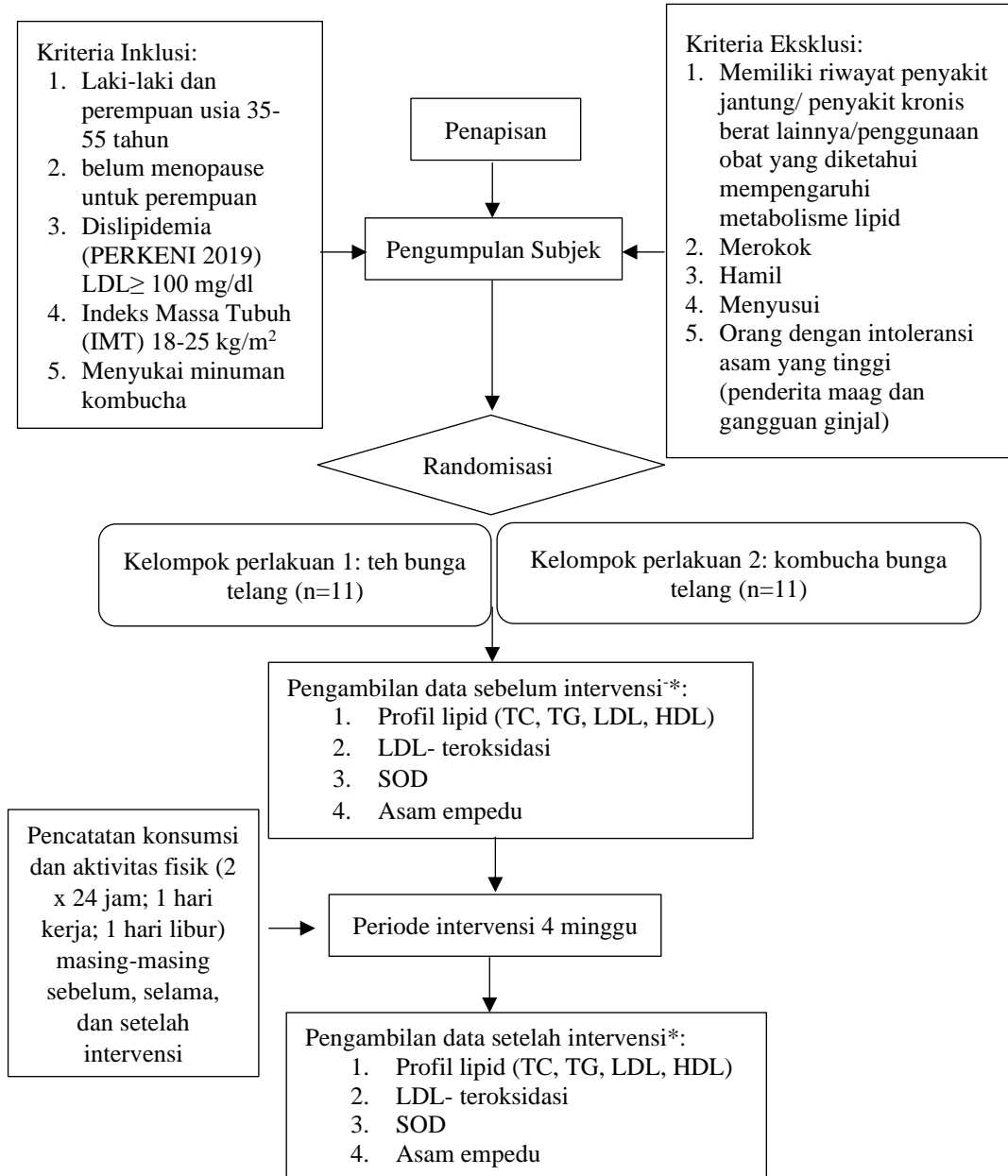
Gambar 2 Diagram alir penelitian tahap satu

Minuman kombucha yang diberikan untuk dikonsumsi subjek pada tahap uji klinis harus dipastikan aman. Terdapat beberapa prosedur yang dilakukan untuk memastikan keamanan produk minuman kombucha. Selain uji sensori juga akan dilakukan analisis kandungan alkohol, pH, dan asam organik sebagai titik kritis yang penting untuk keamanan kombucha setelah penyimpanan (0 minggu dan setelah 4 minggu).

2.3.2 Tahap Lanjutan

Penelitian tahap lanjutan adalah uji klinis dengan desain RCT pada subjek dislipidemia. Variabel utama yang diamati sebelum dan setelah intervensi adalah profil lipid (TG, TC, LDL, dan HDL), LDL oksidasi, status oksidatif (SOD) dan asam empedu (TBA) pada serum darah. Variabel lain yang diamati adalah konsumsi dan aktivitas fisik subjek sebelum, selama, dan setelah intervensi dilakukan. Pada tahap lanjutan ini dilakukan intervensi minuman kombucha bunga telang pada subjek Dislipidemia. Diagram alir penelitian klinis dapat dilihat pada Gambar 3. Terdapat beberapa kriteria yang harus dipenuhi untuk menjadi subjek dalam penelitian ini. Kriteria inklusi antara lain: laki-laki dan perempuan usia 35-45 tahun (Lu *et al.* 2015), belum menopause untuk perempuan (Ko dan Kim 2020), memenuhi 2 dari 4 kriteria berikut: LDL > 100 mg/dl, Indeks Massa Tubuh (IMT) 18-27 kg/m² (Wonisch *et al.* 2012), dan menyukai

minuman kombucha. Kriteria eksklusi adalah memiliki riwayat penyakit jantung atau penyakit kronis berat lainnya atau penggunaan obat yang diketahui mempengaruhi metabolisme lipid (Qin *et al.* 2009), merokok (Zhu *et al.* 2013), hamil, menyusui (Lu *et al.*, 2015), orang dengan intoleransi asam yang tinggi seperti penderita maag dan memiliki gangguan ginjal (Watawana *et al.* 2015).



*Pengambilan darah melalui vena sebanyak 10 ml oleh tenaga medis

Gambar 3 Diagram alir penelitian uji klinis

2.3.2.1 Teknis Intervensi

Pemberian intervensi dilakukan selama 4 minggu (Liu *et al.* 2016) dengan pemberian dosis 125 ml/hari (Pennsylvania Department of Agriculture 2017) sesuai batas aman konsumsi kombucha per hari. Teh bunga telang dan kombucha bunga telang diberikan setiap hari dengan anjuran konsumsi pada suhu dingin dan diminum setelah makan utama (Pennsylvania Department of Agriculture 2017).

Kombucha bunga telang memiliki rasa yang asam sehingga tidak dianjurkan untuk diminum saat perut kosong. Khusus untuk kelompok yang mendapatkan kombucha, konsumsi air putih dianjurkan setelah konsumsi kombucha untuk merangsang pembuangan asam (Watawana *et al.* 2015). Selama penelitian subjek tidak boleh mengonsumsi suplemen (Lu *et al.* 2015).

Kepatuhan subjek dicatat setiap hari menggunakan kuesioner. Subjek diminta menghabiskan minuman teh dan kombucha langsung dihadapan peneliti setelah diberikan untuk mengontrol kepatuhan. Sisa teh dan kombucha yang terdapat di dalam botol setiap subjek akan diukur dan dicatat.

2.3.2.1 Kriteria Drop Out

1. Subjek yang tidak menghabiskan minuman kombucha bunga telang tiga hari berturut-turut dengan total konsumsi dibawah 80%/hari akan dikeluarkan dari penelitian.
2. Merasakan efek samping setelah tujuh hari mengonsumsi minuman kombucha bunga telang, seperti pusing, mual, muntah, dan diare (Watawana *et al.* 2015).
3. Mengundurkan diri sebagai subjek.

2.4 Analisis Data

Pengolahan dan analisis data dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Excel* dan *Software IBM SPSS Statistics* (versi 25). Rincian analisis statistik yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1 Metode analisis statistik yang digunakan

Jenis Analisis	Tahap Awal	Tahap Lanjutan
ANOVA	<ul style="list-style-type: none"> • Pengaruh waktu fermentasi terhadap pH • Pengaruh penyimpanan kombucha bunga telang terhadap penilaian kesukaan panelis • Pengaruh penyimpanan kombucha bunga telang terhadap kandungan alkohol 	Uji beda rata-rata sebelum, selama, dan setelah intervensi pada masing-masing kelompok intervensi: <ul style="list-style-type: none"> • Konsumsi • Aktivitas fisik
<i>Paired t-test</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Perbedaan pH sebelum dan setelah pasteurisasi • Perbedaan profil mikrobiologi minuman kombucha bunga telang sebelum dan setelah penyimpanan • Perbedaan aspek keamanan kombucha bunga telang sebelum dan setelah penyimpanan 	Uji beda rata-rata perubahan sebelum dan setelah intervensi pada masing-masing kelompok intervensi: <ul style="list-style-type: none"> • Profil lipid • LDLox • SOD • Asam empedu
<i>Independent t-test</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Perbedaan kandungan antioksidan teh dan kombucha bunga telang • Perbedaan Aktivitas antioksidan teh dan kombucha bunga telang 	Uji beda antar kelompok intervensi: <ul style="list-style-type: none"> • karakteristik subjek • rata-rata konsumsi dan Aktivitas fisik • rata-rata profil lipid, LDLox, SOD, dan asam empedu

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penelitian Tahap Awal

Kombucha merupakan minuman teh fermentasi yang dibuat dengan atau tanpa bahan lain (BPOM 2023). Fermentasi dilakukan oleh SCOBY yang merupakan konsorsium bakteri asam laktat dan asam asetat serta khamir (Bishop *et al.* 2022). Pada penelitian ini pembuatan kombucha dilakukan dengan menggunakan bahan dasar bunga telang. Metode penyeduhan bunga telang kering menggunakan air hangat dengan suhu 75°C dan waktu penyeduhan 9 menit (Kushargina *et al.* 2022). Bunga telang kering diseduh dan ditambahkan gula, setelah gula larut dan suhu teh bunga telang mencapai suhu ruang ditambahkan larutan starter dan SCOBY. Fermentasi dilakukan secara anaerob selama 10 hari di suhu ruang. Kombucha bunga telang dipanen dengan memisahkan SCOBY dan baby SCOBY yang terbentuk dari larutan kombucha. Terjadi perubahan warna dari teh bunga telang yang awalnya berwarna biru menjadi warna ungu setelah ditambahkan larutan starter dan SCOBY (Gambar 13).



Gambar 4 Perbedaan warna teh bunga telang (A) dan kombucha bunga telang (B)

Perbedaan warna disebabkan perbedaan kondisi dari basa menjadi asam karena penambahan SCOBY dan starter yang memiliki pH asam. Terjadi perubahan pH dari 7 menjadi 4,2. Starter SCOBY merupakan metabolit sekunder yang terbentuk sebagai hasil dari proses fermentasi kombucha (Soares *et al.* 2021). Starter yang digunakan pada pembuatan kombucha bunga telang adalah kombucha bunga telang yang telah difermentasi selama 1 minggu (7 hari) (Rezaldi *et al.* 2022) yang sebelumnya dibuat menggunakan starter kombucha bunga telang komersial. Starter kombucha akan membentuk struktur selulosa dari bakteri dan khamir yang ada pada SCOBY serta membentuk rasa khas kombucha yaitu asam dan manis (Bishop *et al.* 2022). Kombucha bunga telang yang dihasilkan dari penelitian ini memiliki rasa asam dan manis dengan aroma khas fermentasi yang kuat.

Pengemasan minuman kombucha bunga telang dilakukan menggunakan botol kaca. Sebelumnya ditemukan kasus keracunan setelah mengonsumsi kombucha yang disimpan menggunakan botol/gelas berbahan keramik (Bolle *et al.* 2011). Hal ini terjadi karena asam yang terdapat di dalam kombucha berinteraksi dengan timbal yang terdapat di dalam bahan keramik. Kombucha yang disimpan dalam waktu lama pada wadah keramik akan membuat timbal dalam jumlah tinggi larut ke dalam kombucha sehingga berbahaya untuk dikonsumsi (Bolle *et al.* 2011; Jayabalan *et al.* 2014). 3.1.1 Kandungan bioaktif (total fenol, flavonoid, dan antosianin) dan aktivitas antioksidan

3.1.1.1 Komponen bioaktif

Pada penelitian ini dibandingkan kandungan fenol, flavonoid, dan antosianin antara teh bunga telang dengan kombucha bunga telang. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 3. Proses fermentasi pada pembuatan kombucha meningkatkan

kandungan antioksidan baik golongan fenol dan flavonoid serta senyawa antosianin (Suhardini dan Zubaidah 2016). Kandungan antioksidan yang meningkat pada kombucha terkait dengan gula yang ditambahkan saat proses fermentasi. Kadar gula yang ditambahkan berpengaruh pada aktivitas penghambatan bakteri gram positif (Rezaldi *et al.* 2021).

Tabel 2 Kandungan antioksidan teh bunga telang dan kombucha bunga telang

Komponen		Teh	Kombucha
Antosianin	mg/100 ml	2,59±0,03 ^a	2,69±0,03 ^a
Fenol	mg/100 ml	87,24±1,31 ^a	129,44±1,41 ^b
Flavonoid	% b/b	0,045±0,0023 ^a	0,072±0,0001 ^b

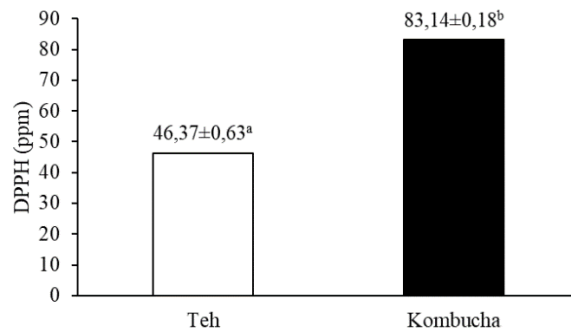
Keterangan: Huruf supercript berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda signifikan ($p < 0,05$); *Independent sample t-test* perbedaan teh dan kombucha

Gula merupakan substrat makanan sebagai sumber energi untuk bakteri dan khamir dalam proses fermentasi. Banyaknya gula yang ditambahkan akan berpengaruh pada optimalisasi kerja bakteri dan khamir yang terdapat di dalam SCOBY saat fermentasi yang diduga juga akan meningkatkan kandungan antioksidan di dalamnya. Pada penelitian ini gula yang ditambahkan adalah sebanyak 30% dengan kandungan flavonoid meningkat dari 0,045 pada teh bunga telang menjadi 0,072 setelah menjadi kombucha. Peningkatan ini signifikan secara statistik dibuktikan dengan hasil analisis independent t test dengan nilai $p < 0,05$.

Proses fermentasi juga menyebabkan kadar fenol pada kombucha bunga telang meningkat. Peningkatan kadar fenolik total dapat disebabkan karena selama fermentasi, enzim yang dikeluarkan oleh bakteri dan khamir yang terkandung dalam larutan yang diuraikan oleh kombucha bunga telang akan mendegradasi senyawa polifenol kompleks menjadi senyawa polifenol sederhana (Bhattacharya *et al.* 2019). Kandungan antosianin juga mengalami peningkatan dari 2,59 mg/100 ml menjadi 2,69 mg/100 ml, meskipun peningkatan tidak signifikan ($p > 0,05$) secara statistik. Hasil penelitian ini membuktikan jika antosianin tetap stabil sehingga tidak terjadi penurunan antosianin akibat proses fermentasi. Kombucha termasuk minuman asam dengan pH 2,5-4,2 (Bishop *et al.* 2022). Hal ini lah yang menyebabkan kandungan antosianin pada kombucha bunga telang tetap stabil.

3.1.1.2 Aktivitas antioksidan (DPPH)

Hasil analisis DPPH pada teh dan kombucha bunga telang dapat dilihat pada Gambar 5. Aktivitas antioksidan meningkat dari 46,37 ppm pada teh bunga telang menjadi 83,14 ppm setelah menjadi kombucha. Pembuatan kombucha bunga telang menggunakan gula dan melalui proses fermentasi selama 10 hari. Analisis statistik menunjukkan jika penambahan gula dan proses fermentasi berpengaruh signifikan pada peningkatan aktivitas antioksidan ($p < 0,05$). Sejalan dengan peningkatan kandungan antioksidan baik itu fenol, flavonoid, dan antosianin, peningkatan DPPH juga terjadi akibat proses fermentasi (Suhardini dan Zubaidah 2016). Polifenol adalah komponen kimia dengan gugus hidroksil yang dapat menyumbangkan elektron untuk menstabilkan radikal bebas reaktif (Mathew *et al.* 2015). Hal ini menjelaskan hubungan antara senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan. Terdapat beberapa kategori aktivitas antioksidan, yaitu sangat kuat (< 50 ppm), kuat (50-100 ppm), sedang (100-150 ppm), lemah (150-200 ppm), sangat lemah (≥ 200 ppm) (Phongpaichit *et al.* 2007; Badarinath *et al.* 2010). Berdasarkan kategori tersebut maka kombucha bunga telang memiliki aktivitas antioksidan pada kategori kuat karena berada pada kisaran 50-100 ppm.



Gambar 5 Aktivitas antioksidan teh dan kombucha bunga telang. Huruf supercript yang berbeda menunjukkan berbeda signifikan ($p < 0,05$); *Independent sample t-test* perbedaan teh dan kombucha

3.1.2 Kandungan gizi dan gula total

Hasil analisis proksimat dan gula minuman kombucha bunga telang dapat dilihat pada Tabel 4. Setiap 100 ml minuman kombucha bunga telang mengandung 117,46 Kalori energi dengan Kalori energi yang berasal dari lemak, 29,37 gram karbohidrat (KH), 0,02 gram Lemak, dan 0,04 g protein. Kombucha bunga telang mengandung 16,28% gula. Artinya terdapat 16 gram gula dalam 100 ml minuman kombucha bunga telang. Kombucha bunga telang pada penelitian ini dibuat dengan menggunakan 30% gula. Banyaknya gula yang ditambahkan juga sangat mempengaruhi penerimaan panelis, semakin sedikit gula yang ditambahkan rasa asam sangat kuat sehingga sulit untuk diterima oleh panelis (Kushargina *et al.* 2023). Alkohol dalam kombucha terbentuk akibat aktivitas dari *Saccharomyces cerevisiae* yang berinteraksi dengan glukosa (Ayuratri dan Kusnadi 2017). Bakteri yang terdapat dalam SCOBY juga membutuhkan glukosa untuk aktivitasnya saat fermentasi. Asam organik akan terbentuk akibat interaksi antara *Acetobacter* dengan glukosa (Sreeramulu *et al.* 2000). Sukrosa paling banyak digunakan dalam produksi kombucha, jenis gula akan mempengaruhi kandungan etanol, asam laktat dan karakteristik organoleptik kombucha yang dihasilkan (Malbaša *et al.* 2008). Sesuai dengan pembatasan konsumsi gula dari pedoman gizi seimbang yaitu 4 sendok makan/hari atau setara dengan 50 gram (Kemenkes RI 2014) maka konsumsi kombucha bunga telang dibatasi.

