

**ANALISIS KANDUNGAN CUKA APEL MANALAGI (*Malus sylvestris*
Mill.) DENGAN LAMA FERMENTASI BERBEDA**

SKRIPSI

**Oleh:
ISFI HANIFATUL ULYA
NIM. 19620004**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**ANALISIS KANDUNGAN CUKA APEL MANALAGI (*Malus sylvestris*
Mill.) DENGAN LAMA FERMENTASI BERBEDA**

SKRIPSI

**Oleh:
ISFI HANIFATUL ULYA
NIM. 19620004**

**diajukan Kepada :
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**ANALISIS KANDUNGAN CUKA APEL MANALAGI (*Malus sylvestris*
Mill.) DENGAN LAMA FERMENTASI BERBEDA**

SKRIPSI

**Oleh:
ISFI HANIFATUL ULYA
NIM. 19620004**

**telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
tanggal : 15 Mei 2023**

Pembimbing I

**Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc
NIP. 19920507 201903 2 026**

Pembimbing II

**Umaiyatus Svarifah, M.A.
NIP. 19820925 200901 2 005**



**Mengesahkan,
Ketua Program Studi Biologi**

**Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.
NIP. 19741018 200312 2 002**

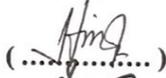
**ANALISIS KANDUNGAN CUKA APEL MANALAGI (*Malus sylvestris*
Mill.) DENGAN LAMA FERMENTASI BERBEDA**

SKRIPSI

Oleh:
ISFI HANIFATUL ULYA
NIM. 19620004

telah dipertahankan
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai
salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.)

Tanggal: 26 Juni 2023

Ketua Penguji	: Ir.Lilieek Harianie AR, M.P NIP. 19620901 199803 2 001	()
Anggota Penguji I	: Fitriyah, M.Si NIP. 19860725 201903 2 013	()
Anggota Penguji II	: Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc NIP. 19920507 201903 2 026	()
Anggota Penguji III	: Umayyatus Syarifah, M.A. NIP. 19820925 200901 2 005	()



Mengesahkan,
Ketua Program Studi Biologi

Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.
NIP. 19741018 200312 2 002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil'alamin, segala puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan nikmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Skripsi ini penulis sampaikan kepada:

1. Orang tua tercinta, Bapak Sumanan dan Ibu Muthmainah, kakak-kakak dan adik yang dengan tulus memberikan semangat, motivasi, dan do'a yang tulus sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini baik dan lancar.
2. Teman seperjuangan yang telah kebersamai dan memberikan dukungan serta do'a.
3. Teman-teman seperjuangan Biologi angkatan 2019.
4. Semua pihak yang terlibat dan tidak dapat disebutkan satu-persatu, yang telah meluangkan waktunya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Malang, 07 Juni 2023

Isfi Hanifatul Ulya

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Isfi Hanifatul Ulya
NIM : 19620004
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Analisis Kandungan Cuka Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.) dengan Lama Fermentasi Berbeda

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti dan dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi akademik maupun hukum atas perbuatan tersebut.

Melalui, 07 Juni 2023
membuat pernyataan,

Isfi Hanifatul Ulya
NIM. 19620004

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

Analisis Kandungan Cuka Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.) dengan Lama Fermentasi Berbeda

Isfi Hanifatul Ulya, Tyas Nyonita Punjungsari, Umaiyatus Syarifah

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRAK

Cuka apel terbuat dari fermentasi sari buah apel yang difermentasikan oleh khamir dan bakteri asam asetat. Lama fermentasi akan memengaruhi kandungan cuka apel. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kandungan cuka apel berdasarkan lama fermentasi berbeda. Metode yang digunakan adalah metode DPPH untuk uji aktivitas antioksidan, metode *Folin-Ciocalteu* untuk uji kandungan kadar total fenol dan metode titrasi untuk uji kadar total asam. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif eksploratif untuk mendeskripsikan dan menganalisis data hasil penelitian. Hasil pengujian aktivitas antioksidan menunjukkan adanya peningkatan pada lama fermentasi hari ke-5 rata-rata sebesar 10,304%, pada hari ke-7 mengalami peningkatan rata-rata sebesar 59,453% dan mengalami penurunan pada hari ke-9 rata-rata sebesar 31,773% sedangkan pada lama fermentasi 1 tahun menunjukkan rata-rata serapan DPPH sebesar 81,315%, pada lama fermentasi 1,5 tahun menunjukkan rata-rata serapan DPPH sebesar 86,482%, dan pada lama fermentasi 20 tahun menunjukkan rata-rata serapan DPPH sebesar 95,117%. Hasil pengujian kadar total fenol menunjukkan pada hari ke-5 rata-rata kadar total fenol adalah 2,176 ml GAE/L sampel, kemudian mengalami peningkatan pada hari ke-7 dengan rata-rata sebesar 4,735 ml GAE/L sampel dan selanjutnya mengalami penurunan sebesar 2,912 ml GAE/L sampel sedangkan pada lama fermentasi 1 tahun, 1,5 tahun dan 20 tahun mengalami kenaikan rata-rata kadar total fenol dari 7,294 ml GAE/L sampel pada lama fermentasi 1 tahun menjadi 10,118 ml GAE/L sampel pada lama fermentasi 1,5 tahun dan pada lama fermentasi 20 tahun rata-rata kadar total fenol mencapai 14,559 ml GAE/L sampel. Hasil pengujian kadar total asam menunjukkan lama fermentasi hari ke-5 rata-rata kadar total asam tertitrasi yaitu sebesar 0,08% setelah itu akan naik pada hari ke-7 sebesar 0,10% dan akan turun pada hari ke-9 sebesar 0,09% sedangkan pada lama fermentasi 1 tahun rata-rata kadar total asam tertitrasi yaitu sebesar 0,05%, pada lama fermentasi 1,5 tahun mengalami peningkatan sebesar 0,36% dan pada lama fermentasi 20 tahun sebesar 0,81%.

Kata kunci: Antioksidan, Cuka apel, Lama Fermentasi, Total asam, Total fenol

Analysis of Manalagi Apple Cider Vinegar (*Malus sylvestris* Mill.) with Different Fermentation Time

Isfi Hanifatul Ulya, Tyas Nyonita Punjungsari, Umaiyatus Syarifah

Biology Study Program, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRACT

Apple cider vinegar is made from fermented apple cider fermented by yeast and acetic acid bacteria. Fermentation time will affect the apple cider vinegar content. The purpose of this study is to determine the content of apple cider vinegar based on different fermentation times. The method used is the DPPH method to test antioxidant activity, the *Folin-Ciocalteu* method to test the total phenol content and the titration method to test the total acid content. This research is an exploratory descriptive research to describe and analyze the research data. The results of the antioxidant activity test showed an increase in the duration of the 5th day of fermentation an average of 10.304%, on the 7th day it experienced an average increase of 59.453% and decreased on the 9th day an average of 31.773% while on 1 year of fermentation shows an average DPPH absorption of 81.315%, 1.5 years of fermentation shows an average of 86.482% DPPH absorption, and 20 years of fermentation shows an average of 95.117% DPPH absorption. The results of the total phenol level test showed that on the 5th day the average total phenol level was 2.176 ml GAE/L sample, then it increased on day 7 with an average of 4.735 ml GAE/L sample and then decreased by 2.912 ml GAE/L sample while at 1 year, 1.5 years and 20 years of fermentation, the average total phenol content increased from 7.294 ml GAE/L sample at 1 year of fermentation to 10.118 ml GAE/L sample at 1 fermentation time .5 years and during the fermentation time of 20 years the average total phenol content reached 14.559 ml GAE/L sample. The results of the total acid content test showed that the average fermentation time on the 5th day of the total titrated acid content was 0.08%, after that it would increase on the 7th day by 0.10% and would decrease on the 9th day by 0.09%, while the average total titrated acid content for 1 year was 0.05%, for 1.5 years the fermentation increased by 0.36% and for 20 years it was 0.81%.

Keywords: Antioxidant, Apple Cider Vinegar, Fermentation Time, Total Acid, Total Phenol

تحليل محتوى خل التفاح مانالاجي (*Malus sylvestris* Mill) مع فترات تخمير مختلفة

اسفى حنيفة العليا، تياس نيونتتا بنجغساري، أمية الشريفة

قسم الأحياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، الجامعة الحكومية الإسلامية مولانا مالك ابراهيم مالانج

ملخص البحث

خل التفاح مصنوع من تخمير عصير التفاح بواسطة الخميرة والبكتيريا. حمض الاسيتيك. سيؤثر طول التخمير على محتوى خل التفاح. الغرض من الدراسة تهدف هذه الدراسة إلى تحديد محتوى خل التفاح بناءً على أطوال تخمير مختلفة. الطرق المستخدمة هي طريقة DPPH لاختبار النشاط المضاد للأكسدة ، وطريقة Folin-Ciocalteu لاختبار محتوى الفينول الكلي وطريقة المعايرة لاختبار المحتوى الحمضي الكلي. طريقة اختبار محتوى الفينول الكلي وطريقة المعايرة لاختبار المحتوى الحمضي الكلي. هذا البحث هو بحث وصفي تعبيرى لوصف وتحليل البيانات نتائج البحث أظهرت نتائج اختبار نشاط مضادات الأكسدة زيادة في بلغ متوسط وقت التخمير في اليوم الخامس 10.304٪ في يوم السابع شهدت زيادة متوسط 59.443٪ في يوم التاسع بمتوسط 31.773٪ بينما أظهرت مدة التخمير لمدة عام واحد متوسط امتصاص DPPH 81.315 ٪، عند 1.5 سنة من التخمير ، أظهر متوسط امتصاص DPPH بنسبة 86.482 ٪ ، وفي 20 عامًا من التخمير أظهر متوسط امتصاص DPPH بنسبة 86.48 ٪. 86.482 ٪ ، وعلى مدى فترة التخمير 20 عامًا ، أظهر متوسط امتصاص DPPH 95.117 ٪. أظهرت نتائج اختبار محتوى الفينول الكلي أنه في اليوم الخامس كان متوسط محتوى الفينول الكلي 2.176 مل من عينة GAE/L. كان محتوى الفينول 2.176 مل من عينة GAE/L، ثم زاد في اليوم السابع بمتوسط 4.735 مل من GAE / L ثم انخفض بنسبة بنسبة 2.912 مل من عينة بينما في أوقات التخمير 1 سنة و 1.5 سنة و 20 سنة ، فإن متوسط الزيادة في إجمالي محتوى الفينول من 7.294 مل من عينة GAE / L بطول وقت التخمير من 1 سنة إلى 10.118 مل من عينة GAE / L في وقت التخمير 1.5 سنة GAE / L وبعد 20 عامًا من التخمير ، بلغ متوسط محتوى الفينول الكلي 14.559 مل من عينة GAE/L أظهرت نتائج اختبار المحتوى الحمضي الكلي متوسط محتوى الحمض الكلي في يوم التخمير الخامس قابل للمعايرة وهو 0.08٪ وبعد ذلك يزداد في اليوم السابع بنسبة 0.10٪ وينخفض في اليوم التاسع بنسبة 0.09٪ بينما في وقت التخمير لمدة عام واحد ، يكون متوسط المستوى الكلي لحمض المعايرة 0.05٪. محتوى الحمض 0.05٪ ، في وقت التخمير 1.5 سنة بنسبة 0.36٪ وبمدة تخمير 20 سنة بنسبة 0.81٪.