Tabel 3 Energi, kandungan gizi dan gula minuman kombucha bunga telang

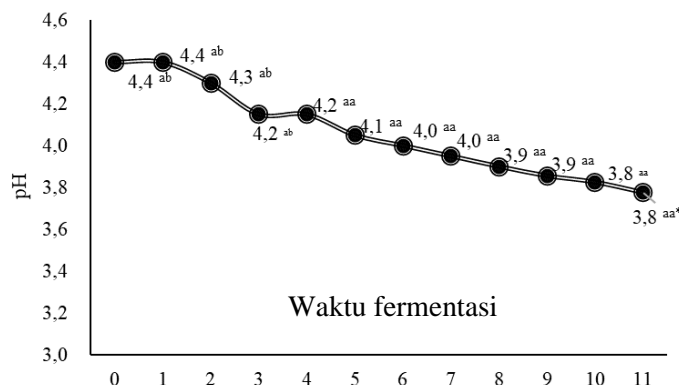
Energi dan Kandungan Gizi	Jumlah	%ALG
Energi (Kal)	117,46	5
Energi dari lemak (Kal)	0	0
Abu (%)	0,02	-
Air (%)	70,61	-
KH (%)	29,37	9
Lemak (%)	0,02	0
Protein (%)	0,04	0
Gula (%)	16,28	-

3.1.3 Aspek keamanan (pH, kandungan gizi, gula total, alkohol, kontaminan logam berat, asam organik dan profil mikrobiologis)

3.1.3.1 pH

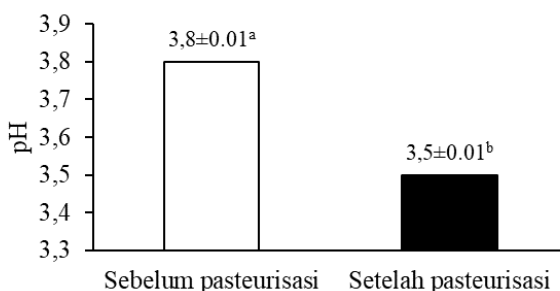
Keasaman kombucha, terutama dihasilkan dari asam organik melalui metabolisme mikroba, biasanya dipengaruhi oleh sumber karbon, sumber nitrogen, dan komunitas mikroba (Yao *et al.* 2023). Kombucha memiliki karakteristik rasa yang asam dengan pH menjadi titik kritis keamanan dari minuman kombucha

(Pennsylvania Department of Agriculture 2017). Hasil pengamatan pH minuman kombucha bunga telang pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Perubahan pH selama fermentasi 10 hari. *berbeda signifikan (ANOVA, $p < 0,05$), penurunan pH terhadap waktu fermentasi; Huruf supercript yang berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$) hasil uji lanjut duncan

Kombucha Brewers International (KBI) menyatakan bahwa pH yang aman untuk minuman kombucha 3,8-4,6 (Kombucha Brewers International 2023). Minuman kombucha yang akan dikemas dalam botol pH sebaiknya $< 4,2$ (Pennsylvania Department of Agriculture 2017; Murphy *et al.* 2018). Kombucha dengan kadar pH < 3 sebaiknya diencerkan terlebih dahulu sebelum dikonsumsi karena memiliki rasa yang sangat asam (Puspaningrum *et al.* 2022). Gambar 15 menunjukkan bahwa selama 10 hari fermentasi terjadi penurunan pH dari 4,4 menjadi 3,8. Pengamatan dilakukan pada hari ke 0 dan hari ke 11 setelah dilakukan fermentasi. Hasil analisis statistik menunjukkan semakin lama fermentasi maka akan terjadi penurunan pH. Hasil uji lanjut Duncan diketahui bahwa penurunan signifikan ($p < 0,05$) terjadi pada hari ke 0-3. Pada proses fermentasi terjadi perubahan substrat gula menjadi alkohol dan asam-asam organik yang menyebabkan penurunan pH (Puspaningrum *et al.* 2022). Penurunan pH juga dapat disebabkan karena proses pasteurisasi yang dilakukan setelah proses fermentasi (Nummer 2013). Pada penelitian ini nilai pH setelah dilakukan pasteurisasi adalah 3,5 seperti ditampilkan pada Gambar 7.



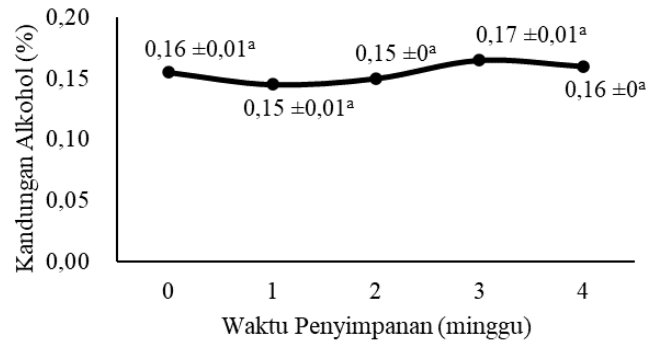
Gambar 7 Perubahan pH sebelum dan setelah pasteurisasi. Huruf supercript yang berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$); *Paired sample t-test*, perbedaan antara sebelum dan setelah pasteurisasi

Hasil analisis statistik menunjukkan penurunan pH signifikan setelah proses pasteurisasi ($p < 0,05$). Peningkatan asam asetat akibat fermentasi juga dapat menyebabkan penurunan pH pada kombucha karena proses disosiasi dari asam asetat terlarut sehingga terjadi pelepasan proton-proton bebas (de Miranda *et al.*

2022). pH yang rendah akan mendukung bakteri *Acetobacter xylinum* pada kombucha untuk aktif melakukan metabolisme (Puspaningrum *et al.* 2022).

3.1.3.2 Alkohol

Kandungan alkohol kombucha bunga telang dianalisis pada beberapa titik penyimpanan, yaitu 0-4 minggu. Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 17. Terdapat 5 waktu pengamatan yaitu minggu ke 0 sebagai awal pengamatan, minggu ke 1, minggu ke 2, minggu ke 3, dan minggu ke 4 sebagai akhir pengamatan untuk melihat pengaruh penyimpanan terhadap kandungan alkohol.



Gambar 8 Kandungan alkohol pada berbagai waktu penyimpanan. Huruf supercript yang sama menunjukkan tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$); ANOVA, perbedaan alkohol terhadap waktu penyimpanan

Gambar 8 menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan kandungan alkohol yang signifikan selama penyimpanan. Kandungan alkohol berada pada rentang 0,16-0,17%. Hasil ini menunjukkan bahwa kombucha bunga telang telah memenuhi aspek kehalalan dengan kandungan alkohol $< 0,05$ sesuai dengan ijtihad fatwa Majelis Ulama' Indonesia (MUI) Nomor 10 Tahun 2018 (Majelis Ulama Indonesia 2018). Alkohol dalam produk akhir kombucha dihasilkan dari konsumsi khamir dan fermentasi gula menjadi CO_2 dan etanol (Chan *et al.* 2021). Kandungan alkohol tetap stabil selama penyimpanan karena telah dilakukan pasteurisasi pada kombucha bunga telang sebelum dilakukan penyimpanan. Pasteurisasi akan mencegah terjadinya fermentasi lebih lanjut di dalam kemasan botol (Nunmer 2013). Kombucha bunga telang disimpan pada suhu dingin $< 5^\circ\text{C}$. Pendinginan membantu menstabilkan produksi alkohol. Pendinginan akan mengurangi kecepatan fermentasi sel mikroba yang hidup dalam kombucha (Australian Government Department of Health 2019). Penting untuk dipastikan pada semua tahapan mulai dari pengolahan, distribusi, hingga penyimpanan kombucha harus dipastikan tidak terjadi peningkatan kadar alkohol dalam produk (Majidah *et al.* 2022).

3.1.3.3 Analisis Kontaminan Logam Berat

Keamanan pangan menjadi faktor yang tidak bisa dipisahkan dalam konsep pemenuhan kebutuhan gizi untuk mendukung status gizi dan kesehatan yang baik. Kombucha harus bebas dari kontaminan dan memenuhi semua persyaratan peraturan untuk makanan dan minuman. Kombucha Brewed International (KBI) menetapkan spesifikasi kombucha yang aman dikonsumsi pada aspek logam berat yaitu arsenik, timbal, merkuri dan kadmium (Kombucha Brewers International 2023). Hasil pengujian kontaminan logam berat pada kombucha bunga telang dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kombucha bunga telang aman dikonsumsi karena tidak mengandung logam berat.

Tabel 4 Hasil analisis kontaminan logam berat kombucha bunga telang

No	Logam berat (mg/L)	Hasil analisis	Nilai rujukan (Kombucha Brewers International 2023)
1	Arsenik	Tidak terdeteksi	Maksimal 0,05
2	Timbal	Tidak terdeteksi	Maksimal 0,05
3	Merkuri	Tidak terdeteksi	Maksimal 0,001
4	Kadmium	Tidak terdeteksi	Maksimal 0,003

3.1.3.4 Asam organik (asam asetat dan asam laktat)

Proses fermentasi pada pembuatan kombucha menghasilkan asam organik. Pada penelitian ini dilakukan analisis pada kandungan asam asetat dan asam laktat. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 6. Kombucha bunga telang memiliki kandungan asam asetat 1,66 g/L, namun kandungan asam laktat tidak terdeteksi. Asam asetat dalam kombucha dihasilkan karena ikatan antara BAA dengan khamir yang terdapat di dalam SCOBY saat proses fermentasi (de Miranda *et al.* 2022). Interaksi tersebut menimbulkan munculnya alkohol yang lebih lanjut akan membentuk asam asetat (Gomes *et al.* 2018). Asam asetat dihasilkan dari oksidasi alkohol dengan bantuan enzim alkohol dehydrogenase dan aldehida dehydrogenase (Leal *et al.* 2018). *Kombucha Brewers International* (KBI) menetapkan batasan aman untuk asam asetat maksimal 2% (Kombucha Brewers International 2023). Sumber lain menyebutkan jika batas aman konsumsi asam asetat adalah 2,1 gram/hari (Watawana *et al.* 2015). Mengacu pada Watawana *et al.* (2015), maka kombucha bunga telang aman dikonsumsi dengan kandungan asam asetat 1,66 g/L.

Tabel 5 Kandungan asam asetat dan asam laktat pada kombucha bunga telang

Asam organik	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata
Asam asetat (g/L)	1,64	1,67	1,66±0,02
Asam laktat (g/L)	0	0	0±0

3.1.3.5 BAL dan total mikroba

Sebagian besar BAL bermanfaat bagi manusia, berperan pada diare, tukak lambung, intoleransi laktosa, sistem imun tubuh, dan kanker (Masood *et al.* 2011). Analisis BAL menggunakan metode hitung cawan. Hasil analisis menyatakan bahwa minuman kombucha bunga telang mengandung BAL sebesar $<1,0 \times 10^2$ koloni/ml. BAL diakui oleh Badan Makanan dan Obat Amerika Serikat Administrasi (FDA) termasuk kategori GRAS (*generally recognized as safe*) yang umumnya diakui dan aman untuk dikonsumsi. Beberapa BAL juga telah dikategorikan sebagai probiotik karena manfaatnya yang meningkatkan kesehatan (Selvaraj dan Gurusurthy 2023). Hasil analisis BAL pada minuman kombucha bunga telang ditampilkan pada Tabel 7. Kandungan BAL rendah hanya $1,0 \times 10^2$ koloni/ml.

Tabel 6 Kandungan total mikroba dan BAL minuman kombucha bunga telang

Variabel	0 minggu
Total mikroba (koloni/ml)	$3,85 \times 10^7$
BAL (koloni/ml)	$1,0 \times 10^2$

Diketahui dari hasil-hasil penelitian terdahulu kandungan BAL di dalam kombucha tidak konsisten, meskipun kombucha disebut sebagai minuman probiotik. BAL terkadang tidak ditemukan sama sekali atau dengan jumlah yang sangat rendah (Marsh *et al.* 2014; Chakravorty *et al.* 2016; De Filippis *et al.* 2018; Gaggia *et al.*

2019). Penelitian Gaggia *et al.* (2019) menunjukkan tidak ada kandungan BAL pada kombucha teh hijau dan kombucha teh hitam yang dibuat dengan waktu fermentasi 7 dan 14 hari (Gaggia *et al.* 2019). Kombucha komersial dari teh hitam dan teh hijau diketahui memiliki kandungan BAL masing masing $0,99 \times 10^2$ koloni/ml dan $1,75 \times 10^2$ koloni/ml (Coton *et al.* 2017).

3.1.3.6 Analisis mikrobiologi

Kemamanan mikrobiologi menjadi salah satu aspek yang harus diperhatikan pada produk makanan atau minuman sesuai dengan peraturan BPOM No 13 tahun 2019 (BPOM 2019). Cemaran Mikroba terjadi bila pangan olahan memiliki kandungan mikroba yang memiliki dampak negatif bagi kesehatan. Hasil analisis mikrobiologi kombucha bunga telang dapat dilihat pada Tabel 8. Jenis Mikroba/ Parameter Uji Mikroba yang dianalisis adalah *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Salmonella*. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada kombucha bunga telang yang dibuat aman karena tidak memiliki kandungan ketiga mikroba tersebut.

Tabel 7 Hasil analisis mikrobiologi pada kombucha bunga telang

No	Parameter	Hasil	Rujukan*
1	<i>Escherichia coli</i>	Negatif	Negatif
2	<i>Staphylococcus aureus</i>	Negatif	Negatif
3	<i>Salmonella</i>	Negatif	Negatif

*(Kombucha Brewers International 2023)

Pemerintah Indonesia melalui BPOM belum mengatur standar kemanan minuman kombucha. Kombucha baru dimasukkan ke dalam kategori pangan melalui Peraturan badan pengawas obat dan makanan nomor 13 tahun 2023 tentang kategori pangan (BPOM 2023), namun standar kemanan khususnya pada mikroba belum diatur. Berdasarkan standar kemanan kombucha dari kombucha aman bila tidak memiliki kandungan adalah *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Salmonella* (Kombucha Brewers International 2023).

3.1.4 Keragaman mikroba pada SCOBY dan minuman kombucha bunga telang

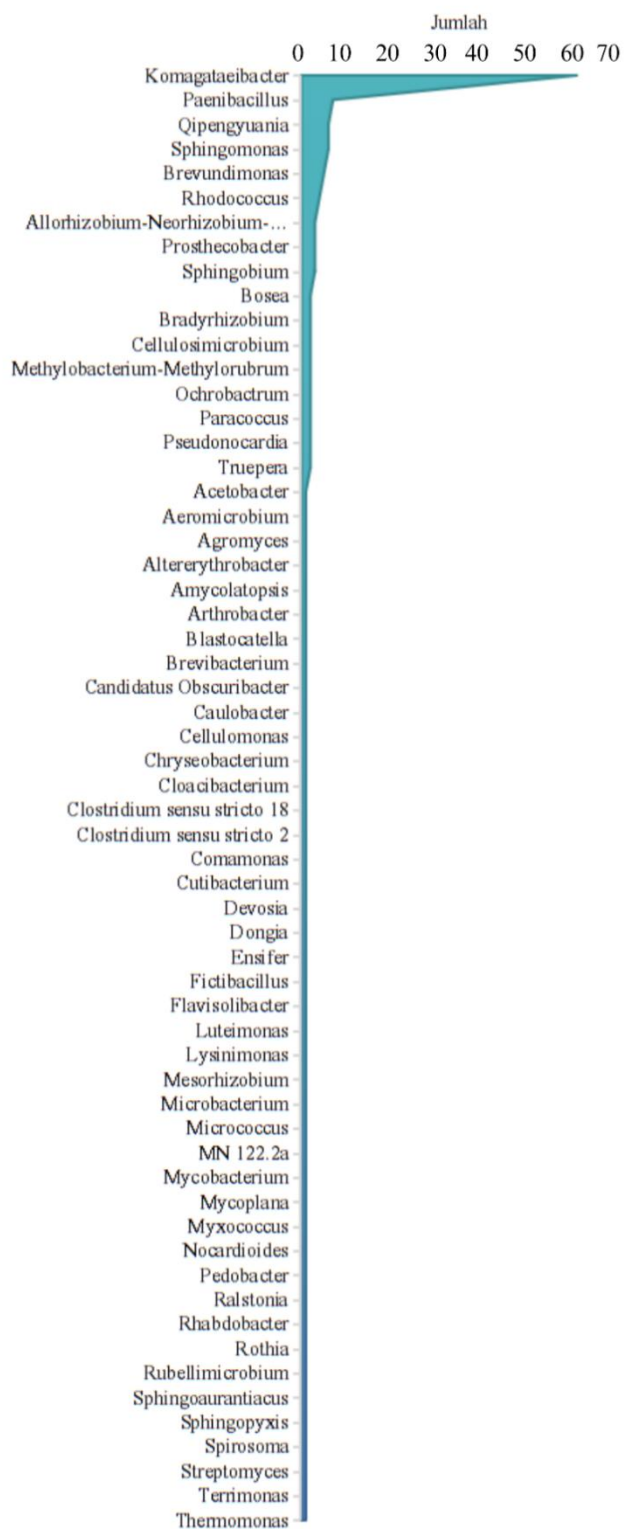
3.1.4.1 Keragaman bakteri

Analisis metagenomik dilakukan untuk melihat keragaman bakteri dan khamir di dalam lempeng SCOBY yang digunakan untuk fermentasi dan minuman kombucha bunga telang hasil fermentasi. Analisis dilakukan menggunakan *16S/18S/ITS Amplicon Sequencing*. Metode ini fokus pada penngurutan amplicon gen RNA ribosom (rRNA) 16S atau 18S menggunakan primer universal. Gen 16S rRNA digunakan untuk menganalisis keanekaragaman bakteri atau archaea, sedangkan gen 18S rRNA digunakan untuk mencerminkan perbedaan spesies eukariota dalam sampel (Liu *et al.* 2020). Keragaman bakteri pada lempeng SCOBY ditampilkan pada Gambar 9.

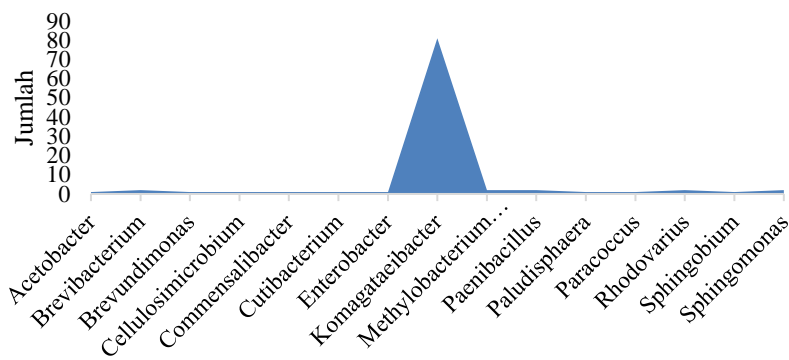
Terdapat 60 bakteri yang terdapat di dalam lempeng SCOBY. Bakteri yang paling banyak terdapat di dalam lempeng SCOBY adalah bakteri *Komagateibacter*, diikuti dengan *Acetobacteria*, *Alphaproteobacterial*, dan *Proteobacteria*. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan jika bakteri *Komagateibacter* dominan terdapat didalam SCOBY (Harrison dan Curtin 2021).

Keragaman bakteri di dalam minuman kombucha bunga telang dapat dilihat pada Gambar 10. Hasil penelitian ini menunjukkan terdapat 15 jenis bakteri. Sama seperti di dalam lempeng SCOBY, bakteri yang paling banyak terdapat di dalam kombucha bunga telang adalah *Komagateibacter*. Bakteri lain yang terdapat di dalam kombucha bunga telang adalah *Acetobacter*, *Brevibacterium*, *Brevundimonas*, *Cellulosimicrobium*,

Commensalibacter, *Cutibacterium*, *Enterobacter*, *Methylobacterium-Methylorubrum*, *Paenibacillus*, *Paludisphaera*, *Paracoccus*, *Rhodovarius*, *Sphingobium*, *Sphingomonas*. Adanya *Acetobacter* pada kombucha akan mengubah glukosa menjadi asam dan *Acetobacter xylinum* akan merubah gula membentuk lapisan selulosa (Sreeramulu *et al.* 2000), sehingga setiap proses fermentasi akan menghasilkan lapisan selulosa baru yang dikenal sebagai *baby SCOBY* (Tapias *et al.* 2023).



Gambar 9 Keragaman bakteri di dalam lempeng SCOBY



Gambar 10 Keragaman bakteri di dalam minuman kombucha bunga telang

Dibandingkan keragaman bakteri dalam kombucha bunga telang, keragaman bakteri pada kombucha yang terbuat dari daun teh (*Camelia sinensis*) lebih tinggi. Keragaman bakteri pada kombucha teh hitam dan teh hijau didominasi oleh spesies *Acetobacter* (Coton *et al.* 2017). *Acetobacter* dominan dengan keragaman 14 spesies, 13 spesies *Bacillus*, dan 9 spesies *Komagataeibacter* (Kaashyap *et al.* 2021). Perbedaan keragaman bakteri di dalam kombucha bunga telang hasil penelitian ini dengan kombucha yang terbuat dari teh hijau dari penelitian Kaashyap *et al.* (2021) dapat dilihat pada Tabel 9. Keragaman bakteri berbeda dengan keragaman bakteri yang di dapat pada penelitian ini, namun bakteri yang dominan sama yaitu jenis bakteri yang termasuk ke dalam golongan bakteri asam asetat.

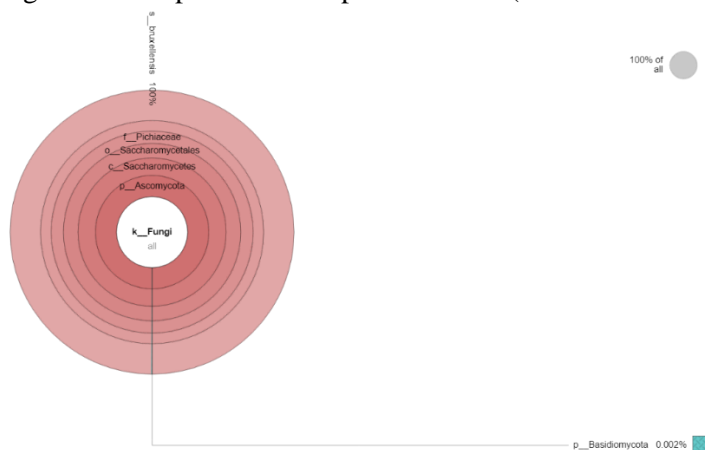
Tabel 8 Perbandingan keragaman bakteri di dalam kombucha bunga telang dengan kombucha teh hijau

Kombucha Bunga Telang			Kombucha Teh Hijau (Kaashyap <i>et al.</i> 2021)	
No	Spesies Bakteri	Jumlah	Spesies Bakteri	Jumlah
1	<i>Komagataeibacter</i>	81	<i>Acetobacter</i>	14
2	<i>Brevibacterium</i>	2	<i>Bacillus</i>	13
3	<i>Methylobacterium-</i> <i>Methylorubrum</i>	2	<i>Komagataeibacter</i>	9
4	<i>Paenibacillus</i>	2	<i>Gluconobacter</i>	7
5	<i>Rhodovarius</i>	2	<i>Gluconacetobacter</i>	7
6	<i>Sphingomonas</i>	2	<i>Asaia</i>	3
7	<i>Acetobacter</i>	1	<i>Ameyamaea</i>	1
8	<i>Brevundimonas</i>	1	<i>Acidomonas</i>	1
9	<i>Cellulosimicrobium</i>	1	<i>Granulibacter</i>	1
10	<i>Commensalibacter</i>	1	<i>Kozakia</i>	1
11	<i>Cutibacterium</i>	1	<i>Nguyenibacter</i>	1
12	<i>Enterobacter</i>	1	<i>Tanticharoenia</i>	1
13	<i>Paludisphaera</i>	1	<i>Swaminathania</i>	1
14	<i>Paracoccus</i>	1		
15	<i>Sphingobium</i>	1		

3.1.4.2 Keragaman Khamir

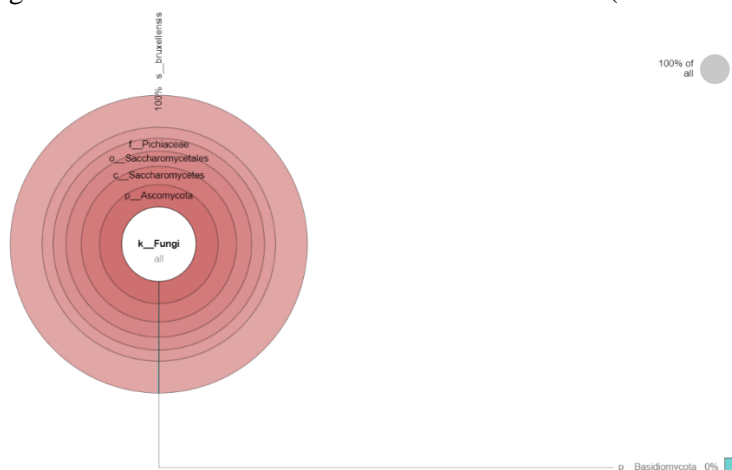
Proses fermentasi dalam pembuatan minuman kombucha melibatkan khamir yang akan berkerjasama dengan bakteri. Khamir akan memecah gula menjadi alkohol dan CO². Pada penelitian ini diamati komposisi khamir yang terdapat di dalam SCOBY dan minuman kombucha bunga telang yang dihasilkan. Komposisi khamir yang terdapat di dalam SCOBY dapat dilihat pada Gambar 11.

Gambar 11 menunjukkan bahwa di dalam SCOBY terdapat *Phylum: Ascomycota*, *Basidiomycota*; *Class: Saccharomycetes*; *Order: Saccharomycetales*; *Family: Pichiaceae*; *Genus: Dekkera*; *Spesies: Bruxellensis*. Jenis khamir yang paling banyak adalah spesies *Bruxellensis* yang sebagian besar termasuk ke dalam genus *Dekkera*. Sama seperti keragaman bakteri, keragaman khamir pada SCOBY bisa berbeda dipengaruhi pembuatan SCOBY itu sendiri. Perbedaan jenis teh, gula, suhu dan waktu fermentasi secara kualitatif dan kuantitatif mempengaruhi pengembangan dan komposisi khamir pada SCOBY (Soares *et al.* 2021).



Gambar 11 Keragaman khamir di dalam SCOBY
Ket: hasil analisis sequencing disajikan dalam bentuk grafik krona

Keragaman khamir yang terdapat di dalam minuman kombucha bunga telang ditampilkan pada Gambar 12. Sama seperti keragaman khamir di dalam SCOBY, khamir yang terdapat di dalam minuman kombucha bunga telang adalah *Phylum: Ascomycota*; *Class: Saccharomycetes*; *Order: Saccharomycetales*; *Family: Pichiaceae*; *Genus: Dekkera*; dan *Spesies: Bruxellensis*. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang juga menemukan *Dekkera Bruxellensis* merupakan khamir yang dominan di dalam minuman kombucha komersil (Teoh *et al.* 2004)..



Gambar 12 Keragaman khamir di dalam minuman kombucha bunga telang
Ket: hasil analisis sequencing disajikan dalam bentuk grafik krona

Dalam penelitian ini terdapat 6 spesies khamir di dalam SCOBY dan 5 spesies khamir di dalam kombucha, seperti ditampilkan pada Tabel 10. Spesies khamir yang dominan dari hasil penelitian adalah *Dekkera bruxellensis*. Sejalan dengan hasil penelitian ini, *Dekkera bruxellensis* merupakan spesies khamir yang

paling banyak terdapat di dalam kombucha (Içen *et al.* 2023). *Dekkera bruxellensis* menunjukkan aktivitas enzim invertase yang tinggi, yang sangat penting dalam fermentasi kombucha (Fabricio *et al.* 2022). *Dekkera bruxellensis* mampu memicu produksi asetat, menghasilkan proporsi rasio etanol:asetat yang lebih rendah sehingga menghasilkan etanol dengan hasil yang relevan (Teles *et al.* 2022).

Tabel 9 Perbandingan keragaman khamir di dalam lempeng SCOBY dan minuman kombucha bunga telang

No	ASV	S	K	Order	Family	Genus	Species
1	ASV1	89902	171283	<i>Saccharomycetales</i>	<i>Pichiaceae</i>	<i>Dekkera</i>	<i>bruxellensis</i>
2	ASV2	5966	12372	<i>Saccharomycetales</i>	<i>Pichiaceae</i>	<i>Dekkera</i>	<i>bruxellensis</i>
3	ASV3	3384	4813	<i>Saccharomycetales</i>	<i>Pichiaceae</i>	<i>Dekkera</i>	<i>bruxellensis</i>
4	ASV4	417	0	<i>Saccharomycetales</i>	<i>Pichiaceae</i>	<i>Dekkera</i>	<i>bruxellensis</i>
5	ASV5	0	72	<i>Saccharomycetales</i>	<i>Pichiaceae</i>	<i>Dekkera</i>	<i>bruxellensis</i>
6	ASV6	2	0	<i>Saccharomycetales</i>	<i>Sporidiobolaceae</i>	<i>Rhodotorula</i>	<i>dairiensis</i>

Ket: ASV = Amplicon Sequence Variant; S= Lempeng SCOBY; K= Kombucha

3.1.5 Pengaruh penyimpanan terhadap aspek keamanan dan daya terima kombucha bunga telang

3.1.5.1 Aspek keamanan

Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 11. Membotolkan minuman kombucha akan meningkatkan risiko kerusakan secara fisik, CO₂ di dalam kemasan akan meningkat yang menyebabkan meningkatkan tekanan sehingga dapat meningkatkan risiko bocor atau botol meledak (Pennsylvania Department of Agriculture 2017; El Bilali *et al.* 2019).

Tabel 10 Aspek keamanan kombucha bunga telang setelah penyimpanan

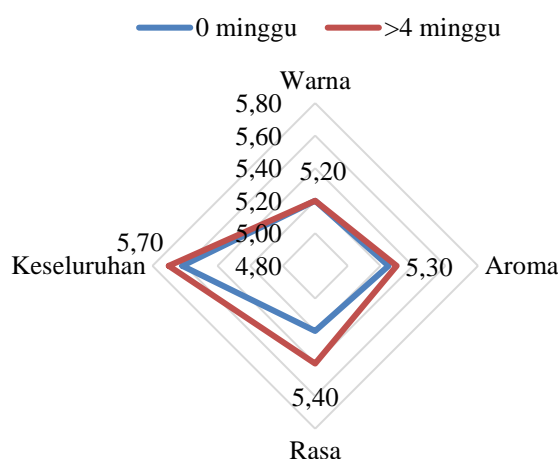
No	Variabel	Waktu Penyimpanan		P value*	Rujukan
		0 minggu	>4 minggu		
1	<i>Escherichia coli</i>	0	0	-	Negatif (Kombucha Brewers International 2023)
2	<i>Staphylococcus aureus</i>	0	0	-	Negatif (Kombucha Brewers International 2023)
3	<i>Salmonella</i>	0	0	-	Negatif (Kombucha Brewers International 2023)
4	Khamir dan jamur (koloni/ml)	1,15 x 10 ⁷	1,1 x 10 ⁷	>0,05 (0,50)	10 ⁴ CFU/mL (Majidah <i>et al.</i> 2022)
7	Asam asetat (g/L)	1,654	1,766	>0,05 (0,09)	2 g/L (Majidah <i>et al.</i> 2022)
8	Asam laktat (g/L)	0	0,113	>0,05 (0,08)	15 g/L (Majidah <i>et al.</i> 2022)
9	Total mikroba (koloni/ml)	3.85 x 10 ⁷	3.95 x 10 ⁷	>0,05 (0,09)	-
10	BAL (koloni/ml)	1,0 x 10 ²	1,0 x 10 ²	-	-
11	pH	3,50	3,75	>0,05 (0,30)	2,3-3,8 (Kombucha Brewers International 2023)
12	Alkohol % (v/v)	0,16	0,16	>0,05 (0,08)	<0,5% (Majidah <i>et al.</i> 2022)

*Paired sample t-test, perbedaan antara waktu penyimpanan 0 minggu dan > 4 minggu

Pada penelitian ini dilakukan pasteurisasi untuk mencegah kerusakan fisik tersebut. Digunakan RAL untuk melihat pengaruh penyimpanan terhadap aspek keamanan. Terdapat dua waktu penyimpanan yang diamati yaitu 0 minggu sebagai titik awal dan setelah 4 minggu sebagai titik akhir. Aspek keamanan yang diamati meliputi keamanan mikrobiologi, kandungan asam asetat, asam laktat, pH, dan alkohol sebagai titik kritis keamanan kombucha (Kombucha Brewers International 2023). Hasil menunjukkan bahwa kombucha bunga telang tetap aman dikonsumsi setelah melalui proses penyimpanan selama 4 minggu.

3.1.5.2 Daya terima

Hasil daya terima panelis ditampilkan pada Gambar 14. Penerimaan panelis harus dipertimbangkan agar minuman kombucha bunga telang dapat dikonsumsi. Analisis sensori untuk pengendalian kualitas makanan dan minuman dilakukan sebagai salah satu upaya menjamin kualitas suatu produk (Kilcast 2010). Pada penelitian ini diamati penerimaan panelis pada minuman kombucha bunga telang yang disimpan pada 2 waktu yaitu minggu ke 0 (pasca fermentasi) dan setelah 4 minggu penyimpanan (>4 minggu) menggunakan uji hedonik. Penilaian dilakukan untuk kesukaan pada atribut warna, rasa, aroma, dan secara keseluruhan. Panelis lebih menyukai kombucha yang telah melalui penyimpanan selama 4 minggu.



Gambar 13 Hasil daya terima panelis terhadap minuman kombucha bunga telang pada perbedaan waktu penyimpanan

Rata-rata kesukaan panelis berada diantara rentang skala agak suka dan suka (5= agak suka dan 6= suka). Hasil analisis statistik menunjukkan jika tidak terdapat perbedaan signifikan antara kesukaan panelis pada minuman kombucha bunga telang yang disimpan pada 0 dan 4 minggu (Tabel 12). Analisis dilakukan menggunakan uji beda *t-test* dengan nilai *p value* lebih dari 0,05 ($p > 0,05$).

Tabel 11 Hasil uji beda *t-test* pada kombucha bunga telang pada perbedaan waktu penyimpanan

Atribut Sensori	<i>P Value</i>
Warna	0,351
Rasa	0,848
Aroma	0,459
Keseluruhan	0,413

3.2 Penelitian Tahap Lanjutan

3.2.1 Pengaruh Intervensi Kombucha bunga Telang dan teh bunga Telang terhadap Profil Lipid dan Status Oksidatif Subjek Dislipidemia

3.2.1.1 Karakteristik Subjek

Karakteristik subjek ditampilkan pada Tabel 13. Mayoritas subjek memiliki tingkat pendidikan SMA (77,27%) dan sisanya telah menyelesaikan pendidikan tingkat perguruan tinggi (22,73%). Status gizi subjek termasuk pada kategori normal (54,55%) dan *overweight* (45,45%). Pengukuran antropometri selain IMT, dilakukan juga pengukuran lingkaran pinggang. Mayoritas subjek (77,27%) pada kedua kelompok perlakuan tidak berisiko memiliki gangguan metabolisme ditandai dengan lingkaran pinggang <90 cm untuk laki-laki dan <80 cm untuk perempuan.