الكلمات المفتاحية: مضادات الأكسدة، خل التفاح، مدة التخمير، إجمالي الحمض، إجمالي الفينول

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Bismillahirrohmaanirrohiim, segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Identifikasi Kandungan Cuka Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.) dengan Lama Fermentasi Berbeda”. Tidak lupa pula shalawat dan salam disampaikan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW. yang telah menegakkan diinul Islam yang terpatri hingga akhirul zaman. Aamiin.

Berkat bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak maka penulis mengucapkan terima kasih yang tak terkira khususnya kepada:

1. Prof. Dr. M. Zainuddin, MA selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P. selaku Ketua Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc. dan Dr. Umaiatus Syarifah, M.A. selaku pembimbing I dan II, yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan keikhlasan dalam meluangkan waktu untuk membimbing penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
5. Ir.Lilie Harianie AR, M.P dan Fitriyah, M.Si selaku penguji yang telah menguji dengan penuh kesabaran dan keikhlasan sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan
6. Dr. Eko Budi Minarno, M.Pd selaku Dosen wali, yang telah membimbing dan memberikan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
7. Seluruh dosen dan laboran di Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang setia menemani penulis dalam melakukan penelitian di laboratorium tersebut.
8. Bapak dan Ibuku dan keluarga tercinta yang telah memberikan Doa, dukungan serta motivasi kepada penulis.
9. Teman-teman seperjuangan Biologi.

Semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Skripsi ini sudah ditulis secara cermat dan sebaik-baiknya, namun apabila ada kekurangan, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan.
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	v
HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
ملخص البحث.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	7
1.3. Tujuan Penelitian.....	7
1.4. Hipotesis.....	8
1.5. Manfaat Penelitian.....	8
1.6. Batasan Penelitian.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanaman Apel Manalagi (<i>Malus sylvestris</i> Mill.).....	9
2.1.1 Klasifikasi Tanaman Apel Manalagi (<i>Malus sylvestris</i> Mill.).	9
2.1.2 Daerah Asal dan Penyebaran Tanaman Apel (<i>Malus sylvestris</i> Mill.).....	11
2.1.3 Morfologi Tanaman Apel (<i>Malus sylvestris</i> Mill.).....	12
2.1.4 Kandungan Buah Apel (<i>Malus sylvestris</i> Mill.).....	14
2.1.5 Manfaat Buah Apel (<i>Malus sylvestris</i> Mill.).....	18
2.2 Cuka.....	19
2.2.1 Deskripsi.....	19
2.2.2 Karakteristik Cuka Berdasarkan Lama Fermentasi.....	20
2.2.3 Cuka Apel.....	21
2.3 Fermentasi.....	23
2.4 Aktivitas Antioksidan.....	25
2.5 Kadar Total Fenol.....	28
2.6 Kadar Total Asam.....	29
2.7 Mikroba yang Berperan dalam Fermentasi.....	29
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Rancangan Penelitian.....	32
3.2 Waktu dan Tempat.....	32
3.3 Alat dan Bahan.....	32

3.4	Prosedur Penelitian.....	33
3.4.1	Preparasi Sampel.....	33
3.4.2	Uji Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode DPPH.....	33
3.4.3	Uji Kadar Total Fenol dengan Metode <i>Folin-Ciocalteu</i>	35
3.4.4	Pembuatan Kurva Kalibrasi Asam Galat dengan Reagen Fenol <i>Folin-Ciocalteu</i>	36
3.5	Analisis Data	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Aktivitas Antioksidan Cuka Apel dengan Metode DPPH	38
4.1.1	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	38
4.1.2	Pengujian Aktivitas Antioksidan Sampel Cuka Apel	39
4.2	Kadar Total Fenol Cuka Apel dengan Metode <i>Folin-Ciocalteu</i>	42
4.2.1.	Hasil Pembuatan Kurva Kalibrasi Asam Galat dengan Reagen <i>Folin-Ciocalteu</i>	43
4.2.2.	Penetapan Kadar Total Fenol dengan Metode <i>Folin-Ciocalteu</i> .	44
4.3	Kadar Total Asam Cuka Apel dengan Metode Titrasi.....	47
4.4	Pemanfaatan Cuka Apel dalam Perspektif Islam	52
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	56
5.2	Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA		58
LAMPIRAN.....		64

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Kandungan gizi apel manalagi per 100 g.....	17
2.2. Komposisi Cuka Apel	22
4.1. Hasil penelitian uji aktivitas antioksidan menggunakan DPPH pada lama fermentasi 5 hari, 7 hari dan 9 hari.....	40
4.2. Hasil penelitian uji aktivitas antioksidan menggunakan DPPH pada lama fermentasi 1 tahun, 1,5 tahun dan 20 tahun	41
4.3. Hasil pengukuran absorbansi asam galat dengan berbagai konsentrasi....	43
4.4. Hasil penelitian kadar total fenol metode <i>Folin-Ciocalteu</i> pada lama fermentasi 5 hari, 7 hari dan 9 hari	45
4.5. Hasil penelitian kadar total fenol metode <i>Folin-Ciocalteu</i> pada lama fermentasi 1 tahun, 1,5 tahun, dan 20 tahun	46
1.6. Hasil penelitian kadar total asam metode titrasi pada lama fermentasi 5 hari, 7 hari dan 9 hari	48
1.7. Hasil penelitian kadar total asam metode titrasi pada lama fermentasi 1 tahun, 1,5 tahun, dan 20 tahun	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Apel Manalagi.....	10
2.2. Morfologi Tanaman Apel.....	14
2.3. Pembentukan Asam Asetat dan Asam Laktat dalam Fermentasi	23
4.1. Panjang Gelombang Maksimum 0,4 mM	38
4.2. Persamaan regresi linier kurva kalibrasi asam galat	44

DAFTAR LAMPIRAN

1. Rancangan Penelitian	64
2. Diagram Alir	65
3. Pengujian Aktivitas Antioksidan.....	68
4. Pengujian Kadar Total Fenol	69
5. Pengujian Kadar Total Asam	71
6. Perhitungan Pembuatan Reagen dan Larutan	72
7. Dokumentasi Penelitian	73

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki peran signifikan dalam pembangunan sektor pertanian, dimana mayoritas penduduknya bermata pencaharian sebagai petani (Imama & hidayati, 2018). Malang dikenal sebagai wilayah penghasil apel di Indonesia, salah satu daerah di Malang adalah Kecamatan Poncokusumo. Kecamatan Poncokusumo berada di timur Kota Malang yang terletak di lereng Gunung Semeru dan kompleks pegunungan Bromo-Tengger. Kecamatan Poncokusumo memiliki ketinggian 1.200-1.400 meter di atas permukaan laut dengan udara sejuk kurang lebih 22°C serta memiliki tanah dari bahan vulkanik yang kaya dengan pH tanah antara 6-7 (Sellitasari dkk., 2013).

Kecamatan Poncokusumo merupakan daerah yang memiliki peluang komoditas unggulan dari subsubsektor tanaman hortikultura yaitu komoditas apel. Pada tahun 2019, Kecamatan Poncokusumo telah menyumbangkan 70,94% terhadap produksi apel di seluruh Kabupaten Malang. Produksi apel pada tahun 2015-2018 menunjukkan adanya peningkatan sebesar 35%, namun sempat mengalami penurunan pada tahun 2019 sebesar 12%. Selain itu, Kecamatan Poncokusumo telah meraih sertifikasi dari Otoritas Kompetensi Keamanan Pangan (OKKP) daerah dimana apel sebagai identitas dan ciri khas dari daerah tersebut (Salim & Susetyo, 2021).

Kecamatan Poncokusumo dibalik potensi sebagai penghasil apel mengalami penurunan luas lahan apel produktif sebesar 220 Ha yang sudah dialihfungsikan. Hal ini disebabkan oleh perubahan cuaca ekstrem dan rendahnya

harga jual buah apel di pasaran yang mengakibatkan petani mengalihfungsikan lahan apel untuk sayuran dan tanaman lain (Baladina, 2013). Selain itu, daya produksi tanaman apel mengalami penurunan karena pola budidaya petani pada masa lalu kurang memperhatikan dari segi kelestarian lingkungan dan penggunaan bahan kimia yang dapat merusak kandungan tanah (Kuntari & Madiyanto, 2019).

Buah apel merupakan salah satu produk hortikultura yang mudah rusak dan busuk, dimana daerah jangkauan penyebaran apel tidak hanya wilayah Malang melainkan ke daerah yang membutuhkan waktu cukup lama dalam pendistribusiannya (Akhadiyah, 2008). Oleh karena itu, apel yang dijual segar dirasa kurang menguntungkan bagi petani dan perlu dilakukan upaya pengolahan untuk meningkatkan nilai jual apel (Anggraini, 2017). Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan cara mengolah apel menjadi berbagai produk yang dapat meningkatkan nilai tambah terhadap hasil pertanian, seperti keripik apel, cuka apel, dan lain sebagainya (Supriyanti, 2006). Pemanfaatan buah apel menjadi cuka apel bertujuan untuk diversifikasi produk olahan dari buah apel yang dapat mempertahankan kandungan fenolik yang bermanfaat sebagai zat antioksidan. Selain itu, cuka apel merupakan produk olahan dari buah apel yang difermentasi dan mengandung senyawa antioksidan alami berupa senyawa flavonoid serta kandungan asam malat yang dapat menetralkan radikal bebas hasil proses oksidasi dan menanggulangi penyakit degeneratif (Novitasari dkk., 2019).

Masyarakat di Kecamatan Poncokusumo berinisiatif untuk mengolah buah apel menjadi cuka apel yang dikonsumsi secara pribadi tanpa diperjual-belikan apabila harga jual buah apel tidak menguntungkan dan banyak buah apel yang tersortir karena terserang penyakit bercak coklat. Pemanfaatan ini cukup efektif,

akan tetapi masyarakat disana banyak yang menyimpan cuka apel dengan masa simpan yang bertahun-tahun dan tetap mengonsumsinya. Masyarakat disana menyimpan cuka apel paling lama kurang lebih 20 tahun. Selain itu, terdapat juga masyarakat yang menyimpannya selama kurang lebih 1 tahun dan 1,5 tahun.

Allah berfirman dalam Q.S. al-Imran (3): 190-191:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ
(١٩٠) الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ
السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ (١٩١)

Artinya : “190. *Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal, 191. (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka."*

Menurut Shihab (2003), kata *ulul albab* dalam Q.S. al-Imran (3): 190 memiliki arti orang yang berakal, yang dimaksudkan yaitu orang-orang yang menggunakan pikirannya untuk mengambil manfaat dari segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah, berpikir dan memahami pemanfaatannya serta senantiasa mengingat Allah dalam setiap keadaan karena Allah tidak menciptakan segala sesuatu secara sia-sia. Selain itu, ayat di atas menjelaskan bahwa Allah menciptakan segala sesuatu di bumi memiliki pemanfaatan masing-masing. Oleh karena itu, Allah memerintahkan kepada manusia untuk berpikir dan dapat mengambil manfaat dari apa yang diciptakan oleh Allah. Salah satunya yaitu memanfaatkan buah apel dengan cara mengolahnya menjadi produk baru yang dapat meningkatkan penghasilan dan tidak dibuang secara sia-sia.