Tabel 12 Karakteristik subjek

Variabel	Teh bunga Telang		Kombucha bunga Telang		Total		p*	
	n	%	n	%	n	%		
Pendidikan	Pendidikan tinggi (>SMA)	3	27,3	2	18,2	5	22,73	0,34
	SMA	8	72,7	9	81,8	17	77,27	
	Total	11	100	11	100	22	100	
Status Gizi	Kurus	0	0	0	0	0	0	0,53
	Normal	5	45,5	7	63,6	12	54,55	
	<i>Overweight</i>	6	54,5	4	36,4	10	45,45	
	Obese	0	0	0	0	0	-	
	Total	11	100	11	100	22	100	
	Rata-Rata±SD	24,53±2,26		24,39±2,02				
Lingkar Pinggang	Tidak Berisiko	9	81,8	8	72,7	17	77,27	0,86
	Berisiko	2	18,2	3	27,3	5	22,73	
	Total	11	100	11	100	22	100	
	Rata-Rata±SD	89,59±8,67		86,82±10,99				
Lemak Visceral	Normal	7	63,6	7	63,6	14	63,64	0,76
	Tinggi	4	36,4	3	27,3	7	31,82	
	Sangat tinggi	0	0	1	9,1	1	4,55	
	Total	11	100	11	100	22	100	
	Rata-Rata±SD	8,77±3,89		8,87±3,88				
Lemak Subkutan	Rendah	1	9,1	0	0	1	4,55	0,12
	Normal	2	18,2	6	54,5	8	36,36	
	Tinggi	6	54,5	3	27,3	9	40,91	
	Sangat tinggi	2	18,2	2	18,2	4	8,18	
	Total	11	100	11	100	22	100	
	Rata-Rata±SD	27,55±8,68		27,55±6,20				

Keterangan: n= jumlah subjek; IMT= Indeks Massa Tubuh; SD= standar deviasi; **Independent sample t-test*, perbedaan antara kelompok Teh bunga Telang dan kombucha bunga Telang; Status gizi: Kurus (IMT < 18.5 kg/m²), Normal (IMT 18.5-25 kg/m²), *Overweight* (IMT >25 - 27 kg/m²), *Obese* (IMT >27 kg/m²); Lingkar pinggang: Tidak Berisiko (L<90 cm, P<80 cm), Berisiko (L>90 cm, P>80 cm); Lemak visceral: Normal (0.5-9.5%), Tinggi (10-14.5%), Sangat tinggi (15-30%); Lemak subkutan: Rendah (L<10%, P<20%), Normal (L =10-20%, P=20-<30%), Tinggi (L=>20-<25%, P=30-35%), Sangat tinggi (L=>25%, P=>=35%)

Sebanyak 9 orang subjek (40,91%) memiliki lemak subkutan pada kategori tinggi dan 4 orang subjek (8,18%) dengan kategori lemak subkutan sangat tinggi. Sama seperti lemak visceral, peningkatan lemak subkutan juga merupakan faktor risiko berbagai penyakit metabolik (Hamdy 2006). Hasil analisis statistik

menunjukkan bahwa karakteristik subjek pada kedua kelompok perlakuan tidak berbeda signifikan ($P>0,05$) untuk semua variabel mulai dari pendidikan, status gizi, lingkar pinggang, dan komposisi lemak tubuh. Variabel berat badan, IMT, lingkar pinggang, lemak visceral, dan lemak subkutan diamati kembali pada subjek setelah dilakukan intervensi selama 28 hari. Tidak terjadi perubahan signifikan pada semua variabel tersebut baik sebelum dan setelah intervensi maupun antar kelompok intervensi seperti yang ditampilkan pada Tabel 14.

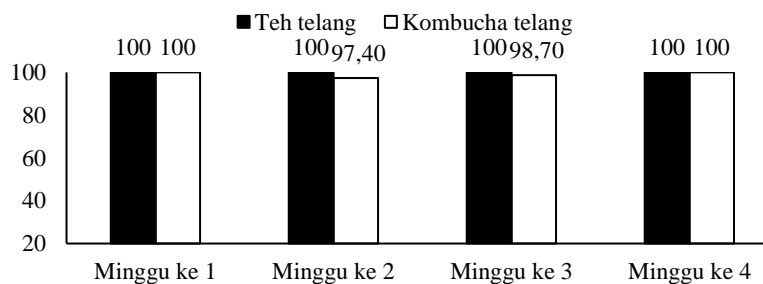
Tabel 13 Karakteristik subjek sebelum dan setelah intervensi

Variabel		Teh		Kombucha		p
		Sebelum intervensi Rata-rata±SD	Setelah intervensi Rata-rata±SD	Sebelum intervensi Rata-rata±SD	Setelah intervensi Rata-rata±SD	
Berat Badan	kg	61,21±6,28 ^a	62,00±6,20 ^a	61,79±8,55 ^a	61,66±8,72 ^a	0,565
IMT	kg/m ²	24,53±2,26 ^a	24,86±2,41 ^a	24,39±2,02 ^a	24,34±2,00 ^a	0,524
Lingkar pinggang	cm	88,68±8,46 ^a	87,73±8,05 ^a	86,82±10,99 ^a	84,27±9,27 ^a	0,066
Lemak visceral	%	8,77±3,89 ^a	8,73±3,85 ^a	8,86±3,88 ^a	8,05±4,57 ^a	0,318
Lemak subkutan	%	27,55±8,68 ^a	28,88±6,76 ^a	27,55±6,20 ^a	27,65±6,35 ^a	0,759

Keterangan: Data disajikan dalam bentuk rata-rata ± SD; Huruf supercript berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda signifikan antara sebelum dan setelah intervensi pada masing-masing kelompok ($p<0,05$); $p=$ *Independent sample t-test*, perbedaan antara kelompok Teh bunga Telang dan kombucha bunga Telang

3.2.1.2 Kepatuhan dan efek samping

Kepatuhan subjek ditampilkan pada Gambar 15. Kepatuhan subjek diukur menggunakan kuesioner yang diisi oleh enumerator. Setiap subjek mendapatkan Teh bunga Telang/kombucha bunga Telang satu botol (125 ml) setiap hari selama 28 hari.



Gambar 14 Persentase kepatuhan subjek

Semua subjek menghabiskan Teh bunga Telang yang diberikan sejak awal hingga akhir intervensi pada minggu ke 4. Kepatuhan minum kombucha bunga Telang pada minggu ke 2 dan minggu ke 3 tidak mencapai 100%, hal ini disebabkan karena satu orang subjek tidak menghabiskan kombucha yang diberikan. Subjek tersebut tidak menghabiskan kombucha dua hari pada minggu ke 2 dan satu hari pada minggu ke 3. Secara umum subjek patuh mengonsumsi teh maupun kombucha bunga Telang dengan rata-rata kepatuhan melebihi 95%.

3.2.1.3 Rata-rata asupan dan tingkat kecukupan energi dan zat gizi subjek

Rata-rata asupan energi dan zat gizi subjek dapat dilihat pada Tabel 14. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata ($p>0,05$)

pada asupan subjek sebelum, selama, dan setelah intervensi pada masing-masing kelompok intervensi. Hasil analisis statistik juga menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata ($p>0,05$) pada rata-rata asupan energi dan zat gizi antar kelompok intervensi. Hal ini menunjukkan tidak ada perubahan konsumsi pada semua subjek. Asupan lemak dapat memengaruhi profil lipid. Pengaturan asupan lemak dan karbohidrat dianjurkan untuk penatalaksanaan dislipidemia (Williams *et al.* 2022). Serat dapat membantu menekan peningkatan kolesterol di dalam darah (Brown *et al.* 1999). Zat gizi mikro juga berperan penting untuk mengontrol profil lipid dan berperan sebagai antioksidan (Tayyem *et al.* 2018).

Tabel 14 Rata-rata asupan energi dan zat gizi subjek sebelum, selama, dan setelah intervensi

Energi dan Zat Gizi Makro	Teh bunga telang Rata-Rata	Kombucha bunga telang Rata-Rata	Zat Gizi Mikro	Teh bunga telang Rata-Rata	Kombucha bunga telang Rata-Rata
Energi (Kal)	1757±388 ^a	1757±570 ^a	Zat Besi (mg)	10,77±4,96 ^a	8,85±2,79 ^a
p	0,967	0,979	p	0,799	0,277
Protein (g)	47,11±20,6 ^a	46,4±9,78 ^a	Seng (mg)	3,33±8,87 ^a	3,51±1,09 ^a
p	0,846	0,455	p	0,875	0,731
Lemak (g)	43,74±18,4 ^a	49,65±16,57 ^a	Vit B1 (mg)	0,54±0,30 ^a	0,63±0,39 ^a
p	0,823	0,798	p	0,764	0,847
KH (g)	413,57±60,2 ^a	412,23±48,89 ^a	Vit B3 (mg)	0,82±0,14 ^a	0,81±0,20 ^a
p	0,518	0,373	p	0,996	0,999
Serat (g)	21,42±2,48 ^a	20,54±1,5 ^a	Vit C (mg)	51,66±17,35 ^a	52,32±12,36 ^a
p	0,715	0,205	p	0,962	0,926

Keterangan: SD= standar deviasi; p= ANOVA, perbedaan antara rata-rata asupan sebelum, selama, dan setelah intervensi pada masing-masing kelompok intervensi; Huruf supercript yang sama dalam baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata antara kelompok intervensi ($p>0,05$)

3.2.1.4 Rata-rata tingkat aktivitas fisik subjek

Aktivitas fisik subjek sebelum, selama, dan setelah intervensi berdasarkan kelompok intervensi ditampilkan pada Tabel 15. Mayoritas subjek baik pada kelompok teh bunga telang maupun kombucha bunga telang memiliki aktivitas fisik ringan sebelum, selama, dan setelah intervensi (1,40-1,69). Hasil ANOVA menunjukkan jika tidak terdapat perbedaan yang nyata ($p>0,05$) pada aktivitas fisik subjek sebelum, selama, dan setelah intervensi untuk masing-masing kelompok intervensi. Aktivitas fisik subjek antar kelompok intervensi juga tidak berbeda nyata ($p>0,05$). Hasil ini menunjukkan jika tidak terdapat perubahan aktivitas fisik subjek.

Tabel 15 Rata-rata aktivitas fisik subjek sebelum, selama, dan setelah intervensi berdasarkan kelompok intervensi

Waktu	Teh bunga telang		Kombucha bunga telang		p ¹
	Rata-Rata	SD	Rata-Rata	SD	
Sebelum	1,39	0,21	1,44	0,18	0,57
Selama	1,38	0,21	1,44	0,18	
Setelah	1,38	0,19	1,43	0,19	
Rata-Rata	1,38	0,20	1,44	0,18	
p ²	0,987		0,987		

Keterangan: n= jumlah subjek; SD= standar deviasi; P¹= *Independent sample t-test*, perbedaan antara kelompok intervensi teh bunga telang dan kombucha bunga telang; P²= ANOVA, perbedaan antara kelompok teh bunga telang dan kombucha bunga telang

5.2.2 Pengaruh intervensi kombucha bunga Telang dibandingkan teh bunga Telang terhadap profil lipid

Dislipidemia merupakan masalah kesehatan yang meningkatkan mortalitas morbiditas di seluruh dunia. Dislipidemia adalah suatu kondisi yang menggambarkan

peningkatan kadar lipid dalam tubuh manusia. Dislipidemia dapat didefinisikan dengan kadar serum kolesterol total (TC)>240mg/dL dan/atau kolesterol LDL>160mg/dL dan/atau total trigliserida (TG)>150mg/dL pada orang dewasa (Amuamuta 2014). Rata-rata profil lipid subjek berdasarkan kelompok perlakuan dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16 Rata-rata profil lipid subjek berdasarkan kelompok intervensi

Profil lipid (mg/dl)	Teh bunga Telang			Kombucha bunga Telang			p
	Sebelum intervensi	Setelah intervensi	Δ	Sebelum intervensi	Setelah intervensi	Δ	
TC	207±27	198±23	(-)10±8 ^a	202±23	190±14	(-)12±12 ^a	0,79
TG	123±58	112±55	(-)12±9 ^a	111±52	100±36	(-)11±20 ^a	0,95
HDL-C	50±13	53±12	3±5 ^a	50±9	57±7	7±9 ^a	0,22
LDL-C	132±23	122±21	(-)10±7 ^a	130±23	113±16	(-)17±10 ^a	0,09

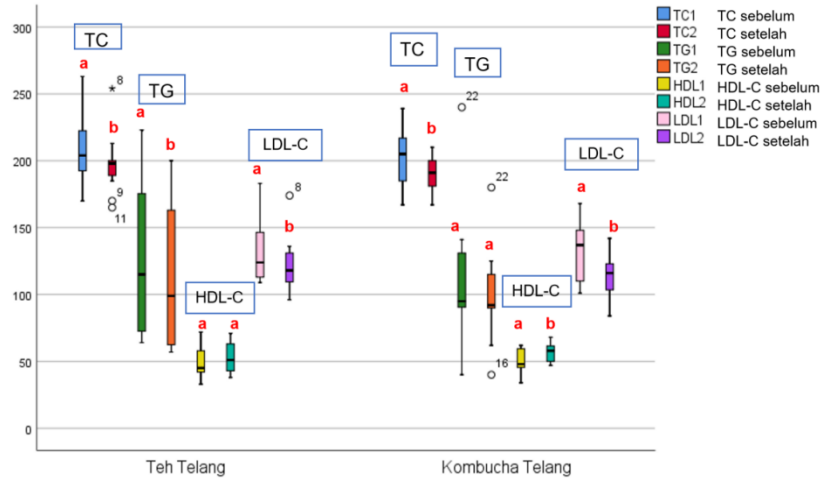
Keterangan: Data disajikan dalam bentuk rata-rata ± SD; Huruf supercript yang sama menunjukkan tidak berbeda signifikan antara kelompok perlakuan ($p>0,05$); TC= *Total Cholesterol*; TG= *Triglyceride*; HDL-C= *High-density Lipoprotein*; LDL-C= *Low-density Lipoprotein*; Δ = delta perubahan sebelum dan setelah intervensi

Rata-rata profil lipid subjek kelompok perlakuan Teh bunga Telang sebelum intervensi adalah 207 mg/dl untuk TC, 123 mg/dl untuk TG, 50 mg/dl untuk HDL-C, dan 132 mg/dl untuk LDL-C. Terjadi penurunan untuk semua profil lipid menjadi 198 mg/dl untuk TC, 112 mg/dl untuk TG, dan 122 mg/dl untuk LDL-C serta peningkatan HDL-C menjadi 53 mg/dl setelah intervensi Teh bunga Telang selama 28 hari. Kelompok subjek yang mendapatkan intervensi kombucha bunga Telang memiliki rata-rata profil lipid 202 mg/dl untuk TC, 111 mg/dl untuk TG, 50 mg/dl untuk HDL-C, dan 130 mg/dl untuk LDL-C sebelum pemberian kombucha bunga Telang. Sama halnya dengan kelompok Teh bunga Telang, terjadi penurunan TC, TG, dan LDL-C masing-masing 190 mg/dl, 100 mg/dl, dan 112 mg/dl serta peningkatan HDL-C menjadi 57 mg/dl setelah pemberian kombucha bunga Telang selama 28 hari. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($p>0,05$) pada perubahan profil lipid antara kelompok Teh bunga Telang dengan kombucha bunga Telang, meskipun selisih perubahan lebih besar pada kelompok kombucha bunga Telang.

Perubahan profil lipid sebelum dan setelah intervensi pada masing-masing kelompok dapat dilihat pada Gambar 17. Gambar 26 menunjukkan terjadi perbaikan profil lipid ditandai dengan penurunan TC, TG, dan LDL-C serta peningkatan HDL-C pada semua kelompok setelah intervensi diberikan. Pada kelompok subjek Teh bunga Telang, terjadi penurunan TC, TG, dan LDL-C yang signifikan ($p<0,05$), terjadi peningkatan HDL-C namun tidak signifikan dari hasil uji statistik menggunakan *paired sample t-test*. Pada kelompok subjek kombucha bunga Telang, penurunan TC dan LDL-C serta peningkatan HDL-C signifikan, namun tidak untuk TG meskipun mengalami penurunan namun tidak signifikan. Perbaikan profil lipid dapat dilihat juga dari perbaikan kategori TC, TG, HDL-C dan LDL-C. Kategori profil lipid mengacu pada klasifikasi Dislipidemia oleh *National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III* yang ditetapkan oleh *National Heart, Lung, and Blood Institute, U.S. Department of Health and Human Services* (U.S. Department of health and human services 2021).

Sebaran kategori profil lipid subjek menurut perlakuan sebelum dan setelah intervensi dapat dilihat pada Tabel 17. Sebelum diberikan intervensi Teh bunga Telang, sebaran TC subjek pada kelompok tersebut paling banyak berada pada kategori *borderline high* sebanyak 6 orang. Terjadi perbaikan TC setelah diberikan intervensi Teh bunga Telang ditandai dengan meningkatnya jumlah subjek pada kategori *Desirable* (TC < 200 mg/dl) dari 4 orang menjadi 7 orang. Sama halnya dengan TC pada kelompok Teh bunga Telang, terjadi peningkatan TC pada subjek

kelompok kombucha bunga Telang dari 5 orang menjadi 6 orang setelah intervensi. Tidak ada perubahan kategori TG sebelum dan setelah intervensi pada kedua kelompok. Perubahan kategori HDL-C pada kedua kelompok sama, setelah diberikan intervensi subjek dengan kategori HDL-C rendah berkurang 1 orang. Pada kelompok kombucha bunga Telang terjadi peningkatan jumlah subjek dengan HDL-C >60 mg/dl dari 3 orang menjadi 5 orang.



Gambar 15 Perubahan profil lipid sebelum dan setelah intervensi pada masing-masing kelompok. TC= Total Cholesterol; TG= Triglyceride; HDL-C= High-density Lipoprotein; LDL-C= Low-density Lipoprotein; Analisis uji beda menggunakan *paired sample t-test*; Huruf supercript yang berbeda pada parameter yang sama menunjukkan berbeda signifikan antara sebelum dan setelah intervensi ($p < 0,05$)

Pada kategori LDL-C terjadi perpindahan jumlah subjek dari kategori *borderline high* mejadi *near optimal*. Hal ini ditandai dengan meningkatkannya jumlah subjek pada kategori *near optimal* dengan LDL-C 100-129 mg/dl dari sebelumnya 5 orang menjadi 9 orang. Perubahan kategori LDL-C pada kelompok kombucha lebih tinggi dibandingkan kelompok Teh bunga Telang.

Tabel 17 Sebaran profil lipid subjek menurut perlakuan sebelum dan setelah intervensi

Profil Lipid		Teh				Kombucha				
		Sebelum		Setelah		Sebelum		Setelah		
		n	%	n	%	n	%	n	%	
TC	<i>Desirable</i>	<200 mg/dl	4	36,4	7	63,6	5	45,5	6	54,5
	<i>Borderline high</i>	200-239 mg/dl	6	54,5	3	27,3	6	54,5	5	45,5
	<i>High</i>	>240 mg/dl	1	9,1	1	9,1	0	0	0	0
	Total		11	100	11	100	11	100	11	100
TG	<i>Normal</i>	<150 mg/dl	7	63,6	7	63,6	10	90,9	10	90,9
	<i>Borderline high</i>	150-199 mg/dl	4	36,4	4	36,4	1	9,1	1	9,1
	<i>High</i>	200-499 mg/dl	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total		11	100	11	100	11	100	11	100
HDL-C	<i>Low</i>	< 40 mg/dl	2	18,2	1	9,1	1	9,1	0	0
	<i>Optimal</i>	40-60 mg/dl	6	54,5	7	63,6	7	63,6	6	54,5
	<i>High</i>	> 60 mg/dl	3	27,3	3	27,3	3	27,3	5	45,5
	Total		11	100	11	100	11	100	11	100
LDL-C	<i>Optimal</i>	<100 mg/dl	0	0	1	9,1	0	0	1	9,1
	<i>Near optimal</i>	100-129 mg/dl	6	54,5	6	54,5	5	45,5	9	81,8
	<i>Bordeline high</i>	130-159 mg/dl	4	36,4	3	27,3	5	45,5	1	9,1
	<i>High</i>	160-189 mg/dl	1	9,1	1	9,1	1	9,1	0	0
	Total		11	100	11	100	11	100	11	100

Kelompok teh bunga Telang mendapatkan teh bunga telang sebanyak 125 ml/hari selama 28 hari. Bunga telang memiliki kandungan antosianin yang berperan sebagai antioksidan (Purwaniati *et al.* 2020). Antosianin merupakan kandungan potensial penting dalam buah-buahan dan sayuran yang potensial untuk penyakit kardiovaskular dan jantung kronis (Curtis *et al.* 2009). Antosianin dicirikan dari warna ungu kebiruan yang khas pada bunga telang. Hasil penelitian ini menunjukkan jika teh bunga telang mengandung antosianin 2,59 mg/100 ml. Sejalan dengan hasil penelitian ini, suplementasi antosianin pada uji klinis menunjukkan perbaikan kadar HDL-C dan LDL-C pada subjek dislipidemia (Qin *et al.* 2009). Hasil meta analisis juga menunjukkan bahwa suplementasi antosianin secara signifikan mengurangi kadar TC, TG, dan LDL-C serum pasien dengan dislipidemia, dan meningkatkan HDL-C (Liu *et al.* 2016). Pembuktian efek bunga telang pada profil lipid sebelumnya banyak dilakukan pada tahap pra klinis dengan hewan coba dan membuktikan jika ekstrak bunga telang memiliki efek hipolipidemik (Verma *et al.* 2013; Escher *et al.* 2020; Wang *et al.* 2022).

Subjek pada kelompok kombucha mendapatkan 125 ml/hari kombucha bunga Telang selama 28 hari. Kombucha bunga Telang dibuat dari teh bunga telang dengan metode pembuatan berdasarkan penelitian sebelumnya (Kushargina *et al.* 2023). Penelitian klinis yang memberikan kombucha bunga Telang pada subjek manusia belum pernah dilakukan. Penelitian klinis sebelumnya menggunakan kombucha yang terbuat dari daun teh *Camelia Sinensis* selama 4 minggu, menunjukkan perbaikan profil lipid (TC, TG, HDL-C, LDL-C) (Uhren *et al.* 2021). Kombucha merupakan minuman probiotik (Selvaraj dan Gurumurthy 2023). Kehadiran BAA, BAL, dan khamir di dalam kombucha dapat berdampak positif pada PTM. Hasil meta analisis menunjukkan suplementasi probiotik selama 8 minggu dapat menurunkan TC, TG, dan LDL-C, serta meningkatkan HDL-C (Salari *et al.* 2021). Probiotik dapat meningkatkan mikrobiota usus membentuk SCFA yang dapat menekan metabolisme LDL-C dan menurunkan penyerapan kolesterol di usus (Bernini *et al.* 2016; Feizollahzadeh *et al.* 2017; Sabico *et al.* 2017; Tonucci *et al.* 2017).

Hasil metagenomik pada penelitian ini menunjukkan bahwa bakteri yang paling banyak terdapat di dalam kombucha bunga Telang adalah *Komagataeibacter*. Genus *Komagataeibacter* merupakan jenis BAA yang memiliki 14 spesies (Barja *et al.* 2016). Suplementasi *Komagataeibacter* pada mencit menunjukkan efek pencegahan terhadap peningkatan TG, LDL-C, dan penurunan HDL-C (Jiang *et al.* 2019). Khamir yang paling banyak terdapat di dalam kombucha bunga Telang pada penelitian ini adalah spesies *Dekkera Bruxellensis*. *Dekkera Bruxellensis* diketahui mendukung potensi antioksidan pada minuman kombucha (Sun *et al.* 2015). Perubahan profil lipid lebih banyak terjadi pada kelompok kombucha karena selain memiliki kandungan antioksidan, kombucha juga mengandung bakteri dan khamir yang berperan dalam memperbaiki profil lipid.

3.2.3 Pengaruh intervensi kombucha bunga Telang dibandingkan teh bunga Telang terhadap LDL Oksidasi

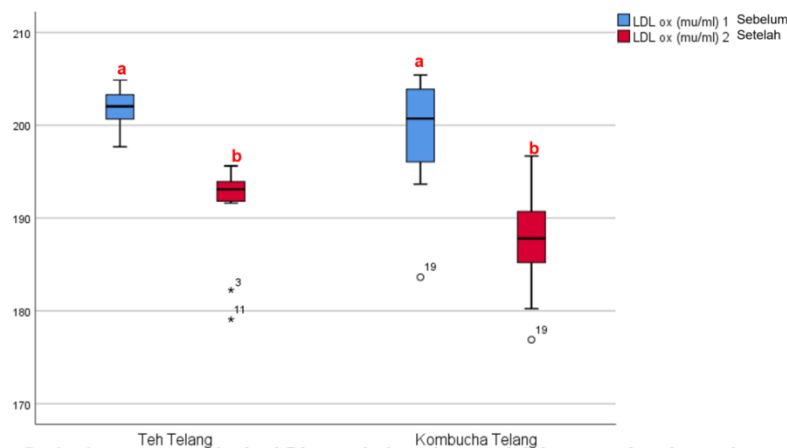
Rata-rata LDLox subjek berdasarkan kelompok perlakuan dapat dilihat pada Tabel 18. LDL Oksidasi (LDLox) merupakan biomarker untuk penyakit kardiovaskular (Harmon *et al.* 2016). LDLox yang meningkat menandakan terjadinya aterosklerosis (Wallenfeldt *et al.* 2004). LDLox berkaitan dengan kejadian dislipidemia (Kopprasch *et al.* 2002). Pada penelitian ini LDLox diamati dari serum darah subjek sebelum dan setelah intervensi pada kedua kelompok intervensi. Subjek yang mendapatkan Teh bunga Telang memiliki rata-rata kadar LDLox 201,69 U/L sebelum intervensi. Kadar LDLox menurun menjadi 190,10 U/L setelah intervensi Teh bunga Telang selama 28 hari. Rata-rata subjek yang mendapat intervensi

kombucha bunga Telang juga menunjukkan penurunan LDLox dari sebelumnya 199,65 U/L menjadi 187,57 U/L. Penurunan yang terjadi pada subjek yang mendapatkan kombucha bunga Telang lebih tinggi daripada Teh bunga Telang meskipun hasil analisis statistik menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$) antar kedua kelompok perlakuan akibat intervensi yang diberikan. Perubahan LDLox sebelum dan setelah intervensi pada masing-masing kelompok ditampilkan pada Gambar 18. Terlihat terjadi penurunan LDLox yang signifikan setelah diberikan intervensi pada masing-masing kelompok ($p < 0,05$) meskipun tidak signifikan antar kelompok intervensi.

Tabel 18 Rata-rata LDLox subjek berdasarkan kelompok intervensi

Kelompok subjek	LDLox (U/L)		Δ	p
	Sebelum intervensi	Setelah intervensi		
Teh bunga Telang	201,69 \pm 2,21	191,10 \pm 5,35	(-)10,60 \pm 5,94 ^a	0,279
Kombucha bunga Telang	199,65 \pm 6,33	187,57 \pm 5,39	(-)11,84 \pm 4,22 ^a	

Keterangan: Data disajikan dalam bentuk rata-rata \pm SD; Huruf supercript yang sama menunjukkan tidak berbeda signifikan antara kelompok perlakuan ($p > 0,05$); TC= *Total Cholesterol*; TG= *Triglyceride*; HDL-C= *High-density Lipoprotein*; LDL-C= *Low-density Lipoprotein*; Δ = delta perubahan sebelum dan setelah intervensi



Gambar 16 Perubahan LDLox sebelum dan setelah intervensi pada masing- masing kelompok. LDLox= LDL oksidasi; Analisis uji beda menggunakan *paired sample t-test*, Huruf supercript yang berbeda menunjukkan berbeda signifikan antara sebelum dan setelah intervensi ($p < 0,05$)

Sebaran kategori LDLox antar kelompok subjek ditampilkan pada Tabel 19. LDLox dikategorikan menjadi tiga kategori yaitu risiko rendah (< 60 U/L), risiko sedang (60-70 U/L) dan risiko tinggi (≥ 70 U/L) (Holvoet *et al.* 2008; Harmon *et al.* 2016). Semua subjek memiliki LDLox yang termasuk kategori risiko tinggi dengan kadar ≥ 70 U/L. Meskipun terjadi penurunan LDLox namun LDLox semua subjek masih berada pada kategori berisiko tinggi setelah diberikan intervensi.

Bunga telang memiliki kandungan antosianin sebagai senyawa bioaktif yang dominan. Penelitian sebelumnya telah membuktikan terjadi penurunan LDLox yang lebih besar pada subjek dengan kondisi penyakit metabolic dibandingkan dengan subjek sehat (Fallah *et al.* 2020). Teh bunga telang yang diberikan mengandung antosianin sebesar 2,59 mg/100 ml. Setiap subjek mendapatkan 125 ml Teh bunga Telang setiap hari sehingga antosianin yang didapatkan dari konsumsi Teh bunga Telang adalah 3,24 mg/hari bukan dari ekstrak antosianin yang diberikan dalam bentuk suplemen. Kandungan antosianin yang rendah ini diduga menyebabkan tidak berubahnya LDLox menjadi normal.

Penurunan LDLox pada subjek yang mendapatkan intervensi kombucha lebih besar dibandingkan kelompok subjek Teh bunga Telang. Hal ini dapat disebabkan karena kandungan antosianin pada kombucha bunga Telang lebih tinggi dibandingkan Teh bunga Telang yaitu 2,69 mg/100 ml. Artinya subjek yang mendapatkan kombucha bunga Telang mendapatkan 3,36 mg/hari dari 125 ml kombucha yang harus dikonsumsi setiap hari.

Tabel 19 Sebaran kategori LDLox subjek menurut perlakuan sebelum dan setelah intervensi

LDLox (U/L)		Teh				Kombucha			
		Sebelum		Setelah		Sebelum		Setelah	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Risiko rendah	< 60 U/L	0	0	0	0	0	0	0	0
Risiko sedang	60-70 U/L	0	0	0	0	0	0	0	0
Risiko tinggi	≥ 70 U/L	11	100	11	100	11	100	11	100
Total		11	100	11	100	11	100	11	100

Keterangan: n= jumlah subjek; SD= standar deviasi

3.2.4 Pengaruh intervensi kombucha bunga Telang dibandingkan teh bunga Telang terhadap kadar SOD

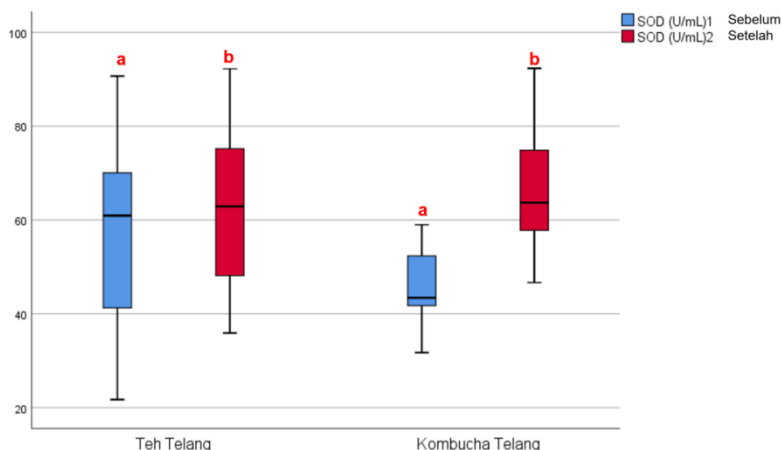
Lemak di dalam tubuh dapat teroksidasi mengakibatkan terjadinya peroksidasi lipid. Kolesterol LDL-C paling mudah teroksidasi membentuk LDLox. Pencegahan pembentukan LDLox melibatkan peran SOD yang merupakan pertahanan pertama tubuh terhadap proses oksidasi yang terjadi (Utari 2011). Pada penelitian ini SOD diamati sebagai variabel penanda status oksidatif subjek. Rata-rata SOD subjek berdasarkan perlakuan ditampilkan pada Tabel 20.

Tabel 20 Rata-rata kadar SOD subjek berdasarkan kelompok intervensi

Kelompok subjek	SOD (U/ml)		Δ	p
	Sebelum intervensi	Setelah intervensi		
Teh bunga Telang	56,07±20,65	61,44±18,44	5,37±4,08 ^a	0,002
Kombucha bunga Telang	46,09±8,78	66,33±14,06	20,24±12,23 ^b	

Keterangan: Data disajikan dalam bentuk rata-rata ± SD; Huruf supercript yang berbeda menunjukkan berbeda signifikan antara kelompok perlakuan (p<0,05); TC= *Total Cholesterol*; TG= *Triglyceride*; HDL-C= *High-density Lipoprotein*; LDL-C= *Low-density Lipoprotein*; Δ = delta perubahan sebelum dan setelah intervensi; SOD= *Superoxide dismutase*

Subjek pada kelompok perlakuan Teh bunga Telang memiliki rata-rata SOD 56,07 U/ml sebelum intervensi dilakukan. Terjadi peningkatan kadar SOD menjadi 61,44 U/ml setelah diberikan intervensi Teh bunga Telang selama 28 hari. Sama halnya dengan kelompok Teh bunga Telang, terjadi peningkatan kadar SOD pada subjek setelah konsumsi kombucha bunga Telang. Kadar SOD meningkat dari 46,09 U/ml menjadi 66,33 U/ml setelah diberikan konsumsi kombucha selama 28 hari. Peningkatan yang terjadi pada kelompok kombucha bunga Telang lebih besar dibandingkan dari kelompok Teh bunga Telang dengan selisih 20,24 U/ml. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan (p<0,05) pada kadar SOD antar kedua kelompok intervensi. Perbedaan signifikan juga terjadi pada peningkatan SOD sebelum dan setelah intervensi pada semua kelompok (Gambar 28).



Gambar 17 Perubahan kadar SOD sebelum dan setelah intervensi pada masing-masing kelompok. Huruf supercript yang berbeda menunjukkan masing-masing kelompok. Analisis uji beda menggunakan *paired* berbeda signifikan antara sebelum dan setelah intervensi ($p < 0,05$)

Sebaran kategori SOD subjek menurut perlakuan sebelum dan setelah intervensi dapat dilihat pada Tabel 34. Semua subjek yang mendapatkan intervensi Teh bunga Telang tidak mengalami perubahan kategori SOD pasca intervensi. Kadar SOD masih sebagian besar berada pada kategori rendah setelah intervensi dilakukan. Kadar SOD normal berada pada kisaran 110-215 U/ml, sedangkan rata-rata subjek pada kelompok Teh bunga Telang memiliki kadar SOD < 110 U/ml meskipun telah mengonsumsi Teh bunga Telang selama 28 hari. Terdapat satu orang subjek yang mendapatkan intervensi Teh bunga Telang mengalami perubahan kadar SOD yang sebelumnya berada pada kategori rendah menjadi normal setelah intervensi.

Tabel 21 Sebaran kadar SOD subjek menurut perlakuan sebelum dan setelah intervensi

SOD	Teh				Kombucha			
	Sebelum		Setelah		Sebelum		Setelah	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Normal (110–215 U/mL)	0	0	1	9,1	1	9,1	1	9,1
Rendah (< 110 U/ml)	11	100	10	90,9	10	90,9	10	90,9
Total	11	100	11	100	11	100	11	100

Keterangan: SOD=*Superoxide dismutase*; n= jumlah subjek

Teh bunga telang dan kombucha bunga telang mengandung antosianin sebagai senyawa bioaktif yang berperan sebagai antioksidan. Gugus hidroksil yang terdapat dalam struktur antosianin memperkuat aktivitas enzim antioksidan seperti SOD (Ruel *et al.* 2005). Hasil meta analisis menunjukkan bahwa antosianin lebih efektif menurunkan parameter penanda stres oksidatif dan meningkatkan kapasitas antioksidan (*Total Antioxidant Capacity*/TAC dan SOD) pada subjek dengan kondisi gangguan metabolisme dan penyakit tertentu dibandingkan pada subjek sehat (Fallah *et al.* 2020).

Hasil penelitian ini menunjukkan kandungan *Komagataeibacter* sebagai genus bakteri yang paling banyak terdapat di dalam kombucha bunga Telang. Peningkatan kadar SOD pada penelitian ini terkait dengan adanya bakteri tersebut. Suplementasi *Komagataeibacter* pada mencit menunjukkan efek pencegahan terhadap penurunan kadar SOD (Jiang *et al.* 2019). Pemberian *Komagataeibacter* juga berdampak positif pada status oksidatif (Neffe-Skocińska *et al.* 2023). Kombucha memiliki efek

antioksidan dengan melemahkan produksi ROS yang dapat meningkatkan ekspresi *mRNA katalase, glutathione reduktase (GRe)*, serta Mn-SOD (Tanticharakunsiri *et al.* 2021).

3.2.5 Pengaruh intervensi kombucha bunga Telang dibandingkan teh bunga Telang terhadap asam empedu

Rata-rata kadar asam empedu subjek berdasarkan kelompok perlakuan dapat dilihat pada Tabel 22. Bakteri yang terdapat di dalam kombucha yang terdiri dari BAL dan BAA akan mempengaruhi Aktivitas dari enzim *Bile Salt Hidrolase (BSH)* (Fiorucci dan Distrutti 2015). Asam empedu yang diamati pada penelitian merupakan asam empedu di dalam serum darah subjek.