Proses pembuatan cuka apel diawali dengan pencucian buah apel, setelah itu dilakukan penghancuran dan penyaringan yang menghasilkan sari apel. Sari apel ditambahkan air dengan perbandingan 1:1. Kemudian sari apel difermentasi melalui dua tahap. Fermentasi tahap awal (alkohol) adalah perlakuan hidrolisis asam yang mengubah pati menjadi glukosa dan mengubah glukosa menjadi alkohol yang difermentasi oleh khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Kemudian fermentasi dilanjutkan dengan *Acetobacter aceti* yang mengubah alkohol menjadi asam asetat (Yasminto et al., 2019). Mikroba *Saccharomyces cerevisiae* dapat mengubah gula menjadi alkohol dibantu oleh enzim invertase dan chymase yang dihasilkan oleh mikroba tersebut yang dapat mengubah monosakarida dan disakarida. Apabila gula yang terkandung dalam substrat adalah gula disakarida, maka enzim invertase akan menghidrolisis disakarida menjadi monosakarida. Kemudian enzim chymase mengubah monosakarida tersebut menjadi alkohol dan CO₂ (Rizwan et al., 2018). Bakteri *Acetobacter* bersifat aerobik yang memperoleh energi dari oksidasi alkohol yang dapat tumbuh di media dan alkohol. Bakteri *Acetobacter* dapat mengoksidasi alkohol dan karbohidrat lainnya menjadi asam asetat (Yeni et al., 2011).

Pada proses fermentasi akhir mikroba banyak tumbuh dan aktif membelah diri sehingga jumlahnya semakin meningkat. Semakin lama waktu fermentasi mikroba akan semakin aktif untuk mengubah alkohol menjadi asam asetat sehingga tingkat keasaman yang terkandung semakin tinggi. Sebelum fermentasi, sari apel akan tampak lebih kental dan keruh, namun setelah proses fermentasi sari apel akan menjadi encer, bening dan berbau asam. Alkohol apabila kontak langsung dengan udara dan didiamkan beberapa waktu maka akan berubah menjadi asam, karena bakteri yang berperan bersifat aerob. Bakteri aerob mendapatkan energi untuk

menghasilkan karbondioksida dan air dari penggunaan glukosa atau zat organik sebagai substratnya. Tahap awal oksidasi alkohol akan menghasilkan asetaldehid dan selanjutnya menjadi asam cuka atau asam asetat (Leasa & Matdoan, 2015).

Menurut Leasa & Matdoan (2015), cuka aren memiliki kandungan asam asetat yang berfungsi untuk menghambat pertumbuhan bakteri pembentuk spora penyebab keracunan makanan serta dapat mencegah kapang penghasil mikotoksin. Faktor yang dapat memengaruhi fermentasi asam asetat adalah kadar alkohol dan lama fermentasi. Lama fermentasi akan memengaruhi kandungan dari cuka aren. Waktu fermentasi dengan rentang waktu 1-5 hari akan menghasilkan cuka aren yang mengandung asam asetat yang sedikit karena substrat tidak terdegradasi secara keseluruhan, sedangkan waktu fermentasi dengan rentang waktu 7-9 hari akan menghasilkan cuka aren yang mengandung asam asetat yang banyak karena substrat terdegradasi secara keseluruhan dan lama penyimpanan tersebut akan menyebabkan asam asetat teroksidasi menjadi karbondioksida dan air. Oksidasi terjadi karena jumlah substrat tidak mencukupi sehingga mikroba mencari substrat lain sebagai energi dengan mengoksidasi asam asetat.

Antioksidan merupakan senyawa yang terkandung dalam cuka apel yang berfungsi untuk melindungi produk pangan dari kerusakan karena reaksi oksidasi lemak atau minyak. Senyawa ini terdapat secara alami di berbagai bahan pangan (Andarwulan, 1995). Metode yang digunakan untuk analisis aktivitas antioksidan yaitu metode DPPH (1,1 Difenill-2-pikrilhidrazil) (Jaya dkk., 2012). Tingkat aktivitas antioksidan dapat ditentukan oleh presentase hambatan (*Precentation Inhibition/PI*) radikal bebas DPPH. Semakin tinggi presentase nilai PI maka semakin tinggi aktivitas antioksidan yang terkandung. Begitupun sebaliknya,

semakin rendah presentase nilai PI maka semakin rendah aktivitas antioksidannya (Dwiputri, 2018).

Senyawa fenolik merupakan senyawa yang berperan dalam proses pencoklatan pada buah apel (Wildman, 2001). Semakin lama waktu fermentasi maka semakin banyak fenolik bebas yang dihasilkan. Semakin tinggi kadar fenolik maka semakin tinggi aktivitas antioksidan (Suhardini & Zubaidah, 2016). Penetapan kadar total fenol dilakukan dengan mengukur absorbansi hasil reagen *Folin-Ciocalteu* dengan sampel, setelah itu dianalisis menggunakan persamaan regresi linier dari kurva kalibrasi asam galat (Hardoko dkk., 2019).

Cuka apel mengandung asam asetat yang dapat membantu membunuh bakteri serta jamur yang terdapat di saluran pencernaan sehingga proses pencernaan lebih optimal (Soeharsono, 2010). Lama fermentasi yang dilakukan dapat memengaruhi nilai total asam asetat, dimana semakin lama waktu fermentasi maka semakin meningkat nilai total asam yang terkandung. Analisis kadar total asam dapat dilakukan dengan metode titrasi dengan larutan NaOH (Januaresti dkk., 2016).

Lama fermentasi akan mengakibatkan komponen yang terkandung di dalam cuka berubah. Komponen yang bisa berubah antara lain asam asetat, antioksidan, dan total fenol. Menurut Hardoko dkk. (2019), Asam asetat, fenol dan antioksidan yang terkandung pada saat fermentasi hari ke-1 sampai hari ke-5 akan meningkat dan akan mencapai puncak pada hari ke-7 setelah itu akan mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan kandungan senyawa fenolik, asam organik dan konsentrasi gula serta kemampuan bakteri dalam mengubah substrat menjadi produk. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pada lama fermentasi hari ke-5, hari ke-7, dan hari

ke-9 serta dilakukan penelitian cuka apel dengan lama penyimpanan kurang lebih 20 tahun, 1,5 tahun, dan 1 tahun yang diperoleh dari masyarakat Kecamatan Poncokusumo.

Berdasarkan referensi diatas, maka dilakukan penelitian yang berjudul Analisis Kandungan Cuka Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.) dengan Lama Fermentasi Berbeda

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana aktivitas antioksidan cuka apel dengan lama fermentasi yang berbeda berdasarkan metode DPPH?
2. Bagaimana kadar total fenol cuka apel dengan lama fermentasi berbeda berdasarkan metode *Folin-Ciocalteu*?
3. Bagaimana kadar total asam cuka apel dengan lama fermentasi yang berbeda berdasarkan metode titrasi?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui aktivitas antioksidan cuka apel dengan lama fermentasi yang berbeda berdasarkan metode DPPH.
2. Untuk mengetahui kadar total fenol cuka apel dengan lama fermentasi yang berbeda berdasarkan metode *Folin-Ciocalteu*.
3. Untuk mengetahui kadar total asam cuka apel dengan lama fermentasi yang berbeda berdasarkan metode titrasi.

1.4. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini yaitu:

1. Terdapat aktivitas antioksidan pada cuka apel dengan lama fermentasi yang berbeda berdasarkan metode DPPH.
2. Terdapat kadar total fenol cuka apel dengan lama fermentasi yang berbeda berdasarkan uji fenol.
3. Terdapat kadar total asam cuka apel dengan lama fermentasi yang berbeda berdasarkan uji total asam.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Secara teoritis penelitian ini dapat memberikan informasi ilmiah mengenai aktivitas antioksidan serta karakteristik yang terkandung di dalam cuka apel dengan lama fermentasi yang berbeda.
2. Secara aplikasi penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai pengobatan alternatif dari berbagai penyakit, diantaranya menjaga daya tahan tubuh, mencegah kolesterol, menurunkan berat badan, dan penyakit lainnya.

1.6. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Fermentor yang digunakan dalam pembuatan cuka apel adalah fermentor instan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Acetobacter aceti* yang diproduksi oleh PT Tamba Sanji Wani, Tabanan-Bali.
2. Cuka usia 20 tahun, 1,5 tahun, dan 1 tahun didapat dari masyarakat sekitar Desa Poncokusumo.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.)

2.1.1. Klasifikasi Tanaman Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.)

Tanaman Apel dapat tumbuh pada kondisi subtropis dengan iklim 4 musim, namun juga dapat tumbuh di Indonesia. Menurut penelitian yang dilakukan di kawasan Malang Raya, tanaman apel dengan produksi buah yang tinggi dapat tumbuh pada ketinggian 800-1200 mdpl. Curah hujan yang ideal untuk tanaman apel adalah 1000-2600 mm/tahun, dengan 6-7 bulan basah dan 3-4 bulan kering (Baskara, 2010).

Natural Resource and Conservation Service, United Department of Agricultural (USDA) mendefinisikan kedudukan taksonomi tanaman apel menurut Anggita (2017) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Sub kingdom : Tracheobionta
Divisi : Spermatophyta
Sub divisi : Angiospermae
Class : Magnoliophyta
Sub class : Rosidae
Ordo : Rosales
Famili : Rosaceae
Genus : *Malus*
Spesies : *Malus sylvestris* Mill.

Apel manalagi memiliki rasa manis dan harum. Bentuk buah dari apel manalagi ini bulat dengan kulit berpori berwarna putih. Kulit buah berwarna hijau kekuningan saat dibungkus, namun tetap hijau jika dibiarkan terbuka. Apel manalagi memiliki diameter 5 hingga 7 cm dengan berat 75 hingga 100 gram/buah (Gambar 2.1) (Dohitra *et al.*, 2015). Apel manalagi memiliki produksi rata-rata tiap pohon sekitar 75 kg permusim dan dapat dipanen pada umur kurang lebih 114 hari setelah bunga mekar (Hikmatyar, 2017).



Gambar 2.1. Apel Manalagi (Prajatama dkk., 2019)

Buah apel diciptakan oleh Allah memiliki bermacam-macam rasa, bentuk, aroma dan tentunya dapat dimakan serta dapat diperjual belikan untuk memenuhi kebutuhan. Selain itu, tumbuhan apel juga memiliki bentuk pohon yang berkayu. Hal ini dijelaskan dalam Q.S. al-Anam (6): 141:

﴿وَهُوَ الَّذِي أَنْشَأَ جَنَّاتٍ مَّعْرُوشَاتٍ وَغَيْرَ مَعْرُوشَاتٍ وَالنَّخْلَ وَالزَّرْعَ مُخْتَلِفًا أُكْلُهُ
وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُتَشَابِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ كُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَآتُوا حَقَّهُ يَوْمَ حَصَادِهِ
وَلَا تُسْرِفُوا إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ (١٤١)﴾

Artinya :” Dan Dialah yang menjadikan kebun-kebun yang berjunjung dan yang tidak berjunjung, pohon korma, tanam-tanaman yang bermacam-macam buahnya, zaitun dan delima yang serupa (bentuk dan warnanya) dan tidak sama (rasanya).

Makanlah dari buahnya (yang bermacam-macam itu) bila dia berbuah, dan tunaikanlah haknya di hari memetik hasilnya (dengan disedekahkan kepada fakir miskin); dan janganlah kamu berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang yang berlebih-lebihan.”