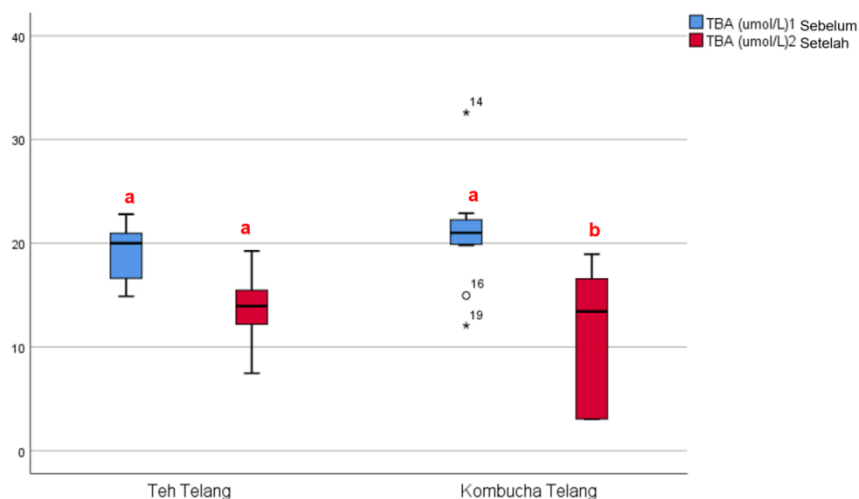
Tabel 22 Rata-rata kadar asam empedu subjek berdasarkan kelompok intervensi

Kelompok subjek	Asam Empedu ($\mu\text{mol/L}$)			p
	Sebelum intervensi	Setelah intervensi	Δ	
Teh bunga Telang	19,12 \pm 2,58	13,81 \pm 3,30	(-)5,31 \pm 4,17 ^a	0,071
Kombucha bunga Telang	20,87 \pm 5,11	11,03 \pm 6,75	(-)9,84 \pm 6,56 ^a	

Keterangan: Data disajikan dalam bentuk rata-rata \pm SD; Huruf supercript yang sama menunjukkan tidak berbeda signifikan antara kelompok perlakuan ($p > 0,05$); TC= *Total Cholesterol*; TG= *Triglyceride*; HDL-C= *High-density Lipoprotein*; LDL-C= *Low-density Lipoprotein*; Δ = delta perubahan sebelum dan setelah intervensi

Sebelum intervensi kadar asam empedu subjek pada kelompok perlakuan Teh bunga Telang rata-rata 19,12 $\mu\text{mol/L}$. Terjadi penurunan asam empedu serum setelah konsumsi Teh bunga Telang selama 28 hari menjadi 13,81 $\mu\text{mol/L}$. Penurunan juga terjadi pada subjek yang mendapatkan kombucha bunga Telang. Rata-rata asam empedu menurun dari 20,87 $\mu\text{mol/L}$ sebelum diberikan intervensi kombucha menjadi 11,03 $\mu\text{mol/L}$ setelah intervensi. Selisih penurunan kadar asam empedu lebih besar pada subjek yang mendapatkan intervensi kombucha dengan selisih penurunan mencapai 9,84 $\mu\text{mol/L}$, sedangkan untuk subjek yang mendapatkan intervensi Teh bunga Telang selisih penurunan yang terjadi adalah 5,31 $\mu\text{mol/L}$. Tidak terdapat perbedaan signifikan ($p > 0,05$) pada selisih perubahan kadar asam empedu subjek akibat pemberian intervensi antar kelompok perlakuan. Terjadi penurunan signifikan ($p < 0,05$) pada kadar asam empedu subjek sebelum dan setelah intervensi pada kelompok kombucha bunga Telang, namun tidak untuk kelompok Teh bunga Telang, seperti yang ditampilkan pada Gambar 18.

Sebaran kategori kadar asam empedu subjek antar kelompok perlakuan disajikan pada Tabel 23. Kadar asam empedu serum normal adalah $\leq 10 \mu\text{mol/L}$ (Piñol-Jiménez *et al.* 2022). Terlihat bahwa semua subjek pada semua kelompok perlakuan memiliki kadar asam empedu yang tidak normal sebelum intervensi dilakukan. Kadar asam empedu masih tetap berada pada kategori tidak normal setelah intervensi Teh bunga Telang dilakukan. Terdapat 5 orang subjek mengalami perbaikan asam empedu menjadi normal setelah mendapatkan intervensi kombucha bunga Telang. Asam empedu bersifat toksik pada kadar $>10 \text{ mol/L}$, dan menjadi penanda inflamasi di dalam tubuh (Piñol-Jiménez *et al.* 2022).



Gambar 18 Perubahan kadar asam empedu sebelum dan setelah intervensi pada masing-masing kelompok. TBA= *Total Bile Acid*; Analisis uji beda menggunakan *paired sample t-test*, Huruf supercript yang berbeda menunjukkan berbeda signifikan antara sebelum dan setelah intervensi ($p < 0,05$)

Tabel 23 Sebaran kadar asam empedu subjek menurut perlakuan sebelum dan setelah intervensi

Asam Empedu ($\mu\text{mol/L}$)	Teh		Kombucha	
	Sebelum	Setelah	Sebelum	Setelah
	n	%	n	%
Normal ($\leq 10 \mu\text{mol/L}$)	0	0	0	0
Tidak normal ($> 10 \mu\text{mol/L}$)	11	100	11	100
Total	11	100	11	100

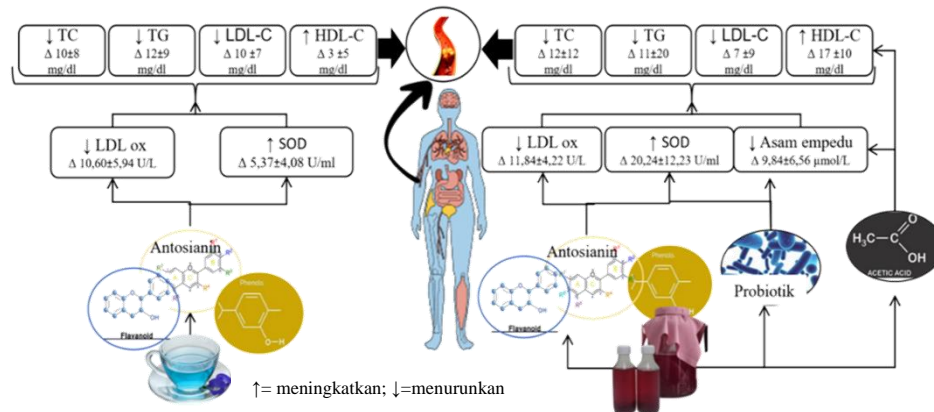
Keterangan: n= jumlah subjek; SD= standar deviasi; **Independent sample t-test*, perbedaan antara kelompok Teh bunga Telang dan kombucha bunga Telang

3.2.6 Mekanisme Perbaikan Profil Lipid dan Status Oksidatif pada Kondisi Dislipidemia dari Kandungan pada Teh dan Kombucha bunga Telang

Pada dislipidemia terjadi akumulasi *Reactive Oxygen Species* (ROS) akibat peningkatan diasilgliserol (DAG). Aktivasi fosfolipase C (PLC) dan fosfolipase D (PLD) pada fosfatidilkolin (PC) dan fosfatidilinositol bifosfat (PIP2) memicu pembentukan DAG. Isoform protein kinase C (PKC) dapat diaktifkan oleh DAG. PKC kemudian mengaktifkan *Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate* (NADPH) oksidase untuk merangsang produksi ROS (Tan *et al.* 2022). Kondisi dislipidemia ditandai dengan abnormalitas kadar lipid di dalam darah terutama LDL-C (PERKENI 2019). LDL-C yang tinggi dapat disebabkan karena uptake LDL-C yang rendah pada jaringan sehingga kadarnya di dalam plasma tinggi melebihi normal. Penurunan uptake LDL-C terjadi akibat inaktivasi AMPK (Segatto *et al.* 2016). Akumulasi ROS juga dapat terjadi karena peningkatan LDL-ox akibat penumpukan *foam cell* dan apoptosis (Ramli *et al.* 2020). Potensi Teh bunga Telang dibandingkan dengan kombucha bunga Telang hasil penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 19.

Hasil penelitian ini membuktikan bahwa kombucha bunga Telang dapat memperbaiki profil lipid, SOD, LDLox, dan asam empedu lebih besar dibandingkan Teh bunga Telang meskipun perbedaan signifikan antar kelompok hanya terjadi pada peningkatan SOD. Hal ini diduga karena kombucha bunga Telang memiliki 3

potensi, yaitu kandungan antioksidan, bakteri yang berpotensi sebagai probiotik, dan kandungan asam asetat yang tidak dimiliki oleh Teh bunga Telang. Teh bunga Telang hanya memiliki kandungan antioksidan. Kandungan antioksidan yaitu fenol, flavonoid, dan antosianin juga lebih tinggi pada kombucha dibandingkan teh bunga telang.



Gambar 19 Perbandingan potensi Teh bunga Telang dibandingkan dengan kombucha bunga Telang

Mekanisme yang diusulkan terkait perbaikan profil lipid dan status oksidatif pada kondisi dislipidemia oleh flavonoid, probiotik, & asam asetat pada teh dan kombucha bunga Telang ditampilkan pada Gambar 20, adalah sebagai berikut:

1. Kondisi dislipidemia ditandai dengan abnormalitas kadar lipid di dalam darah terutama LDL-C (PERKENI 2019). LDL-C yang tinggi dapat disebabkan karena uptake LDL-C yang rendah akibat inaktivasi AMPK (Segatto *et al.* 2016).
2. Pada dislipidemia juga terjadi akumulasi radikal bebas akibat peningkatan diasilgliserol (DAG) merangsang produksi ROS. Akumulasi ROS juga dapat terjadi karena peningkatan LDL ox akibat penumpukan foam cell dan apoptosis (Ramli *et al.* 2020).
3. Flavonoid di dalam teh dan kombucha bunga telang dapat memicu aktivasi AMPK yang memiliki peran penting dalam metabolisme lemak. AMPK mempengaruhi transkripsi gen (SREBP) yang akan menghambat aktivitas ACC dan HMGCR sehingga menurunkan biosintesis lemak dan menyebabkan konsentrasi kolesterol di intraseluler menurun.
4. Aktivasi AMPK juga dapat menghambat PCSK9 melalui SREBP. PCSK9 adalah enzim sekretorik hati yang mengatur kadar LDL-C melalui modulasi reseptor LDL pada permukaan hepatosit. Mekanisme ini akan meningkatkan uptake LDL-C ke jaringan dan dapat menurunkan kadar LDL-C di plasma.
5. Flavonoid juga berperan menstimulasi enzim antioksidan, salah satunya adalah SOD dan menurunkan LDL oksidasi.
6. Kombucha bunga telang tidak hanya mengandung Flavonoid yang berperan sebagai antioksidan, namun juga memiliki kandungan bakteri yang memiliki potensi sebagai probiotik. Probiotik akan mengaktifkan enzim *Bile Salt Hidrolase (BSH)* yang mampu memodulasi kadar asam empedu plasma. Probiotik dapat menurunkan *hepatic bile acid pool*. Untuk homeostatis maka terjadi penurunan *intrahepatic cholesterol pool*, karena kolesterol digunakan untuk sintesis asam empedu hati. Kadar kolesterol yang menurun di

intraseluler memicu peningkatan aktivitas LDL-C reseptor untuk uptake kolesterol ke jaringan sehingga menurunkan kadar LDL di plasma.

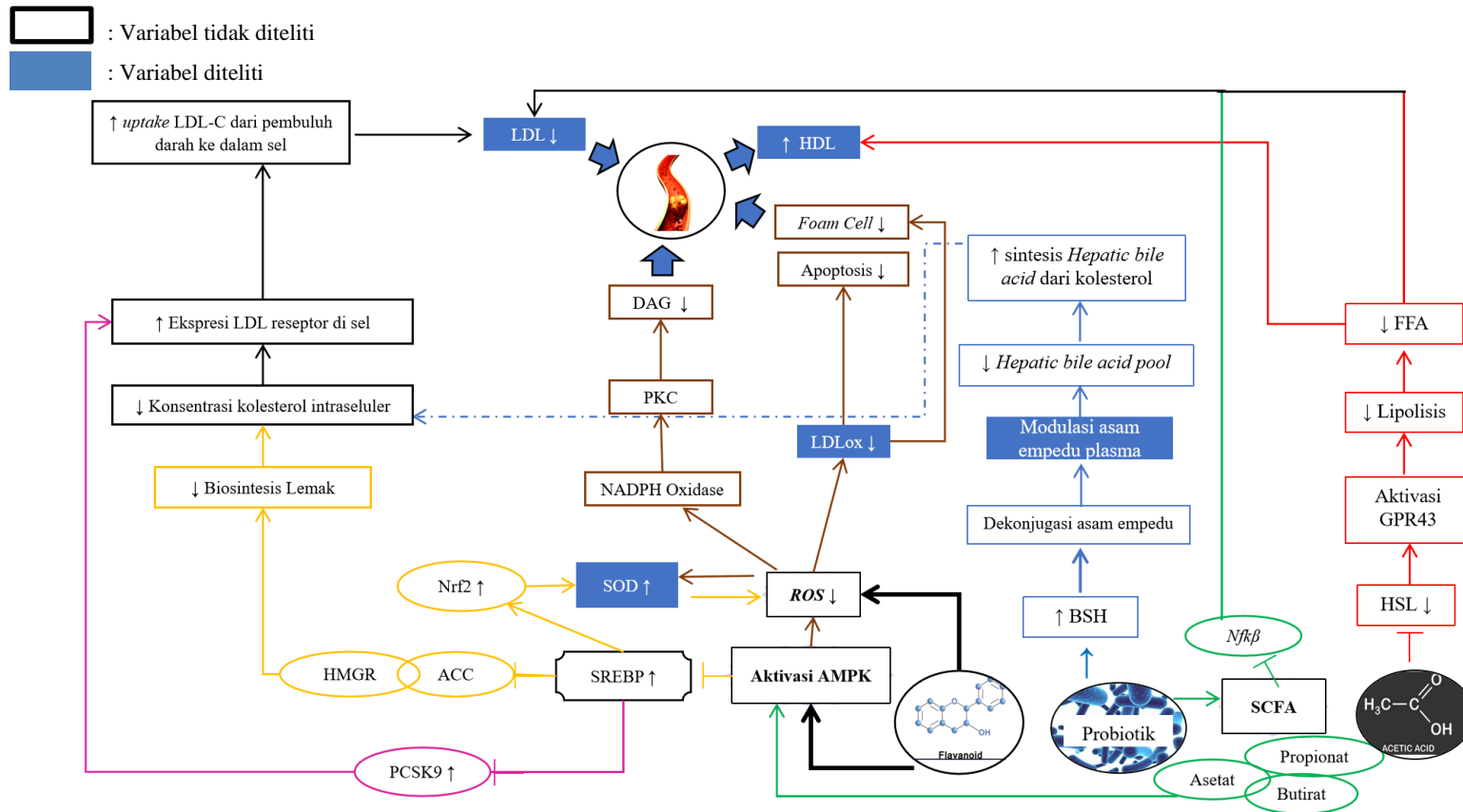
7. Probiotik juga dapat meningkatkan mikrobiota usus yang berpotensi melepaskan berbagai metabolit dan membentuk SCFA. SCFA dapat menekan metabolisme LDL-C, menurunkan penyerapan kolesterol di usus, menurunkan faktor inflamasi, menekan *Nuclear factor kappa-light-chain-enhancer of activated B cells* (Nfk β), dan stres oksidatif melalui aktivasi AMPK.
8. Kombucha bunga telang memiliki kandungan bakteri BAA yang lebih dominan dibandingkan BAL. Asam asetat dapat menghambat lipolisis dari adiposit akibat aktivasi *G-protein coupled receptor 43* (GPR43) melalui inhibisi *Hormon Sensitif Lipase* (HSL). Hambatan pada lipolisis akan menurunkan asam lemak bebas di dalam plasma sehingga dapat menurunkan LDL-C dan meningkatkan HDL-C.

Kondisi ini mampu menurunkan kadar kolesterol di dalam darah. Probiotik juga dapat meningkatkan mikrobiota usus yang berpotensi melepaskan berbagai metabolit dan membentuk SCFA. SCFA dapat menekan metabolisme LDL-C, menurunkan penyerapan kolesterol di usus, menurunkan faktor inflamasi, menekan *Nuclear factor kappa-light-chain-enhancer of activated B cells* (Nfk β), dan stres oksidatif melalui aktivasi AMPK (Bernini *et al.* 2016; Feizollahzadeh *et al.* 2017; Sabico *et al.* 2017; Tonucci *et al.* 2017).

Kombucha bunga telang memiliki kandungan bakteri BAA yang lebih dominan dibandingkan BAL. Sejalan dengan ini, kandungan asam asetat di dalam kombucha bunga telang lebih tinggi dibandingkan asam laktat. Hasil penelitian terdahulu membuktikan jika pemberian asam asetat secara oral dapat berdampak positif pada profil lipid (Hernández *et al.* 2019). Pemberian asam asetat secara oral terbukti dapat menghambat lipolisis dari adiposit. Mekanisme ini terjadi akibat aktivasi *G-protein coupled receptor 43* (GPR43) di dalam adiposit 3T3-L1 melalui inhibisi *Hormon Sensitif Lipase* (HSL) (Ge *et al.* 2008). Hambatan pada lipolisis akan menurunkan asam lemak bebas (Free Fatty Acid/FFA) di dalam plasma. Penurunan asam lemak bebas dapat menurunkan LDL-C dan meningkatkan HDL-C (Klop *et al.* 2013).

3.3 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini menunjukkan kombucha bunga Telang dan Teh bunga Telang memiliki potensi yang sama dalam memperbaiki profil lipid. Kombucha bunga Telang terbukti empat kali lebih baik memperbaiki SOD sebagai penanda status oksidatif di dalam tubuh. Perubahan profil lipid yang tidak signifikan antar kelompok intervensi dapat disebabkan karena subjek pada penelitian ini masih termasuk golongan dislipidemia ringan dengan LDL-C ≥ 100 mg/dl dan mayoritas berada pada kategori *near optimal* (100-129 mg/dl). Perbedaan lebih besar diduga dapat terlihat pada kategori LDL-C yang lebih tinggi. Asam empedu pada penelitian ini dianalisis dari serum darah subjek untuk melihat potensi bakteri probiotik di dalam kombucha bunga Telang, namun tidak bisa menggambarkan efek probiotik secara langsung pada perbaikan profil lipid. Analisis asam empedu pada feses dapat lebih menunjukkan potensi tersebut. Potensi probiotik juga dapat dievaluasi menggunakan analisis pada SCFA.