Menurut Shihab (2003) Q.S. al-Anam (6): 141 adalah menggambarkan betapa besar nikmat yang diberikan oleh Allah, salah satu adalah buah zaitun. Terdapat persamaan dan perbedaan antara buah zaitun dan buah delima. Aspek yang diperhatikan oleh Shihab dalam ayat ini meliputi bentuk, warna dan rasa. Dan Allah juga menciptakan buah-buahan yang menyerupai zaitun dan delima seperti bentuk dan warna, tetapi tidak sama dalam hal rasa. Salah satu buah yang menyerupai zaitun dan delima adalah buah apel. Buah apel dapat dimakan dan dimanfaatkan menjadi beberapa produk olahan.

2.1.2. Daerah Asal dan Penyebaran Tanaman Apel (*Malus sylvestris* Mill.)

Apel (*Malus sylvestris* Mill) merupakan tanaman tahunan subtropis (Untung, 1994), telah ditemukan di Indonesia sejak tahun 1934 dan dapat menghasilkan buah yang baik (Soelarso, 1997). Tanaman apel adalah tumbuhan yang dibudidayakan oleh petani. Tanaman apel ditemukan oleh Iskadnar Agung pada 300 SM berupa tanaman apel kerdil di Asia. Apel dipanen pada akhir musim gugur dan disimpan pada suhu beku, apel ini biasa disebut dengan apel musim dingin, yang telah lama menjadi makanan pokok di Asia, Argentina, Amerika Serikat, dan Eropa (Kurniawan, 2014).

Tanaman apel dapat tumbuh subur di daerah yang bersuhu dingin atau sejuk. Di Eropa tanaman apel dibudidayakan di daerah subtropis bagian utara, sedangkan di Indonesia daerah penghasil buah apel lokal berasal dari Malang yang biasa disebut dengan apel Malang. Selain dari Malang, apel lokal juga dapat tumbuh di daerah Gunung Pangrango, Jawa Barat. Tanaman apel dapat hidup dan tumbuh

dengan baik di Indonesia apabila tumbuh pada ketinggian sekitar 700 sampai 1200 meter di atas permukaan laut (Sufrida, 2006).

Daerah penghasil apel terbesar di Indonesia adalah Kabupaten Malang (Batu dan Poncokusumo) dan Pasuruan (Nongkojajar). Tanaman apel pertama kali dibudidayakan di daerah ini pada 1950-an. Di Indonesia, tanaman apel telah berkembang sejak diperkenalkannya teknik budidaya apel yaitu teknik perompesan daun dan pelengkungan cabang atau ranting. Teknik ini berfungsi agar tanaman dapat berbuah sesuai kemauan dan sebagai pengganti suhu rendah dimana hal tersebut merupakan syarat utama pemecahan masa dormansi di daerah iklim sedang. Faktor teknis dan ekonomi yang menguntungkan telah meningkatkan komoditas apel di Indonesia. Oleh karena itu, komoditas apel Jawa Timur tumbuh pesat dari tahun 1984 hingga 1988. Pada tahun 1984, 7.303.327 tanaman apel tumbuh, dan pada tahun 1988, tanaman apel berkembang menjadi 9.046.276. Artinya komoditas apel Jawa Timur mengalami peningkatan rata-rata 4,07% setiap tahunnya. Di sisi lain, produksinya juga meningkat mencapai 17,50% per tahun (Soelarso, 1997).

2.1.3. Morfologi Tanaman Apel (*Malus sylvestris* Mill.)

Spesies *Malus sylvestris* Mill memiliki beberapa varietas dan umumnya tidak berbeda secara morfologi (Soelarso, 1997). Tanaman apel termasuk dalam kategori pohon kecil karena tingginya antara 3 sampai 12 meter. Setiap pohon apel dapat menghasilkan 7,5 kg buah per musim. Apel memiliki aroma yang harum (Hamidah, 2016). Kulitnya jarang berpori, rasanya manis dan tidak asam walaupun belum matang, memiliki daging buah berwarna putih, sedikit berair, dan memiliki

tekstur yang sedikit kenyal, memiliki biji pendek, bulat dan berwarna coklat tua. Rata-rata produksi buah per pohon sekitar 75 kg per musim (Sufrida, 2006).

Tanaman apel ada yang muncul dari biji dan bibit yang membentuk akar tunggang. Artinya, akar yang tumbuh lurus atau tegak lurus dengan tanah. Akar tunggang bertindak sebagai penguat tanaman, menembus lapisan tanah yang keras dan menarik air dan nutrisi ke dalam tanah. Kesuburan tanah dan sifat tanah sebagai media tanam sangat berpengaruh terhadap seberapa dalam dan lebar akar menyebar. Pada tanah tandus, akar menjulur jauh ke dalam tanah untuk mencari makanan. Pada tanaman apel yang berasal dari stek dan pucuk akar, serat akar dan akar cabang tumbuh cukup baik sehingga tidak memiliki akar tunggang, akibatnya batangnya kurang kuat dan rentan terhadap kekurangan air dan nutrisi (Soelarso, 1997).

Tanaman apel memiliki batang yang keras dan cukup kuat. Cabang-cabangnya akan tumbuh lurus dan tanpa ranting jika dibiarkan atau tidak dipangkas. Tanaman apel juga memiliki kulit batang yang tebal (Soelarso, 1997). Daun apel diklasifikasikan menjadi enam kategori: lonjong, elips jalanan, elips sempit, runcing, runcing lebar, dan runcing sempit. Daun apel memiliki permukaan yang rata atau sedikit bergelombang. Terdapat sisi daun yang melipat kebawah dan ada juga sisi daun yang melipat keatas. Daun apel biasanya ditutupi oleh bulu-bulu halus dibagian bawah daun apel (Untung, 1994).

Bunga apel bertangkai pendek, menghadap keatas, dan bertandan dengan setiap tandannya berisi 7 sampai 9 bunga. Penyerbukan silang terjadi pada bunga apel. Faktor yang mempengaruhi pembungaan bunga apel, yaitu suhu, pada kultivar yang berbeda memberikan respons suhu secara berbeda. Pada suhu antara 12°C sampai 18°C merupakan suhu yang optimal untuk pembungaan (Soelarso, 1997).

Buah apel dibagi menjadi 15 bagian dari kulit sampai biji. Setiap jenis memiliki 15 bagian tersebut dengan bagian-bagian yang berbeda. Tetapi, perbedaan yang terlihat hanya di beberapa bagian saja seperti bentuk buah, warna kulit, benang sari, biji, dan lekukan pada buah. Terdapat delapan bentuk buah apel yaitu, flat, flat-round, round, round-conical, conical, long conical, oblong dan oblong-conical. Iklim dan tanah tempat tanaman ini tumbuh merupakan faktor yang mempengaruhi bentuk buah. Bentuk bijinya juga berbeda. Ada yang berbentuk lonjong ujung runcing, berujung tumpul, dan bentuk pertengahan. Warna buah tergantung pada varietasnya ada yang merah-hijau, kuning-hijau, kuning-kekuningan, hijau dengan bintik-bintik dan semacamnya (Untung, 1994).



Gambar 2.2 Morfologi Tanaman Apel (a) tanaman apel (Tardío *et al.*, 2021), (b) batang, (c) daun, (d) buah apel, (e) bunga (Dokumen Pribadi)

2.1.4. Kandungan Buah Apel (*Malus sylvestris* Mill.)

Buah apel memiliki kandungan berbagai macam senyawa kimia yang berguna sebagai penghambat pertumbuhan bakteri, terutama untuk mencegah infeksi bakteri pada saluran pencernaan. Senyawa kimia tersebut diantaranya

senyawa tanin, senyawa flavonoid (disebut quercetin dalam apel), senyawa pektin, dan vitamin C. (Sufrida, 2006).

Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.) merupakan salah satu dari 4.444 varietas apel yang ditanam di Indonesia dan dikenal luas oleh masyarakat. Kandungan dalam apel manalagi yang diduga dapat menurunkan kadar kolesterol darah adalah pektin, flavonoid, tanin, dan vitamin C (Dalmartha & Adrian, 2013). Menurut Sa'adah & Estiasih (2015), nilai gizi apel manalagi per 100 gram ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kandungan gizi apel manalagi per 100 g

No	Kandungan gizi	Jumlah
1	Total gula	8,29 g
2	Kadar asam	0,32 g
3	Glukosa	3,72 g
4	Fruktosa	4,5 g
5	Sukrosa	4,54 g
6	Gula/asam	42,56 g
7	pH	4,62
8	Vitamin C	6,60 mg
9	Gula pereduksi	6,96 g
10	Aktivitas antioksidan	6,53 g
11	Total padatan terlarut	17,10 ^o Brix

Sumber (Sa'adah & Estiasih, 2015)

Menurut peneliti, senyawa tanin merupakan salah satu senyawa yang diperlukan untuk proses metabolisme tanaman. Meskipun senyawa tanin tidak digunakan sebagai fungsi utama metabolisme seperti biosintesis atau biodegradasi, senyawa tanin memiliki berbagai aktivitas biologis yang bermacam-macam, beberapa dapat bersifat toksik dan beberapa dapat mirip hormon serta ada

kemungkinan yang berfungsi sebagai pelindung dari hewan herbivora atau umumnya sebagai pelindung tanaman dari penyakit (Hagerman, 2002).

Nama lain tanin adalah asam tanat dan asam galotanat. Asam tanat dan asam galotanat ada yang tidak berwarna dan ada yang berwarna kuning atau coklat. Asam tanat memiliki berat molekul sebesar 1,701. Sembilan molekul asam galat dan glukosa merupakan unsur yang menyebabkan terbentuknya senyawa tanin (Harborne, 1999). Istilah tanin sendiri berasal dari kata Celtic kuno yang berarti tanaman oak. Tanaman oak merupakan salah satu sumber tanin yang dapat digunakan dalam produksi kulit (Hagerman, 2002).

Tanaman apel umumnya mengandung senyawa tanin dengan konsentrasi tinggi. Berat molekul tanin berkisar antara 500 hingga 3000. Tanin merupakan senyawa fenolik yang larut dalam air. Tanin umumnya bereaksi dengan gugus fenolik yang dapat mengganggu sintesis RNA dan mendenaturasi protein (Hagerman, 2002). Tanin merupakan senyawa metabolit sekunder aktif yang memiliki banyak khasiat antara lain antidiare, astringen, antioksidan dan antibakteri. Senyawa tanin merupakan salah satu komponen zat organik yang sangat kompleks, tersusun dari senyawa fenolik yang sulit dipisahkan dan sulit mengkristal, mengendapkan protein dari larutan dan berikatan dengan protein tersebut (Desmiaty *et al.*, 2008). Tanin dibagi menjadi dua kelompok, yang pertama adalah tanin terhidrolisis dan yang kedua adalah tanin terkondensasi. Tanin memiliki peran biologis yang cukup kompleks, mulai dari pengendap protein hingga pengkhelet logam. Tanin juga dapat berfungsi sebagai antioksidan biologis (Hagerman, 2002).

Senyawa flavonoid merupakan golongan senyawa yang bersifat toksik atau allopathic. Senyawa ini merupakan senyawa yang terdapat pada glukosida yang terdiri dari gula yang terikat pada senyawa flavon. Senyawa ini berbasis fenolik yang dapat bertindak sebagai agen antibakteri dengan mendenaturasi protein sel bakteri (Hernani & Rahardjo, 2005). Salah satu penelitian menemukan bahwa apel kaya akan fitokimia dan flavonoid. Di Amerika Serikat, *National Cancer Institute* menemukan bahwa apel mengandung senyawa flavonoid paling banyak dibandingkan dengan buah-buahan lainnya. Selain itu, senyawa flavonoid juga dapat melindungi tubuh dari pengaruh radikal bebas dan polusi lingkungan (Sufrida, 2006). Flavonoid merupakan penyusun khas tumbuhan hijau, senyawa ini terdapat pada hampir setiap bagian tumbuhan, meliputi akar, daun, serbuk sari, kulit, bunga, biji, dan buah. Banyak peneliti mengungkapkan bahwa apel mengandung senyawa flavonoid paling banyak dibandingkan dengan buah-buahan lainnya (Syamsuhidayat & Hutapea, 1992).

Senyawa pektin juga terdapat pada buah apel. Pektin merupakan senyawa polisakarida larut dalam air yang memiliki sifat antibakteri dan timbulnya luka (Hernani & Rahardjo, 2005). Pektin juga dikenal sebagai sebagai antikolesterol karena dapat mengikat asam empedu yang merupakan hasil metabolisme kolesterol dan dikeluarkan dari tubuh sehingga dapat menurunkan jumlah kolesterol. Selain itu, pektin juga memiliki beberapa fungsi penting yaitu menyerap kelebihan air di usus, melunakkan tinja, serta mengikat dan menghilangkan racun yang ada di dalam usus (Sufrida, 2006).

Vitamin C adalah antioksidan paling efektif dalam memblokir atau menghambat kerusakan akibat radikal bebas. Vitamin C bekerja pada komponen air

seperti dalam sitoplasma. Vitamin C banyak ditemukan pada sayuran dan buah-buahan, termasuk brokoli, tomat, jeruk, apel, pepaya, dan mangga. Buah apel mengandung vitamin C yang merupakan antioksidan dan vitamin C berperan dalam meningkatkan sistem kekebalan tubuh. Sari buah apel segar yang tidak teroksidasi sangat bermanfaat untuk dikonsumsi untuk melawan berbagai serangan virus. Vitamin C memiliki aktivitas antioksidan sekitar 4,7 atau setara dengan 1000 mg apel mentah (Hemila, 1994). Apel memiliki aktivitas antioksidan yang setara dengan 1500 mg vitamin C (Hernani & Rahardjo, 2005).

2.1.5. Manfaat Buah Apel (*Malus sylvestris* Mill.)

Apel mengandung serat, flavonoids, dan fruktosa. Dalam 100 gram apel terdapat 2,1 gram serat. Kontribusi satu buah apel lebih dari 10% total kebutuhan serat sehari. Apabila kulit apel dikupas, kandungan serat apel yaitu 9,1 gram. Serat apel mampu menurunkan kadar kolesterol darah dan resiko penyakit jantung koroner. Serat dalam buah apel bermanfaat untuk mengikat kolesterol jahat penyumbat pembuluh darah (*Low Density Lipoprotein/LDL*) dalam saluran cerna dan kemudian menyingkirkannya dari tubuh. Sementara itu serat yang larut pada buah apel bermanfaat untuk mengurangi produksi LDL didalam hati (Sufrida, 2006).

Manfaat buah apel yaitu dapat menurunkan kolesterol, menstabilkan gula darah, menurunkan tekanan darah, membunuh virus, mengurangi nafsu makan, meningkatkan HDL, menjaga kesehatan syaraf, melancarkan pencernaan, sebaagai obat jantung dan antikanker. Selain banyaknya senyawa dan nutrisi yang terkandung dalam buah apel, apel dapat mencegah penyakit yang terletak pada kandungan senyawa karoten dan pektin, yang disebut sebagai serat yang terlarut

dalam air. Senyawa karoten juga bertindak sebagai vitamin A dan antioksidan yang dapat bermanfaat untuk mencegah serangan radikal bebas yang menyebabkan berbagai penyakit degeneratif (Hembing, 1992).

Manfaat lain dari buah apel adalah buah apel mempunyai kadar quercetin yang cukup tinggi. Tingginya kadar quercetin ini dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dalam darah. Hal ini dapat mengurangi kadar kolesterol yang dapat merusak aliran darah dalam tubuh. Selain itu tingginya quercetin membuat orang yang mengkonsumsinya beresiko lebih rendah untuk mengalami gagal jantung dan stroke. Kandungan quercetin dapat menghambat jenis kanker tertentu. Buah apel juga kaya akan flavonoid dan quercetin yang dapat mencegah terjadinya kerusakan pembuluh darah yang disebabkan tembakau (Sufrida, 2006).

2.2 Cuka

2.2.1 Deskripsi

Cuka buah merupakan salah satu olahan makanan fermentasi yang dapat digunakan sebagai pengawet. Hal ini karena asam asetat dalam cuka buah memiliki sifat antibakteri. Cuka buah dibuat dari sari buah yang dihasilkan oleh aktivitas mikroba di dalam jaringan karbohidrat selama proses pendiaman atau disebut proses fermentasi. Buah-buahan yang dapat dijadikan cuka yaitu buah apel, pisang, anggur, dan buah-buahan lain yang mengandung alkohol dan gula (Orey, 2008). Cuka buah juga dapat digunakan sebagai pangan fungsional. Hal ini dikarenakan makanan fungsional memiliki lebih dari satu fungsi utama. Fungsi cuka buah antara lain untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia seperti karbohidrat, lemak, protein, mineral dan vitamin. Cuka buah merupakan salah satu makanan yang dapat diterima oleh indrawi manusia, memiliki tampilan dan rasa yang enak serta

menyehatkan. Selain itu, cuka buah dapat mencegah atau meminimalkan terjangkitnya penyakit dengan memanfaatkan senyawa yang terkandung dalam cuka (Nugraheni, 2011).

Cuka dibuat dari hampir semua sumber karbohidrat yang difermentasi, termasuk anggur, sirup gula, sorgum, apel, pir, melon, kelapa, bir, madu dan lainnya. Cuka apel merupakan produk olahan yang dibuat melalui dua proses fermentasi yaitu pertama fermentasi alkohol yang mengubah glukosa menjadi etanol. Etanol diproduksi oleh aktivitas mikroorganisme, biasanya oleh khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Kedua fermentasi asetat, pada fermentasi ini etanol dioksidasi menjadi asam asetat oleh mikroorganisme dari genus *Acetobacter*. Kedua jenis fermentasi ini sangat berbeda dan bagian pertama atau pada fermentasi alkohol harus diselesaikan sebelum tahap berikutnya (Nugraheni, 2011).

2.2.2 Karakteristik Cuka Berdasarkan Lama Fermentasi

Peneliti terdahulu mengungkapkan bahwa terjadi peningkatan kadar asam cuka pada setiap perlakuan berdasarkan lama fermentasi yang berbeda. Fermentasi yang singkat akan menghasilkan kadar asam yang rendah, apabila fermentasi semakin lama maka kadar asam yang terkandung semakin meningkat. Hal ini dikarenakan pada fase tersebut mikroba banyak tumbuh dan membelah diri sehingga jumlahnya meningkat seiring bertambahnya lama fermentasi. Sebelum pembuatan cuka bahan baku tampak sedikit lebih kental akan tetapi setelah mengalami proses fermentasi bentuknya akan menjadi encer dan berbau masam. Apabila proses fermentasi dibiarkan dan berlangsung secara terus menerus maka akan terbentuk asam cuka yang rasanya asam (Leasa & Matdoan, 2015).

Secara mikrobiologis, apabila alkohol kontak langsung dengan udara dan dibiarkan beberapa waktu akan berubah menjadi asam. Asam cuka dihasilkan oleh bakteri *Acetobacter acetii*. Bakteri tersebut bersifat aerob karena untuk mendapatkan energi, mikroba menggunakan glukosa atau zat organik lainnya sebagai substrat untuk dioksidasi menjadi karbondioksida dan air. Tahap awal dari oksidasi alkohol menghasilkan asetatdehid sedangkan pada tahap selanjutnya menjadi asam cuka atau asam asetat (Leasa & Matdoan, 2015). Kadar asam pada cuka minimal 4%. Rendahnya kadar asam asetat yang dihasilkan disebabkan fermentasi aerob dan waktu fermentasi belum mencukupi untuk mendegradasi semua bahan. Penurunan kadar asam asetat terjadi dikarenakan asam asetat telah teroksidasi oleh oksigen dari udara menjadi CO₂ dan air (Ester dkk., 2021).

2.2.3 Cuka Apel

Cuka apel adalah sari buah apel yang difermentasi oleh khamir dan bakteri asam asetat (*Acetobacter*). Sari apel diperoleh sebagai substrat untuk fermentasi alkohol kemudian diolah menjadi cuka sari apel (Atro & Nurmiati, 2015). Pada tahap pertama proses fermentasi, mikroorganisme khamir memecah gula pada apel menjadi etil alkohol (etanol), pada tahap selanjutnya etil alkohol dirubah menjadi asam asetat dan akan menjadi cuka apel oleh bakteri asam asetat (*Acetobacter*) (Sulaiman *et al.*, 2015).

Cuka apel dapat dibuat sendiri di rumah tanpa alat dan bahan kimia yang sulit didapatkan karena proses fermentasi apel dapat terjadi secara alami melalui ragi dan bakteri yang terdapat di permukaan apel. Namun kualitas dan kandungan produk akhir fermentasi berbeda-beda, karena proses fermentasinya tidak terstandar dan tidak melewati proses pasteurisasi. Terdapat teknik lain untuk membuat cuka

sari apel, antara lain proses *Orleans* (tradisional), proses generator (*quick process*), submerged-culture dan maserasi, akan tetapi teknik fermentasi dua tahap merupakan teknik yang paling umum digunakan (Morgan & Mosawy, 2017).

Tabel 2.2 Komposisi Cuka Apel

	Senyawa	Jumlah
1	Massa Jenis	1,013-1,024
2	Total asam asetat (% w/v)	3,3-9
3	Non volatil asam amalat (% w/v)	0,03-0,4
4	Total padatan (% w/v)	0,3-0,5
5	Kadar abu (ml dari 0,01 M asam per ml cuka apel)	2,2-5,6
6	Padatan non gula (% w/v)	1,2-2,9
7	Total gula (% w/v)	0,15-0,7
8	Alkohol (% w/v)	0,03-2,0
9	Protein ^a (%)	0,03
10	Polyphenol ^b (%)	0,02-0,1
11	Phospat dalam P ₂ O ₅ (%)	0,02-0,3
12	Gliserol (% w/v)	0,23-0,46
13	Sorbitol (% w/v)	0,11-0,64

Keterangan

^aN x 6,25

^bDiestimasi dengan menggunakan Reagen *Folin-Ciocalteu*

Sumber (Karim, 2011)

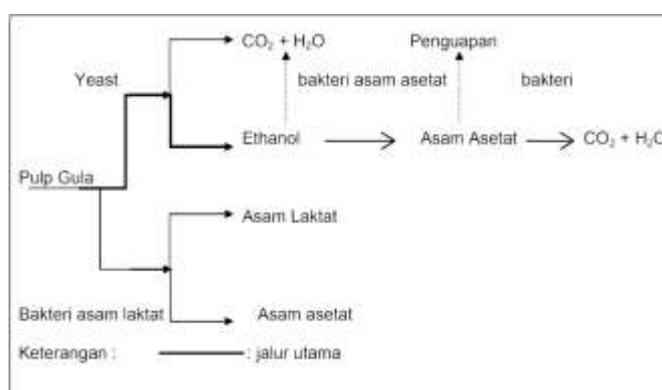
Peneliti menemukan bahwa cuka apel mengandung 90 zat berbeda, termasuk 13 jenis asam karbol, 20 jenis keton, 4 jenis aldehida, 8 jenis etil asetat, 18 jenis alkohol, polifenol, asam asetat, asam propionat, asam laktat, asam amino, asam malat, enzim, tanin, flavonoid, serat berupa potasium dan pektin. Cuka sari apel juga mengandung mineral seperti kalium, kalsium, magnesium, fosfor, klorin, natrium, belerang, tembaga, besi, silikon, fluor dan vitamin yang terdiri dari vitamin C, vitamin E, vitamin A, vitamin B1, vitamin B2, vitamin B6, provitamin beta-karoten. Cuka sari apel memiliki manfaat seperti menjaga kesehatan jantung,

menurunkan berat badan, efek antijamur dan antibakteri, mengurangi kekurangan kalium dalam tubuh, bertindak sebagai antioksidan dan menjaga tingkat pH yang seimbang dalam tubuh. Efek antijamur cuka sari apel disebabkan oleh adanya asam asetat, flavonoid dan tanin (Akanksha & Sunita, 2017).