Gambar 20 Mekanisme yang diusulkan terkait perbaikan profil lipid dan status oksidatif pada kondisi dislipidemia oleh flavonoid, probiotik, dan asam asetat pada teh dan kombucha bunga Telang. HDL-C= High-density Lipoprotein; LDL-C= Low-density Lipoprotein; SOD= Superoxide dismutase; LDLox= LDL oksidasi; SREBP= Sterol-Responsive Element Binding Protein; HMGR= HMG-CoA reductase ; ACC= Asetyl-coa carboxylase; PCSK9= Proprotein Convertase Subtilisin Kexin tipe 9 ; AMPK= AMP-Activated Protein Kinase; Nrf2= nuclear factor erythroid 2-related factor 2; ROS= Reactive Oxygen Species; NADPH= Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate ; PKC= Isoform protein kinase C; DAG= diasilgliserol; BSH= Bile Salt Hidrolase; Nfκβ= Nuclear factor kappa-light-chain-enhancer of activated B cells; SCFA= Short Chain Fatty Acid; HSL= hormon sensitif lipase; FFA= Free Fatty Acid; GPR43= G-protein coupled receptor; ↑=meningkatkan; ↓=menurunkan; →= memicu; —| = menghambat — · — = mempengaruhi secara tidak langsung

IV SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

1. Kandungan fenol, flavonoid, & antosianin kombucha telang> teh telang. Fermentasi signifikan meningkatkan fenol, flavonoid, & aktifitas antioksidan.
2. Kombucha bunga telang mengandung energi 117,46 kalori, karbohidrat 29,37 gram, lemak 0,02 gram, protein 0,04 gram, dan gula 16 gram per 100 ml.
3. Kombucha telang aman dikonsumsi: pH, asam organik, profil mikrobiologi sesuai standar; tidak ada logam berat & bakteri patogen; alkohol sesuai standar halal.
4. Bakteri dominan di dalam kombucha bunga Telang adalah *komagataibacter* dan khamir yang dominan adalah spesies *dekkera bruxelensis*.
5. Hasil uji klinis menunjukkan bahwa Teh bunga Telang dan kombucha bunga Telang memiliki potensi yang sama memperbaiki profil lipid, namun untuk SOD kombucha bunga Telang terbukti lebih baik.

4.2 Saran

1. Untuk perbaikan profil lipid & status oksidatif lebih baik, konsumsi teh telang/kombucha + diimbangi pengaturan konsumsi dan aktifitas fisik.
2. Kombucha telang terbukti 4 kali lebih besar meningkatkan SOD, sehingga orang dengan dislipidemia dapat mengonsumsi kombucha telang 125 ml/hari untuk memperbaiki status oksidatif & membantu menjaga profil lipid tetap stabil.
3. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai metabolit yang mendukung potensi kombucha telang bagi profil lipid dan status oksidatif .
4. Kajian lebih lanjut juga dapat dilakukan untuk mengevaluasi potensi probiotik kombucha telang secara langsung melalui analisis asam empedu di feses dan analisis SCFA.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto WF, Tamnge F, Hasanah LN. 2020. Review: A relation between ethnobotany and bioprospecting of edible flower Butterfly Pea (*Clitoria ternatea*) in Indonesia. *Asian J Ethnobiol.* 3(2):51–61. doi:10.13057/asianjethnobiol/y030202.
- Amuamuta A. 2014. A Review on Risk Factors/Indicators and Effects of Hyperlipidemia. *Middle-East J Sci Res.* 22(6):886–893. doi:10.5829/idosi.mejsr.2014.22.06.21499.
- Andriati A, Wahjudi RMT. 2016. Tingkat penerimaan penggunaan jamu sebagai alternatif penggunaan obat modern pada masyarakat ekonomi rendah-menengah dan atas. *Masyarakat, Kebud dan Polit.* 29(3):133. doi:10.20473/mkp.V29I32016.133-145.
- Angriani L. 2019. The Potential of Extract Butterfly Pea Flower (*Clitoria ternatea* L.) as a Local Natural Dye for Various Food Industry). *Canrea J.* 2(1):32–37. doi:https://doi.org/10.20956/canrea.v2i1.120.
- Australian Government Department of Health. 2019. Fermented beverages stakeholder roundtable. *Dep Heal.,* siap terbit. <https://foodregulation.gov.au/internet/fr/publishing.nsf/Content/fermented-beverages-roundtable>.
- Ayu Martini NK, Ayu Ekawati NG, Timur Ina P. 2020. The Effect of Drying Temperature and Time on The Characteristics of Blue Pea Flower Tea (*Clitoria ternatea* L.). *J Ilmu dan Teknol Pangan.* 9(3):327. doi:10.24843/itepa.2020.v09.i03.p09.
- Ayuratri MK, Kusnadi J. 2017. Antibacterial Activity Kombucha Jahe (*Zingiber officinale*)(Study of Ginger Varieties and Concentrations of Honey Addition). *J Pangan dan Agroindustri.* 53(3). <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/548%0A>.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. 2013. Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) 2013.
- Badan Standarisasi Nasional. 2006. SNI Petunjuk Pengujian Organoleptik dan atau Sensori.
- Badarinath A V., Mallikarjuna Rao K, Madhu Sudhana Chetty C, Ramkanth S, Rajan TVS, Gnanaprakash K. 2010. A review on In-vitro antioxidant methods: Comparisons, correlations and considerations. *Int J PharmTech Res.* 2(2):1276–1285. [https://sphinxesai.com/s_v2_n2/PT_V.2No.2/phamtech_vol2no.2_pdf/PT=48_\(1276-1285\).pdf](https://sphinxesai.com/s_v2_n2/PT_V.2No.2/phamtech_vol2no.2_pdf/PT=48_(1276-1285).pdf).
- Barja F, Andrés-Barrao C, Ortega Pérez R, Cabello EM, Chappuis ML. 2016. Physiology of *Komagataeibacter* spp. During acetic acid fermentation. Di dalam: *Acetic Acid Bacteria: Ecology and Physiology*.
- Bernini LJ, Simão ANC, Alfieri DF, Lozovoy MAB, Mari NL, de Souza CHB, Dichi I, Costa GN. 2016. Beneficial effects of *Bifidobacterium lactis* on lipid profile and cytokines in patients with metabolic syndrome: A randomized trial. Effects of probiotics on metabolic syndrome. *Nutrition.* 32(6):716–719. doi:10.1016/j.nut.2015.11.001.
- Bhattacharya A, Pal B, Mukherjee S, Roy SK. 2019. Assessment of nutritional status using anthropometric variables by multivariate analysis. *BMC Public Health.* 19(1):1045. doi:10.1186/s12889-019-7372-2.
- El Bilali H, Callenius C, Strassner C, Probst L. 2019. Food and nutrition security and sustainability transitions in food systems. *Food Energy Secur.* 8(2). doi:10.1002/fes3.154.
- Bishop P, Pitts ER, Budner D, Thompson-Witrick KA. 2022. Kombucha: Biochemical and microbiological impacts on the chemical and flavor profile. *Food Chem Adv.* 1(10):10002. doi:10.1016/j.focha.2022.100025.
- Bolle F, Brian W, Petit D, Boutakhrit K, Feraille G, van Loco J. 2011. Tea brewed in traditional metallic teapots as a significant source of lead, nickel and other chemical elements. *Food Addit Contam - Part A.* 28(9). doi:10.1080/19440049.2011.580010.

- BPOM. 2019. Maximum Limits of Microbial Contamination in Processed Food by Fermented Vegetable Products. *Indones Drug Food Control.*, siap terbit.
- BPOM. 2023. Peraturan badan pengawas obat dan makanan nomor 13 tahun 2023 tentang kategori pangan.
- Brown L, Rosner B, Willett WW, Sacks FM. 1999. Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: A meta-analysis. *Am J Clin Nutr.* 69(1). doi:10.1093/ajcn/69.1.30.
- Budiasih KS. 2017. Study of the Pharmacological Potential of Butterfly Flower (*Clitoria ternatea*).
- Chakravorty S, Bhattacharya S, Chatzinotas A, Chakraborty W, Bhattacharya D, Gachhui R. 2016. Kombucha tea fermentation: Microbial and biochemical dynamics. *Int J Food Microbiol.* 220:63–72. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2015.12.015.
- Chan M, Sy H, Finley J, Robertson J, Brown PN. 2021. Determination of Ethanol Content in Kombucha Using Headspace Gas Chromatography with Mass Spectrometry Detection: Single-Laboratory Validation. *J AOAC Int.* 104(1):122–128. doi:10.1093/jaoacint/qsaa094.
- Chistiakov DA, Bobryshev Y V., Kozarov E, Sobenin IA, Orekhov AN. 2015. Role of gut microbiota in the modulation of atherosclerosis-associated immune response. *Front Microbiol.* 6(6):1–10. doi:10.3389/fmicb.2015.00671.
- Chusak C, Thilavech T, Henry CJ, Adisakwattana S. 2018. Acute effect of *Clitoria ternatea* flower beverage on glycemic response and antioxidant capacity in healthy subjects: A randomized crossover trial. *BMC Complement Altern Med.* 18(1):1–11. doi:10.1186/s12906-017-2075-7.
- Coton M, Pawtowski A, Taminiou 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 Microbiol Ecol.* 93(5):1–16. doi:10.1093/femsec/fix048.
- Curtis PJ, Kroon PA, Hollands WJ, Walls R, Jenkins G, Kay CD, Cassidy A. 2009. Cardiovascular disease risk biomarkers and liver and kidney function are not altered in postmenopausal women after ingesting an elderberry extract rich in anthocyanins for 12 weeks. *J Nutr.* 139(12). doi:10.3945/jn.109.113126.
- Diez-Ozaeta I, Astiazaran OJ. 2022. Recent advances in Kombucha tea: Microbial consortium, chemical parameters, health implications and biocellulose production. *Int J Food Microbiol.* 377 January:1–14. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109783.
- Escher GB, Marques MB, do Carmo MAV, Azevedo L, Furtado MM, Sant'Ana AS, da Silva MC, Genovese MI, Wen M, Zhang L, *et al.* 2020. *Clitoria ternatea* L. petal bioactive compounds display antioxidant, antihemolytic and antihypertensive effects, inhibit α -amylase and α -glucosidase activities and reduce human LDL cholesterol and DNA induced oxidation. *Food Res Int.* 128 August 2019:108763. doi:10.1016/j.foodres.2019.108763.
- Fabricio MF, Mann MB, Kothe CI, Frazzon J, Tischer B, Flôres SH, Ayub MAZ. 2022. Effect of freeze-dried kombucha culture on microbial composition and assessment of metabolic dynamics during fermentation. *Food Microbiol.* 101:103889. doi:10.1016/j.fm.2021.103889.
- Fallah AA, Sarmast E, Jafari T. 2020. Effect of dietary anthocyanins on biomarkers of oxidative stress and antioxidative capacity: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Funct Foods.* 68 December 2019:103912. doi:10.1016/j.jff.2020.103912.
- Feizollahzadeh S, Ghiasvand R, Rezaei A, Khanahmad H, Sadeghi A, Hariri M. 2017. Effect of Probiotic Soy Milk on Serum Levels of Adiponectin, Inflammatory Mediators, Lipid Profile, and Fasting Blood Glucose Among Patients with Type II Diabetes Mellitus. *Probiotics Antimicrob Proteins.* 9(1):41–47. doi:10.1007/s12602-016-9233-y.
- De Filippis F, Troise AD, Vitaglione P, Ercolini D. 2018. Different temperatures select

- distinctive acetic acid bacteria species and promotes organic acids production during Kombucha tea fermentation. *Food Microbiol.* 73. doi:10.1016/j.fm.2018.01.008.
- Fiorucci S, Distrutti E. 2015. Bile Acid-Activated Receptors, Intestinal Microbiota, and the Treatment of Metabolic Disorders. *Trends Mol Med.* 21(11):702–714. doi:10.1016/j.molmed.2015.09.001.
- Fu X, Wu Q, Wang J, Chen Y, Zhu G, Zhu Z. 2021. Spectral Characteristic, Storage Stability and Antioxidant Properties of Anthocyanin Extracts from Flowers of Butterfly Pea (*Clitoria ternatea* L.). *Molecules.* 26(22):7000. doi:10.3390/molecules26227000.
- Gaggìa F, Baffoni L, Galiano M, Nielsen DS, Jakobsen RR, Castro-Mejía JL, Bosi S, Truzzi F, Musumeci F, Dinelli G, *et al.* 2019. Kombucha beverage from green, black and rooibos teas: A comparative study looking at microbiology, chemistry and antioxidant activity. *Nutrients.* 11(1). doi:10.3390/nu11010001.
- Ge H, Li X, Weiszmann J, Wang P, Baribault H, Chen JL, Tian H, Li Y. 2008. Activation of G protein-coupled receptor 43 in adipocytes leads to inhibition of lipolysis and suppression of plasma free fatty acids. *Endocrinology.* 149(9). doi:10.1210/en.2008-0059.
- Gomes RJ, Borges M de F, Rosa M de F, Castro-Gómez RJH, Spinosa WA. 2018. Acetic acid bacteria in the food industry: Systematics, characteristics and applications. *Food Technol Biotechnol.* 56(2). doi:10.17113/ftb.56.02.18.5593.
- Gupta GK, Chahal J, Bhatia M. 2015. *Clitoria ternatea* (L.): Old and new aspects. *J Pharm Res.* 3 January 2010:2610–2614.
- Hamdy O. 2006. Metabolic obesity: the paradox between visceral and subcutaneous fat. *Curr Diabetes Rev.* 2(3).
- Harmon ME, Campen MJ, Miller C, Shuey C, Cajero M, Lucas S, Pacheco B, Erdei E, Ramone S, Nez T, *et al.* 2016. Associations of Circulating Oxidized LDL and conventional biomarkers of cardiovascular disease in a cross-sectional study of the navajo population. *PLoS One.* 11(3). doi:10.1371/journal.pone.0143102.
- Harrison K, Curtin C. 2021. Microbial composition of scoby starter cultures used by commercial kombucha brewers in North America. *Microorganisms.* 9(5):1–21. doi:10.3390/microorganisms9051060.
- Hernández MAG, Canfora EE, Jocken JWE, Blaak EE. 2019. The short-chain fatty acid acetate in body weight control and insulin sensitivity. *Nutrients.* 11(8). doi:10.3390/nu11081943.
- Holvoet P, Lee DH, Steffes M, Gross M, Jacobs DR. 2008. Association between circulating oxidized low-density lipoprotein and incidence of the metabolic syndrome. *JAMA.* 299(19). doi:10.1001/jama.299.19.2287.
- Içen H, Corbo MR, Sinigaglia M, Korkmaz BIO, Bevilacqua A. 2023. Microbiology and antimicrobial effects of kombucha, a short overview. *Food Biosci.* 56 October:103270. doi:10.1016/j.fbio.2023.103270.
- Jayabalan R, Malbaša R V., Lončar ES, Vitas JS, Sathishkumar M. 2014. A review on kombucha tea-microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 13(4). doi:10.1111/1541-4337.12073.
- Jiang X, Lin D, Shao H, Yang X. 2019. Antioxidant properties of *Komagataeibacter hansenii* CGMCC 3917 and its ameliorative effects on alcohol-induced liver injury in mice. *CYTA - J Food.* 17(1):355–364. doi:10.1080/19476337.2019.1584647.
- Kaashyap M, Cohen M, Mantri N. 2021. Microbial Diversity and Characteristics of Kombucha as Revealed by Metagenomic and Physicochemical Analysis. *Nutrients.* 13(12):4446. doi:10.3390/nu13124446.
- Kaligis MIG, Mokosuli YS. 2022. Characteristics and Flavonoid Content of Honey *Apis dorsata* Binghami from The Manembo Forest of South Minahasa. *J Biol Trop.* 22(4):1420–1430. doi:10.29303/jbt.v22i4.4247.
- Kemenkes RI. 2014. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 41 Tahun

- 2014 tentang pedoman gizi seimbang.
Kementrian Kesehatan RI. 2018. Riset Kesehatan Dasar Indonesia. <https://repository.badankebijakan.kemkes.go.id/id/eprint/3514>.
- Khamidah A-, Antarlina SS. 2020. PELUANG MINUMAN KOMBUCHA SEBAGAI PANGAN FUNGSIONAL. *Agrika*. 14(2):184. doi:10.31328/ja.v14i2.1753.
- Kilcast D. 2010. *Sensory analysis for food and beverage quality control*.
- Kim J, Adhikari K. 2020. Current Trends in Kombucha: Marketing Perspectives and the Need for Improved Sensory Research. *Beverages*. 6(1):15. doi:10.3390/beverages6010015.
- Klop B, Elte JWF, Cabezas MC. 2013. Dyslipidemia in Obesity: Mechanisms and Potential Targets. *Nutrients*. 5(4):1218–1240. doi:10.3390/nu5041218.
- Ko SH, Kim HS. 2020. Menopause-associated lipid metabolic disorders and foods beneficial for postmenopausal women. *Nutrients*. 12(1). doi:10.3390/nu12010202.
- Kombucha Brewers International. 2023. Kombucha Code of Practice. <https://kombuchabrewers.org/kombucha-code-of-practice/>.
- Kopprasch S, Pietzsch J, Kuhlisch E, Fuecker K, Temelkova-Kurktschiev T, Hanefeld M, Kühne H, Julius U, Graessler J. 2002. In vivo evidence for increased oxidation of circulating LDL in impaired glucose tolerance. *Diabetes*. 51(10). doi:10.2337/diabetes.51.10.3102.
- Kresnapati BA, Ramandha MEP, Indriani N. 2022. Familiar Edible Flowers in Indonesia. *PCJN Pharm Clin J Nusant*. 1(01):63–70. doi:10.58549/pcjn.v1i01.7.
- Kumari P, Ujala, Bhargava B. 2021. Phytochemicals from edible flowers: Opening a new arena for healthy lifestyle. *J Funct Foods*. 78 January:104375. doi:10.1016/j.jff.2021.104375.
- Kushargina R, Kusumaningati W, Yuniato AE. 2022. The Effect of Form, Temperature, and Brewing Time on The Organoleptic Properties and Antioxidant Activity of Butterfly Pea Flower Herbal Tea (*Clitoria Ternatea* L.). *Gizi Indones*. 45(1):11–22. doi:10.36457/gizindo.v45i1.633.
- Kushargina R, Suryaalamshah II, Rimbawan R, Dewi M, Damayanthi E. 2023. Effect of fermentation and adding sugar on organoleptic of butterfly pea kombucha (*Clitoria ternatea* L.). *J SAGO Gizi dan Kesehat*. 5(1):44–52. doi:http://dx.doi.org/10.30867/gikes.v5i1.1243.
- Leal JM, Suárez LV, Jayabalan R, Oros JH, Escalante-Aburto A. 2018. A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites. *CYTA - J Food*. 16(1). doi:10.1080/19476337.2017.1410499.
- Leustean AM, Ciocoiu M, Sava A, Costea CF, Floria M, Tarniceriu CC, Tanase DM. 2018. Implications of the intestinal microbiota in diagnosing the progression of diabetes and the presence of cardiovascular complications. *J Diabetes Res*. 2018. doi:10.1155/2018/5205126.
- Liu C, Sun J, Lu Y, Bo Y. 2016. Effects of anthocyanin on serum lipids in dyslipidemia patients: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 11(9):1–11. doi:10.1371/journal.pone.0162089.
- Liu P-Y, Wu W-K, Chen C-C, Panyod S, Sheen L-Y, Wu M-S. 2020. Evaluation of Compatibility of 16S rRNA V3V4 and V4 Amplicon Libraries for Clinical Microbiome Profiling. *bioRxiv*., siap terbit.
- Lu TM, Chiu HF, Shen YC, Chung CC, Venkatakrishnan K, Wang CK. 2015. Hypocholesterolemic Efficacy of Quercetin Rich Onion Juice in Healthy Mild Hypercholesterolemic Adults: A Pilot Study. *Plant Foods Hum Nutr*. 70(4):395–400. doi:10.1007/s11130-015-0507-4.
- Luo H, Zyba SJ, Webb P. 2020. Measuring malnutrition in all its forms: An update of the net state of nutrition index to track the global burden of malnutrition at country level. *Glob Food Sec*. 26. doi:10.1016/j.gfs.2020.100453.
- Majelis Ulama Indonesia. 2018. Food and Beverage Products Containing Alcohol/Ethanol.