Cuka apel merupakan hasil fermentasi asam asetat dan alkohol dari buah apel. Kandungan cuka apel tidak jauh berbeda dengan kandungan buah apel segar (Tabel 2.2). Asam asetat merupakan komposisi kimia yang paling mendominasi dalam cuka apel. Produk cuka apel harus mengandung minimal 4% asam asetat. Terdapat beberapa senyawa yang berbeda dalam setiap asam cuka yang disebabkan oleh adanya perbedaan bahan baku apel dan perlakuannya (Johnston & Gaas, 2006).

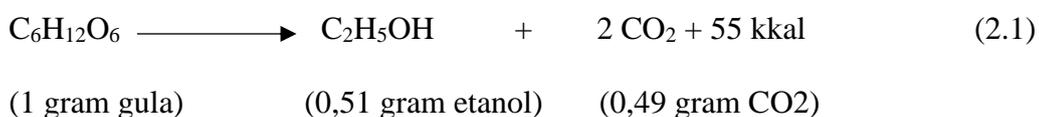
2.3 Fermentasi

Fermentasi adalah suatu proses perubahan kimia pada suatu substrat organik melalui aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme (Suprihatin, 2010). Proses fermentasi membutuhkan starter seperti mikroba yang ditumbuhkan pada suatu substrat. Starter adalah populasi mikroba dalam jumlah dan kondisi fisiologis yang siap diinokulasikan ke dalam media fermentasi (Prabowo, 2011).



Gambar 2.3 Pembentukan Asam Asetat dan Asam Laktat dalam Fermentasi (Suharyanto & Mulato, 2008)

Cuka apel diproses melalui pengekstrakan sari buah apel sebagai substrat fermentasi alkohol. Fermentasi cuka apel terdiri dari dua tahap Gambar 2.3, fermentasi pertama yaitu fermentasi alkohol dimana mikroorganismenya yang digunakan adalah khamir yang akan bekerja dalam kondisi aerobik. Mikroorganismenya ini merombak glukosa dalam sari buah dan mengubahnya menjadi alkohol dan karbondioksida dan lamanya fermentasi tergantung oleh jenis khamir, kadar gula awal dan kadar alkohol akhir yang digunakan. Kadar alkohol memengaruhi jalannya proses fermentasi selanjutnya (Atro *et al.*, 2015). Fermentasi ini menghasilkan 92 gram etanol dan 80 gram CO₂ dan energi (ATP) untuk setiap 180 gram glukosa, secara teoritis menerima sekitar 0,51 gram etanol dan 0,49 gram CO₂ untuk setiap 1 gram glukosa. Berikut reaksi kimia yang terjadi pada fermentasi alkohol :



Suhu maksimum sel mikroorganismenya secara efisiensi untuk produksi etanol selama proses fermentasi adalah 28 sampai 35 °C dengan pH 3,3 sampai 6. Namun, bisa juga dilakukan pada tahap fermentasi ini tanpa mempertimbangkan pengaturan suhu (Karim, 2011).

Proses selanjutnya adalah fermentasi asam asetat, mikroorganismenya yang digunakan adalah *Acetobacter* dan *Aspergillus aceti*. Mikroorganismenya ini mengoksidasi alkohol yang dihasilkan selama fermentasi awal menjadi asam asetat dan air. Proses fermentasi asam asetat berbeda dengan proses fermentasi alkohol yang berlangsung dalam kondisi anaerob. Untuk pertumbuhan dan aktivitas

mikroorganisme fermentasi asam asetat ini dilakukan dalam kondisi aerob. Proses fermentasi asam asetat dapat digambarkan dengan reaksi berikut:



(Karim, 2011)

2.4 Aktivitas Antioksidan

Antioksidan adalah senyawa penyumbang elektron yang memiliki berat molekul kecil tetapi dapat menonaktifkan dan mencegah atau menghambat oksidasi terkait radikal bebas. Tubuh manusia secara alami dapat menghasilkan antioksidan, namun jika jumlah radikal bebas meningkat atau melebihi batas kapasitas perlindungan normal tubuh, antioksidan tubuh sendiri tidak akan mampu mengikat radikal bebas berlebih dan akhirnya stres oksidatif terjadi (Winarsi, 2007).

Mekanisme antioksidan untuk mencegah atau menghambat oksidasi radikal bebas yaitu dengan menyumbangkan pasangan elektron. Reaksi oksidasi diartikan sebagai reaksi kimia yang melepaskan elektron dari suatu zat ke zat pengoksidasi, reaksi ini dapat membentuk radikal bebas dan memulai reaksi berantai yang dapat membahayakan sel-sel tubuh. Antioksidan bertindak sebagai pertahanan tubuh terhadap radikal bebas, beberapa di antaranya secara alami ada di dalam tubuh. Antioksidan yang terbentuk secara alami di dalam tubuh antara lain Glutathione Peroxidase (GPx), Superoxide Dismutase (SOD), Glutathione-Stransferase (GST), dan katalase (CAT). Namun, apabila efek pembentukan radikal bebas terus meningkat karena faktor eksternal, pertahanan tubuh akan menjadi kurang efektif dan juga membutuhkan pasokan antioksidan dari luar. Antioksidan dengan sifat nonesensial seperti β -karoten, α -tokoferol, flavonoid dan vitamin C dapat diperoleh dari berbagai sayuran dan buah-buahan (Widowati *et al.*, 2005).

Pada dasarnya, antioksidan berperan mencegah reaksi berantai senyawa radikal bebas melalui mekanisme penangkapan radikal bebas dengan cara mendonorkan elektron agar dapat berpasangan dengan senyawa radikal sehingga menjadi senyawa non-radikal (Rohmatussolihat, 2009). Mekanisme penangkapan radikal bebas antioksidan dapat dibagi menjadi 2 yaitu mekanisme enzimatik dan non enzimatik. Antioksidan yang bekerja secara enzimatik yaitu katalase, superoksida dismutase, glutathione peroksidase, dan glutathione reduktase. Sedangkan secara non-enzimatik, antioksidan dapat bekerja melalui berbagai mekanisme menurut Birben *et al.* (2012), antara lain:

- a. Menghambat dan menahan pembentukan radikal bebas yang dihasilkan oleh proses peroksidase lipid seperti vitamin C, vitamin E dan β -karoten.
- b. Logam khelat, yaitu EDTA.
- c. Kofaktor enzim antioksidan, misalnya glutathione sebagai kofaktor untuk enzim glutathione peroksidase dan transferase.

Antioksidan bekerja dengan dua cara, pertama antioksidan bertindak sebagai donor hidrogen dan disebut sebagai antioksidan primer. Senyawa ini akan dengan cepat menyumbangkan atom hidrogennya ke radikal lipid sehingga memiliki keadaan yang lebih stabil dari sebelumnya. Selanjutnya, aktivitas antioksidan kedua yang dikenal sebagai antioksidan sekunder dapat memperlambat laju autooksidasi dengan berbagai mekanisme selain memutus rantai reaksi (Rohmatussolihat, 2009).

Metode yang paling umum digunakan untuk menguji aktivitas antioksidan adalah metode uji radikal bebas DPPH, dimana uji ini dapat menentukan aktivitas antioksidan dalam sampel dengan melihat kemampuannya dalam menangkal

radikal bebas DPPH. Sumber radikal bebas dalam metode ini yaitu senyawa 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil. Prinsip dari uji ini yaitu adanya pemberian atom hidrogen dari substrat yang diuji kepada radikal DPPH menjadi senyawa non radikal difenilpikrilhidrazil yang ditandai dengan perubahan warna. Perubahan warna yang terjadi ditandai dengan perubahan larutan yang berwarna ungu menjadi kuning. Intensitas perubahan warna ini kemudian diukur pada spektrum absorpsi antara 515-520 nm pada larutan etanol atau metanol. Pada pemilihan penggunaan metanol yang bersifat polar dibandingkan dengan etanol sebagai pelarut dapat mempertahankan kestabilan DPPH (Molyneux, 2004).

Kelebihan dari metode DPPH yaitu sangat mudah dilakukan karena hanya membutuhkan spektrofotometer UV-Vis. Sedangkan kelemahannya yaitu radikal DPPH hanya dapat dilarutkan dalam media organik (terutama media alkoholik) dan tidak dapat dilarutkan pada media berair yang mengakibatkan senyawa ini membatasi kemampuannya dalam penentuan peran antioksidan hidrofilik. Penentuan aktivitas antioksidan berdasarkan perubahan absorbansi DPPH harus diperhatikan karena setelah absorbansi radikal DPPH bereaksi dengan antioksidan, antioksidan yang terserap dapat berkurang oleh adanya cahaya, oksigen, dan tipe pelarut (Molyneux, 2004).

Parameter yang digunakan untuk mendeteksi aktivitas antioksidan adalah nilai konsentrasi efisiensi atau *Efficient Concentration* (EC_{50}) atau *Inhibition Concentration* (IC_{50}) dimana konsentrasi tersebut merupakan konsentrasi suatu zat yang dapat menyebabkan 50% DPPH kehilangan sifat radikal atau konsentrasi antioksidannya. Zat dengan aktivitas antioksidan tinggi memiliki nilai EC_{50} atau IC_{50} yang rendah (Andarwulan *et al.*, 1996). Selain itu, parameter yang dapat

digunakan untuk mengetahui tinggi rendahnya aktivitas antioksidan yaitu *Persentation Inhibition* atau persentase serapan radikal bebas DPPH. Kategori persentase serapan yang sangat tinggi adalah lebih dari 90%, serapan tinggi antara 50-90%, serapan sedang antara 20-50%, serapan rendah adalah kurang dari 20% dan 0% apabila tidak ada aktivitas antioksidan yang terkandung (Dwiputri, 2018).