- Majidah L, Gadizza C, Gunawan S. 2022. Analysis of Halal Kombucha Drink Product Development. *Halal Res J.* 2(1):36–51. doi:10.12962/j22759970.v2i1.198.
- Malbaša R, Lončar E, Djurić M. 2008. Comparison of the products of Kombucha fermentation on sucrose and molasses. *Food Chem.* 106(3). doi:10.1016/j.foodchem.2007.07.020.
- Marpaung AM. 2020. Tinjauan manfaat bunga telang (*clitoria ternatea* l.) bagi kesehatan manusia. *J Funct Food Nutraceutical.* 1(2):63–85. doi:10.33555/jffn.v1i2.30.
- Marsh AJ, O’Sullivan O, Hill C, Ross RP, Cotter PD. 2014. Sequence-based analysis of the bacterial and fungal compositions of multiple kombucha (tea fungus) samples. *Food Microbiol.* 38:171–178. doi:10.1016/j.fm.2013.09.003.
- Masood MI, Qadir MI, Shirazi JH, Khan IU. 2011. Beneficial effects of lactic acid bacteria on human beings. *Crit Rev Microbiol.* 37(1):91–98. doi:10.3109/1040841X.2010.536522.
- Mathew S, Abraham TE, Zakaria ZA. 2015. Reactivity of phenolic compounds towards free radicals under in vitro conditions. *J Food Sci Technol.* 52(9):5790–5798. doi:10.1007/s13197-014-1704-0.
- de Miranda JF, Ruiz LF, Silva CB, Uekane TM, Silva KA, Gonzalez AGM, Fernandes FF, Lima AR. 2022. Kombucha: A review of substrates, regulations, composition, and biological properties. *J Food Sci.* 87(2):503–527. doi:10.1111/1750-3841.16029.
- Murphy TE, Walia K, Farber JM. 2018. Safety aspects and guidance for consumers on the safe preparation, handling and storage of kombucha - a fermented tea beverage. *Food Prot Trends.* 38(5).
- Neffe-Skocińska K, Karbowski M, Kruk M, Kołożyn-Krajewska D, Zielińska D. 2023. Polyphenol and antioxidant properties of food obtained by the activity of acetic acid bacteria (AAB) – A systematic review. *J Funct Foods.* 107 April. doi:10.1016/j.jff.2023.105691.
- Nummer BA. 2013. Kombucha brewing under the food and drug administration model Food Code: Risk analysis and processing guidance. *J Environ Health.* 76(4):8–11. <https://www.jstor.org/stable/26329709>.
- Pennsylvania Department of Agriculture. 2017. Kombucha Brewing & Bottling Guidelines: Hazard Concerns & Preventive Controls for Safety. [https://www.agriculture.pa.gov/consumer_protection/FoodSafety/Retail Food/Documents/Guidelines for brewing-bottling Kombucha.pdf](https://www.agriculture.pa.gov/consumer_protection/FoodSafety/RetailFood/Documents/Guidelines%20for%20brewing-bottling%20Kombucha.pdf).
- PERKENI. 2019. *Pedoman Pengelolaan Dislipidemi di Indonesia 2019*.
- Permatasari HK, Nurkolis F, Gunawan W Ben, Yusuf VM, Yusuf M, Kusuma RJ, Sabrina N, Muharram FR, Taslim NA, Mayulu N, *et al.* 2022. Modulation of gut microbiota and markers of metabolic syndrome in mice on cholesterol and fat enriched diet by butterfly pea flower kombucha. *Curr Res Food Sci.* 5 August:1251–1265. doi:10.1016/j.crfs.2022.08.005.
- Phongpaichit S, Nikom J, Rungjindamai N, Sakayaroj J, Hutadilok-Towatana N, Rukachaisirikul V, Kirtikara K. 2007. Biological activities of extracts from endophytic fungi isolated from *Garcinia* plants. *FEMS Immunol Med Microbiol.* 51(3):517–525. doi:10.1111/j.1574-695X.2007.00331.x.
- Piñol-Jiménez FN, Capó-de Paz V, Ruiz-Torres JF, Montero-González T, Urgellés-Carreras SA, Breto-García A, Amador-Armenteros A, Llerena-Mesa MM, Galarraga-Lazcano AG. 2022 Agu 29. High Levels of Serum Bile Acids in COVID-19 Patients on Hospital Admission. *MEDICC Rev.*, siap terbit.
- Purwaniati P, Arif AR, Yuliantini A. 2020. Analysis of Total Anthocyanin Content in Telang Flowers Preparations (*Clitoria Ternatea*) with pH Differential Method Using Visible Spectrophotometry. *J Farmagazine.* 7(1):18. doi:10.47653/farm.v7i1.157.
- Puspaningrum DHD, Sumadewi NLU, Sari NKY. 2022. Total Acid Content, Total Sugar and Ph Value Kombucha Cascara Arabic Coffee from Catur Bangli Village During Fermentation. *Sintesa.* 4 May:149–156.

- <https://www.researchgate.net/publication/360783235>.
- Qin Y, Xia M, Ma J, Hao YT, Liu J, Mou HY, Cao L, Ling WH. 2009. Anthocyanin supplementation improves serum LDL- and HDL-cholesterol concentrations associated with the inhibition of cholesteryl ester transfer protein in dyslipidemic subjects. *Am J Clin Nutr.* 90(3):485–492. doi:10.3945/ajcn.2009.27814.
- Ramli NZ, Yahaya MF, Tooyama I, Damanhuri HA. 2020. A mechanistic evaluation of antioxidant nutraceuticals on their potential against age-associated neurodegenerative diseases. *Antioxidants.* 9(10):1–39. doi:10.3390/antiox9101019.
- Rezaldi F, Ningtyas RY, Anggraeni SD, Ma'ruf A, Fatonah NS, Pertiwi FD, Fitriyani F, A LD, US S, Fadillah MF, *et al.* 2021. The Effect of the Biotechnological Method of Fermenting Butterfly Flower Kombucha (*Clitoria Ternatea* L) as a Gram Positive and Negative Antibacterial. *J Biotek.* 9(2):169. doi:10.24252/jb.v9i2.25467.
- Rezaldi F, Rachmat O, Fadillah MF, Setyaji DY, Saddam A. 2022. Telang Flower Kombucha Biotechnology (*Clitoria ternatea* L) As Antibacterial *Salmonella typhi* and *Vibrio parahaemolyticus* Based on Palm Sugar Concentration. *J Gizi Kerja dan Produkt.* 3(1):13. doi:10.52742/jgkp.v3i1.14724.
- Rubab M, Chelliah R, Oh D-H. 2022. Screening for Antioxidant Activity: Diphenylpicrylhydrazine (DPPH) Assay.
- Ruel G, Pomerleau S, Couture P, Lamarche B, Couillard C. 2005. Changes in plasma antioxidant capacity and oxidized low-density lipoprotein levels in men after short-term cranberry juice consumption. *Metabolism.* 54(7). doi:10.1016/j.metabol.2005.01.031.
- Sabico S, Al-Mashharawi A, Al-Daghri NM, Yakout S, Alnaami AM, Alokail MS, McTernan PG. 2017. Effects of a multi-strain probiotic supplement for 12 weeks in circulating endotoxin levels and cardiometabolic profiles of medication naïve T2DM patients: A randomized clinical trial. *J Transl Med.* 15(1). doi:10.1186/s12967-017-1354-x.
- Salari A, Mahdavi-Roshan M, Kheirkhah J, Ghorbani Z. 2021. Probiotics supplementation and cardiometabolic risk factors: A new insight into recent advances, potential mechanisms, and clinical implications. *PharmaNutrition.* 16(11):100261. doi:10.1016/j.phanu.2021.100261.
- Savych A, Marchyshyn S, Polonets O, Mala O, Shcherba I, Morozova L. 2022. HPLC-DAD assay of flavonoids and evaluation of antioxidant activity of some herbal mixtures. *Pharmacia.* 69(3). doi:10.3897/pharmacia.69.e86486.
- Segatto M, Rosso P, Fioramonti M, Fracassi A, Marangoni M, Taglietti V, Siteni S. 2016. AMPK in the central nervous system: physiological roles and pathological implications. *Res Rep Biol.* January:1. doi:10.2147/RRB.S90858.
- Selvaraj S, Gurumurthy K. 2023. An overview of probiotic health booster-kombucha tea. *Chinese Herb Med.* 15(1). doi:10.1016/j.chmed.2022.06.010.
- Soares MG, de Lima M, Reolon Schmidt VC. 2021. Technological aspects of kombucha, its applications and the symbiotic culture (SCOBY), and extraction of compounds of interest: A literature review. *Trends Food Sci Technol.* 110 February:539–550. doi:10.1016/j.tifs.2021.02.017.
- Sreeramulu G, Zhu Y, Knol W. 2000. Kombucha fermentation and its antimicrobial activity. *J Agric Food Chem.* 48(6). doi:10.1021/jf991333m.
- Suhardini PN, Zubaidah E. 2016. Study Of Antioxidant Activity On Various Kombucha Leaves During Fermentation. *J Pangan dan Agroindustri.* 4(1):221–229.
- Sun TY, Li JS, Chen C. 2015. Effects of blending wheatgrass juice on enhancing phenolic compounds and antioxidant activities of traditional kombucha beverage. *J Food Drug Anal.* 23(4):709–718. doi:10.1016/j.jfda.2015.01.009.
- Tan Y, Cheong MS, Cheang WS. 2022. Roles of Reactive Oxygen Species in Vascular Complications of Diabetes: Therapeutic Properties of Medicinal Plants and Food. *Oxygen.* 2(3):246–268. doi:10.3390/oxygen2030018.

- Tanticharakunsiri W, Mangmool S, Wongsariya K, Ochaikul D. 2021. Characteristics and upregulation of antioxidant enzymes of kitchen mint and oolong tea kombucha beverages. *J Food Biochem.* 45(1). doi:10.1111/jfbc.13574.
- Tapias YAR, Monte MV Di, Peltzer MA, Salvay AG. 2023. Kombucha fermentation in yerba mate: Cellulose production, films formulation and its characterisation. *Carbohydr Polym Technol Appl.* 5. doi:10.1016/j.carpta.2023.100310.
- Tayyem R, Hijjawi NS, Al-Awwad N, Nimer NA, Agraib LM, Allehdan SS, Al-Radaideh AM. 2018. Association between intakes of macro- and micro- nutrients and serum lipid profiles among Jordanian adults: A preliminary study. *Prog Nutr.* 20(3). doi:10.23751/pn.v20i3.7259.
- Teles GH, da Silva JM, Xavier MR, de Souza RB, de Barros Pita W, de Moraes Junior MA. 2022. Metabolic and biotechnological insights on the analysis of the Pdh bypass and acetate production in the yeast *Dekkera bruxellensis*. *J Biotechnol.* 355:42–52. doi:10.1016/j.jbiotec.2022.06.008.
- Teoh AL, Heard G, Cox J. 2004. Yeast ecology of Kombucha fermentation. *Int J Food Microbiol.* 95(2):119–126. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2003.12.020.
- Tonucci LB, Olbrich dos Santos KM, Licursi de Oliveira L, Rocha Ribeiro SM, Duarte Martino HS. 2017. Clinical application of probiotics in type 2 diabetes mellitus: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Clin Nutr.* 36(1). doi:10.1016/j.clnu.2015.11.011.
- U.S. Department of health and human services. 2021. High Blood Cholesterol ATP III Guidelines At-A-Glance Quick Desk Reference. *NIH Publ.* 01–3305.
- Uhren A, Morgan-Bathke M, McLimans K. 2021. The Effects of Kombucha Consumption on Cardiometabolic Parameters in Human Participants. *Curr Dev Nutr.* 5 Supplement_2:377. doi:10.1093/cdn/nzab037_087.
- Utari DM. 2011. Efek Intervensi Tempe Terhadap Profil Lipid , Superoksida Dismutase , LDL Teroksidasi Dan Malondialdehyde Pada Wanita Menopause. <https://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/51547/2011dmu.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Verma PR, Itankar PR, Arora SK. 2013. Evaluation of antidiabetic antihyperlipidemic and pancreatic regeneration, potential of aerial parts of *Clitoria ternatea*. *Rev Bras Farmacogn.* 23(5):819–829. doi:10.1590/S0102-695X2013000500015.
- Wallenfeldt K, Fagerberg B, Wikstrand J, Hulthe J. 2004. Oxidized low-density lipoprotein in plasma is a prognostic marker of subclinical atherosclerosis development in clinically healthy men. *J Intern Med.* 256(5). doi:10.1111/j.1365-2796.2004.01402.x.
- Wang C, Li S, Xue P, Yu L, Tian F, Zhao J, Chen W, Xue Y, Zhai Q. 2021. The effect of probiotic supplementation on lipid profiles in adults with overweight or obesity: A meta-analysis of randomized controlled trials. *J Funct Foods.* 86:104711. doi:10.1016/j.jff.2021.104711.
- Wang Y, Liu T, Xie Y, Li N, Liu Y, Wen J, Zhang M, Feng W, Huang J, Guo Y, *et al.* 2022. *Clitoria ternatea* blue petal extract protects against obesity, oxidative stress, and inflammation induced by a high-fat, high-fructose diet in C57BL/6 mice. *Food Res Int.* 162 July:112008. doi:10.1016/j.foodres.2022.112008.
- Watawana MI, Jayawardena N, Gunawardhana CB, Waisundara VY. 2015. Health, Wellness, and Safety Aspects of the Consumption of Kombucha. *J Chem.* 2015:1–11. doi:10.1155/2015/591869.
- WHO. 2022. *World health statistics 2022 (Monitoring health of the SDGs)*. <http://apps.who.int/bookorders>.
- Williams L, Baker-Smith CM, Bolick J, Carter J, Kirkpatrick C, Ley SL, Peterson AL, Shah AS, Sikand G, Ware AL, *et al.* 2022. Nutrition interventions for youth with dyslipidemia: a National Lipid Association clinical perspective. *J Clin Lipidol.* 16(6):776–796. doi:10.1016/j.jacl.2022.07.011.
- Wonisch W, Falk A, Sundl I, Winklhofer-Roob BM, Lindschinger M. 2012. Oxidative

- stress increases continuously with BMI and age with unfavourable profiles in males. *Aging Male*. 15(3):159–165. doi:10.3109/13685538.2012.669436.
- World Health Organization (WHO). 2021. Noncommunicable diseases. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>.
- Yao L, Zhang J, Lu J, Chen D, Song S, Wang H, Sun M, Feng T. 2023. Revealing the influence of microbiota on the flavor of kombucha during natural fermentation process by metagenomic and GC-MS analysis. *Food Res Int*. 169 February:1–12. doi:10.1016/j.foodres.2023.112909.
- Zhu Y, Ling W, Guo H, Song F, Ye Q, Zou T, Li D, Zhang Y, Li G, Xiao Y, *et al*. 2013. Anti-inflammatory effect of purified dietary anthocyanin in adults with hypercholesterolemia: A randomized controlled trial. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 23(9):843–849. doi:10.1016/j.numecd.2012.06.005.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kota Palembang pada tanggal 9 September 1988 sebagai anak ke 1 dari pasangan bapak Dr. Ir. Kuswanhadi, MS, DEA dan ibu Ir. Mudji Lasminingsih, MS. Pendidikan sarjana ditempuh di Program Studi Ilmu Gizi Fakultas Ekologi Manusia IPB, dan lulus pada tahun 2011. Pada tahun 2013, penulis diterima sebagai mahasiswa program magister (S-2) di Program Studi Ilmu Gizi pada Sekolah Pascasarjana IPB dan menamatkannya pada tahun 2015. Kesempatan untuk melanjutkan ke program doktor pada program studi Ilmu Gizi Sekolah Pascasarjana IPB diperoleh pada tahun 2021 dengan beasiswa pendidikan doktor yang diperoleh dari Beasiswa Pendidikan Indonesia, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan untuk mahasiswa S-3. Penulis saat ini bekerja sebagai Dosen di Program Studi Sarjana Gizi Fakultas Kedokteran dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Jakarta sejak tahun 2015.

Karya ilmiah berjudul "*Effect of Sugar Addition and Fermentation Process on Flavonoids, Phenols, and Antioxidant Activity of Telang (Clitoria ternatea L.) Kombucha*" telah disajikan pada *International Symposium on Food and Nutrition, Expo, and Awards (ISFANEA) 2023* dan dipublikasi di *Tropical Journal of Natural Product Research (TJNPR)*. Karya ilmiah berjudul "*Nutritional Status and Lipid Profile of Office Workers: A Formative Study in Jakarta*" telah disajikan pada *The 5th Asia-Pacific Partnership on Health System and Innovations to Improve Population Health (APHNI) Conference 2023* dan dipublikasi di *Universal Journal of Public Health*. Karya ilmiah berjudul "*Metagenomic Analysis, Safety Aspects, and Antioxidant Potential of Kombucha Beverage Produced from Telang Flower (Clitoria ternatea L.) Tea*" diterima untuk dipublikasi di *Jurnal Food Bioscience*. Karya ilmiah dengan judul "Pengaruh fermentasi dan penambahan gula pada organoleptik minuman kombucha bunga telang (*Clitoria ternatea L.*) telah dipublikasi di *Jurnal SAGO Gizi dan Kesehatan*. Karya ilmiah dengan judul "*Halal aspect and nutritional potential of telang flower kombucha (Clitoria ternatea L.)*" telah disajikan pada *2nd International Conference on Food and Agricultural Sciences 2023 (2nd ICFAS 2023)*. Karya-karya ilmiah tersebut merupakan bagian dari program S-3 penulis.