2.5 Kadar Total Fenol

Larutan standar yang digunakan untuk menentukan kandungan fenolik total sampel adalah asam galat. Asam galat digunakan sebagai larutan standar, karena asam galat merupakan salah satu fenol alami dengan efek antioksidan yang kuat. Asam galat adalah turunan dari senyawa fenolik asam hidroksibenzoat, yang termasuk dalam kelompok asam fenolik sederhana. Asam galat dipilih sebagai standar karena ketersediaan zat yang relatif lebih stabil dan reaktif (Suhaenah, 2016).

Pereaksi atau reagen yang digunakan pada pengujian kadar total fenol yaitu reagen *Folin-Ciocalteu* yang memiliki prinsip reaksi oksidasi dan kolorimetrik untuk mengukur senyawa fenolik yang berada dalam sampel (Chun *et al.*, 2003). Pada suasana basa, reagen ini akan bereaksi dengan senyawa fenolik yang dapat terjadi disosiasi proton pada senyawa fenolik menjadi ion fenolat. Kondisi basa dapat dilakukan dengan menggunakan Na_2CO_3 7%. Saat reaksi berlangsung, dapat terjadi reaksi antara gugus hidroksil pada senyawa fenolik dengan reagen *Folin-Ciocalteu*. Reaksi ini membentuk kompleks molybdenum-tungsten yang berwarna biru dan dapat diukur serapannya menggunakan spektrofotometer. Semakin besar konsentrasi kadar senyawa fenolik, maka semakin biru warna yang dihasilkan dan semakin pekat (Suhaenah, 2016).

2.6 Kadar Total Asam

Kadar total asam dapat dilakukan dengan menambahkan indikator fenolftalein (PP) yang digunakan sebagai indikator pembanding dalam proses titrasi basa kuat dan asam kuat. Setelah diberikan indikator pada larutan yang akan diuji, dititrasi menggunakan NaOH 0,1 N sampai berubah warna menjadi merah muda (Apriani, 2016). Indikator merupakan suatu senyawa kompleks yang dapat bereaksi dengan asam maupun basa dengan ditandai dengan perubahan warna sesuai dengan konsentrasi ion hidrogen melalui proses titrasi. Indikator yang digunakan pada titrasi basa kuat-asam kuat biasanya berupa indikator sintetis, misalnya indikator fenolftalein (pp) (Nuryanti dkk., 2010).

Kadar total asam hasil fermentasi berdasarkan SNI 01- 4371-1996 pada cuka minimal 4%. Pada penelitian Putra *et al.*, (2017) menggunakan bakteri *Acetobacter aceti* 15%. Menurut Sriwahyuni (2015), konsentrasi *Acetobacter aceti* 15% lebih optimal dalam mengubah alkohol menjadi asam cuka, oleh kaerena itu dapat disimpulkan bahwa penggunaan *Acetobacter aceti* 15% terlalu banyak sehingga terjadi kompetisi dalam mendapatkan nutrisi yang terkandung dalam substrat, hal ini dapat menyebabkan kadar total asam tidak sesuai dengan SNI 01-4371-1996.

2.7 Mikroba yang Berperan dalam Proses Fermentasi

Mikroba yang berperan dalam fermentasi yaitu *Saccharomyces cerevisiae* dan *Acetobacter aceti*. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan mikroba yang dapat mendegradasi gula menjadi alkohol. Kurva pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* mencapai titik tertinggi pada hari pertama sampai hari kedua dengan jumlah sel 14×10^6 sel/ml. Hari ketiga *Saccharomyces cerevisiae* akan mengalami

penurunan jumlah sel. Hal ini dikarenakan kultur yang diinokulasikan mengalami beberapa fase antara lain fase lag, fase log, fase stasioner dan fase kematian. Fase lag merupakan fase penyesuaian sel dengan lingkungan ditandai dengan meningkatnya jumlah massa tanpa peningkatan densitas sel. Fase log ditandai dengan membelahnya sel dengan cepat dan jumlah sel serta densitas sel meningkat secara eksponensial, hal ini terjadi karena sel sudah menyesuaikan diri dengan lingkungan. Pada fase stasioner pertumbuhan mikroba terhambat karena nutrisi mulai habis yang mengakibatkan mikroba tidak dapat membelah yang akhirnya mikroba akan mengalami fase kematian (Januaresti dkk., 2016).

Acetobacter aceti merupakan bakteri asam asetat yang dapat merombak alkohol yang merupakan hasil dari perombakan oleh mikroba *Saccharomyces cerevisiae* menjadi asam asetat. Kurva pertumbuhan *Acetobacter aceti* akan mengalami penurunan pada hari ke-9 dan waktu optimum bakteri yaitu pada hari ke-7. Semakin lama fermentasi, maka asam asetat yang dihasilkan semakin sedikit. Hal ini dikarenakan bakteri *Acetobacter aceti* sudah tidak mampu mendegradasi alkohol menjadi asam asetat secara maksimal. Asam asetat akan mencapai puncak sampai hari ke-6 kemudian akan mengalami penurunan (Januaresti dkk., 2016). Penurunan produksi asam asetat disebabkan oleh adanya oksidasi lebih lanjut dari asam asetat yang dihasilkan menjadi CO₂ dan H₂O sesuai dengan sifat spesies dalam genus *Acetobacter* yaitu asam asetat dapat dioksidasi lebih lanjut setelah waktu fermentasi optimal ketika konsentrasi asam asetat meningkat jumlah produk asam menurun (Luwihana *et al.*, 2010).

Starter instan dari mikroba *Saccharomyces cerevisiae* dan *Acetobacter aceti* dapat digunakan dalam fermentasi selain kultur murni. Starter instan umumnya

tersedia dalam bentuk bubuk kering untuk mempermudah penanganan serta penggunaannya. Komposisi dari starter instan adalah mikroba yang sudah dikeringkan dengan tujuan mempertahankan viabilitas mikroba dan disesuaikan dengan sifat mikroba. Selain mikroba yang sudah dikeringkan, penambahan tepung beras dan tepung terigu juga dapat mempertahankan viabilitas mikroba (Rukmi dkk., 2003).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian deskriptif eksploratif yang digunakan untuk mengetahui komponen dan kandungan dari cuka apel (*Malus sylvestris* Mill.) berdasarkan lama fermentasi yang berbeda. Parameter yang diamati yaitu aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH, aktivitas total fenol menggunakan metode *Folin-Ciocalteu* dan aktivitas total asam menggunakan metode titrasi.

Penelitian ini dilakukan dengan tiga kali ulangan pada setiap lama fermentasi yaitu 5 hari, 7 hari, dan 9 hari sebagai pembanding cuka apel dengan masa simpan tahunan serta cuka apel yang berumur 20 tahun, 1,5 tahun dan 1 tahun sebagai parameter utama yang diuji sehingga diperoleh delapan belasa unit percobaan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Bulan Januari 2023 hingga Maret 2023. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan dan Laboratorium Mikrobiologi Program Studi Biologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, pisau, parutan, saringan, wadah plastik tertutup, timbangan digital, tabung reaksi merk Herma 15 ml, beaker glass merk Herma 50 ml, spektrofotometer UV-Visible (UV-Vis) Cary50 Conc

Varian, tabung erlenmayer merk Pyrex 100 ml, mikropipet merk Biorad, pipet ukur merk Herma 5 ml, labu ukur merk Pyrex 100 ml, inkubator, dan alat tulis.

3.3.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu buah apel dengan varian manalagi, *Saccharomyces cerevisiae* dan *Acetobacter aceti*, aquades, larutan metanol *p.a.*, DPPH *p.a.*, reagen *Folin-Ciocalteu*, Natrium karbonat *p.a.* (Na_2CO_3), Etanol 96%, indikator PP, dan larutan NaOH 0,1 N.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1. Preparasi Sampel

Preparasi sampel diawali dengan pembuatan cuka apel. Pertama dipilih apel dengan varian manalagi. Menurut penelitian Hardoko dkk., (2019) pembuatan cuka apel dapat dilakukan dengan cara buah apel sebanyak 3 kg dicuci menggunakan air mengalir. Setelah itu diparut dan disaring sehingga memperoleh hasil sari buah apel tanpa ampas.

Kedua, dilakukan fermentasi sari buah apel menggunakan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* dan *Acetobacter aceti* dengan formulasi bahan sari buah apel sebanyak 250 ml, bakteri *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 5% terhadap sari buah, dan bakteri *Acetobacter aceti* sebanyak 7% terhadap sari buah. Selanjutnya dilakukan fermentasi pada suhu kamar dan ditutup rapat selama 5 hari, 7 hari dan 9 hari. Hasil fermentasi didinginkan untuk menghentikan proses fermentasi dan siap untuk dianalisis kandungannya.

3.4.2. Uji Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode DPPH

Penelitian Kuncoro (2019) mengatakan bahwa, pengujian aktivitas antioksidan pada sampel dilakukan dengan beberapa tahap, pertama yaitu

pembuatan larutan induk dengan cara sebanyak 7,9 mg DPPH ditimbang dan dilarutkan ke dalam metanol *p.a* sebanyak 50 ml dalam labu ukur, sehingga didapatkan konsentrasi sebesar 0,4 mM. Kedua yaitu pembuatan larutan kontrol dengan cara dihomogenkan larutan induk dengan konsentrasi 0,4 mM kemudian diinkubasi selama 30 menit pada suhu 37°C. Ketiga yaitu penentuan panjang gelombang maksimum DPPH dengan cara mengukur absorbansi larutan induk yang sudah diinkubasi pada rentang panjang gelombang 500-600 nm. Tahap keempat yaitu pengujian aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH.

Pengujian aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH dilakukan dengan cara, pertama pembuatan larutan blanko, sebanyak 1 ml larutan DPPH (0,4 mM) ditambahkan ke dalam metanol *p.a* hingga 5 ml. Kedua pembuatan larutan sampel, sebanyak 1 ml larutan DPPH (0,4 mM) ditambahkan ke dalam 50 µl larutan sampel kemudian ditambahkan metanol *p.a* hingga 5 ml. Kemudian larutan blanko dan larutan sampel diinkubasi selama 30 menit pada suhu 37°C dan diukur absorbansinya dengan panjang gelombang yang didapatkan. Aktivitas antioksidan sampel ditentukan oleh besaran hambatan serapan radikal DPPH melalui perhitungan presentase inhibisi serapan DPPH menggunakan rumus :

$$\text{percentage inhibition} = \left(\frac{\text{Abs.blanko} - \text{Abs.sampel}}{\text{Abs,blanko}} \right) \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan :

Abs blanko : serapan radikal DPPH

Abs sampel : serapan sampel dalam radikal DPPH

3.4.3. Uji Kadar Total Fenol dengan Metode *Folin-Ciocalteu*

Kandungan total fenol cuka apel ditentukan dengan menggunakan metode *Folin-Ciocalteu* menggunakan persamaan regresi linier dari kurva kalibrasi asam galat (Marjoni dkk., 2015; Hardoko dkk., 2019).

3.4.3.1. Pembuatan Kurva Kalibrasi Asam Galat dengan Reagen Fenol

Folin-Ciocalteu

Pembuatan kurva kalibrasi asam galat dengan reagen *Folin-Ciocalteu* dilakukan dengan cara pertama, pembuatan larutan induk dengan cara ditimbang 50 mg asam galat ke dalam beaker glass, kemudian ditambahkan 1 ml etanol 96% dan ditambahkan aquades sampai volume akhir 50 ml sehingga diperoleh konsentrasi 1 mg/ml. Dari larutan induk asam galat konsentrasi 1 mg/ml, dipipet 1 ml, 1,25 ml, 1,5 ml, 1,75 ml, dan 2 ml, kemudian secara berturut-turut diencerkan dengan aquades sampai volume akhir 10 ml sehingga didapatkan konsentrasi 100, 125, 150, 175, dan 200 µg/ml asam galat.

Masing-masing konsentrasi larutan asam galat dipipet sebanyak 0,2 ml kemudian ditambahkan 15,8 ml aquades dan 1 ml reagen *Folin-Ciocalteu* dan dihomogenkan serta didiamkan selama 8 menit. Selanjutnya ditambahkan 3 ml larutan Na₂CO₃ 10% dihomogenkan dan didiamkan selama 2 jam pada suhu kamar. Setelah itu diukur serapan pada panjang gelombang serapan maksimum 765 nm dan dibuat kurva kalibrasi hubungan antara konsentrasi asam galat (µg/ml) dengan serapan.

3.4.3.2. Penetapan Kadar Total Fenol dengan Metode *Folin-Ciocalteu*

Penetapan kandungan fenol total dengan metode *Folin-Ciocalteu* dilakukan dengan cara dipipet 10 µl dan ditambahkan aquades sebanyak 10 ml. Kemudian

dipipet 0,2 ml sampel cuka apel yang telah diencerkan ke dalam beaker glass, ditambahkan 15,8 ml aquades dan 1 ml reagen *Folin-Ciocalteu* dan dihomogenkan kemudian didiamkan selama 8 menit setelah itu ditambahkan 3 ml Na₂CO₃ 10% ke dalam campuran. Didiamkan larutan selama 2 jam pada suhu kamar. Selanjutnya diukur serapan pada panjang gelombang maksimum 765 nm. Kadar fenol yang diperoleh hasilnya didapat sebagai mg ekuivalen asam galat/g sampel segar.

3.4.4. Uji Total Asam dengan Metode Titrasi Menggunakan NaOH 0,1 N

Kandungan asam asetat pada cuka apel dapat ditentukan melalui uji total asam (Ester dkk., 2021). Sampel cuka pekat diambil sebanyak 5 ml kemudian ditambahkan aquades sampai 50 ml dan dihomogenkan. Diambil filtrat sebanyak 5 ml, lalu dituangkan ke dalam Erlenmeyer dan ditambahkan 2-3 tetes indikator PP. Kemudian dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N sampai terbentuk warna merah muda. Nilai skala dapat dibaca dari pembentukan warna merah muda pertama sampai beberapa saat kemudian (Aneja, 2003). Kadar total asam asetat dapat dihitung dengan menggunakan rumus AOAC (1995), yaitu:

$$\text{Total asam asetat} = \frac{V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} \times \text{Mr asam asetat}}{\text{Volume sampel} \times 1000} \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan :

V_{NaOH} : Volume NaOH yang digunakan dalam titrasi (mL)

N_{NaOH} : Konsentrasi NaOH (0,1 N)

Mr : Massa relatif CH₃COOH (60 g/mol)

3.5 Analisis Data

Data pada penelitian ini akan dihimpun menggunakan Ms. Excel 2016. Data lama fermentasi, aktivitas antioksidan, total fenol, dan total asam ditampilkan dalam bentuk tabel dan diagram. Data uji aktivitas antioksidan dihitung

menggunakan rumus presentation inhibition dengan tujuan untuk mengetahui presentase serapan radikal bebas DPPH. Data uji total fenol di analisis menggunakan analisis regresi untuk menentukan kandungan total fenol. Data uji total asam dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui kadar total asam asetat dengan menggunakan rumus AOAC (1995) (3.2).

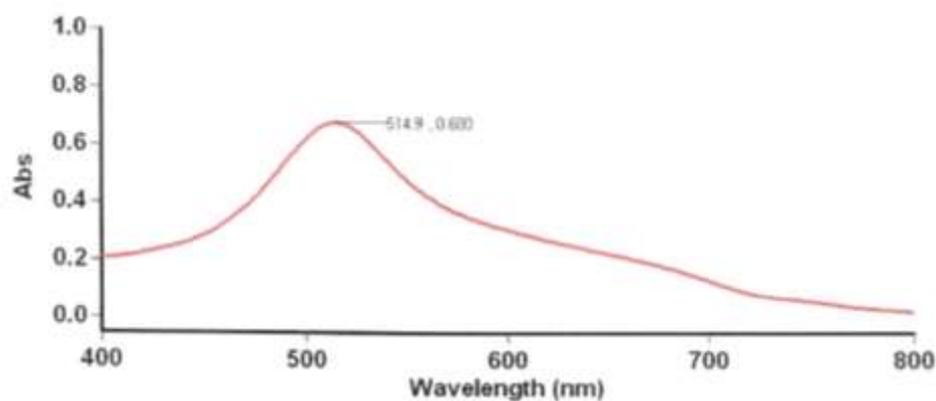
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Aktivitas Antioksidan Cuka Apel dengan Metode DPPH

Untuk mengetahui aktivitas antioksidan cuka Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.), maka pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap serapan DPPH melalui metode DPPH. Metode DPPH dilakukan dengan dua tahap, pertama yaitu penentuan panjang gelombang maksimum serapan larutan DPPH dan kedua yaitu pengujian aktivitas antioksidan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.

4.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Penentuan panjang gelombang maksimum bertujuan untuk mengetahui gelombang maksimum yang diserap oleh DPPH. Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan dengan mengukur serapan larutan DPPH 0,4 mM menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400-800 nm (Susiloningrum d Sari, 2021).



Gambar 4.1 Panjang Gelombang Maksimum 0,4 mM

Berdasarkan gambar 4.1 gelombang maksimum yang dapat diserap DPPH 0,4 mM adalah 514,9 nm. Panjang gelombang ini juga digunakan dalam penelitian Kuncoro (2019) untuk mengukur absorbansi DPPH 0,4mM pada panjang gelombang 515 nm.

4.1.2 Pengujian Aktivitas Antioksidan Sampel Cuka Apel

Pengujian aktivitas antioksidan dilakukan pada sampel cuka apel manalagi pada lama fermentasi 5 hari, 7 hari dan 9 hari. Data hasil pengujian (Tabel 4.1) menunjukkan adanya peningkatan pada lama fermentasi hari ke-5 rata-rata sebesar 10,304%, pada hari ke-7 mengalami peningkatan rata-rata sebesar 59,453% dan mengalami penurunan pada hari ke-9 rata-rata sebesar 31,773%. Pengujian aktivitas antioksidan dilakukan dengan metode DPPH menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 514,9 nm. Metode DPPH merupakan metode yang mudah digunakan yang melibatkan radikal bebas DPPH sebagai sumber radikal untuk menentukan aktivitas antioksidan dalam sampel dengan melihat kemampuannya untuk menangkal radikal bebas DPPH. Pengujian ini diawali dengan pembuatan larutan DPPH 0,4mM menggunakan pelarut metanol, kemudian dilanjutkan pembuatan larutan blanko dan larutan sampel dan diinkubasi, setelah itu diukur absorbansinya pada panjang gelombang 514,9 nm. Metode ini ditandai dengan adanya perubahan warna ungu menjadi kuning pada larutan.

Menurut Tristantini dkk. (2016), DPPH merupakan senyawa radikal bebas yang digunakan pada metode peredaman radikal bebas DPPH untuk menguji adanya aktivitas antioksidan pada sampel. Perubahan warna dari ungu ke kuning merupakan ciri bahwa atom hidrogen dari substrat yang diuji telah berpindah kepada radikal DPPH sehingga menjadi senyawa non radikal. DPPH merupakan

senyawa radikal bebas yang stabil apabila digunakan sebagai uji penangkapan radikal bebas yang dilarutkan kedalam metanol. Menurut Pertiwi dkk. (2016), kestabilan DPPH untuk menguji aktivitas antioksidan yaitu pada suhu 37°C, oleh karena itu sebelum dilakukan pembacaan absorbansi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis larutan blanko maupun sampel diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit untuk mencapai suhu kestabilan.

Tabel 4.1. Hasil penelitian uji aktivitas antioksidan menggunakan DPPH pada lama fermentasi 5 hari, 7 hari dan 9 hari.

Lama Fermentasi	Ulangan	Blanko	Abs	Persentation Inhibition (PI) (%)	Rata-rata PI (%)
5 hari	1	0,7085	0,6351	10,36	10,304
	2	0,7089	0,6389	9,87	
	3	0,7098	0,6340	10,68	
7 hari	1	0,7110	0,2263	68,17	59,453
	2	0,7110	0,2910	59,07	
	3	0,7119	0,3480	51,12	
9 hari	1	0,7145	0,5017	29,78	31,773
	2	0,7153	0,4668	34,74	
	3	0,7134	0,4937	30,80	

Aktivitas antioksidan pada cuka apel manalagi pada Tabel 4.1 menunjukkan adanya peningkatan pada persentase serapan radikal bebas DPPH hari ke-5 dengan rata-rata serapan sebesar 10,304% sampai hari ke-7 dengan rata-rata serapan sebesar 59,453% kemudian mengalami penurunan pada hari ke-9 dengan rata-rata serapan sebesar 31,773%. Hal ini dikarenakan kurva pertumbuhan mikroba yang berperan dalam fermentasi yaitu khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan bakteri *Acetobacter aceti* mengalami peningkatan dari hari ke-1 sampai mengalami puncak yaitu pada hari ke-7 dan pada hari selanjutnya akan mengalami penurunan sedikit

demi sedikit. Hal ini sesuai dengan literatur Hassmy dkk. (2017), bahwa pada waktu fermentasi 0-8 hari persentase penangkapan radikal DPPH (%) akan mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena adanya kandungan fenol yang terkandung meningkat pada saat fermentasi. Semakin tinggi aktivitas fenolik yang dihasilkan maka aktivitas antioksidan semakin meningkat. Selain itu, Hardoko (2019) menyebutkan bahwa meningkatnya aktivitas antioksidan disebabkan oleh senyawa-senyawa fenolik dan asam organik. Senyawa ini mudah terhidrolisis yang menyebabkan kelarutan senyawa fenolik dan asam-asam organik di dalam cuka yang difermentasi meningkat sehingga menyebabkan aktivitas antioksidan meningkat. Adapun menurunnya aktivitas antioksidan disebabkan karena adanya penurunan nutrisi yang digunakan dalam pertumbuhan mikroba sehingga menyebabkan aktivitas antioksidan menurun.

Tabel 4.2. Hasil penelitian uji aktivitas antioksidan menggunakan DPPH pada lama fermentasi 1 tahun, 1,5 tahun dan 20 tahun.

Lama Fermentasi	Blanko	Abs	Precentage Inhibition (PI) (%)	Rata-rata PI (%)
1 tahun	0,7140	0,1445	79,76	81,315
	0,7147	0,1305	81,74	
	0,7154	0,1256	82,44	
	0,7166	0,0610	91,49	
1,5 tahun	0,7174	0,1421	80,19	86,482
	0,7169	0,0877	87,77	
	0,7172	0,0307	95,72	
20 tahun	0,7182	0,0342	95,24	95,117
	0,7188	0,0403	94,39	

Aktivitas antioksidan pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa cuka apel yang didapatkan dari masyarakat Kecamatan Poncokusumo pada lama fermentasi 1

tahun hingga 20 tahun mengalami peningkatan yang tinggi. Pada lama fermentasi 1 tahun menunjukkan rata-rata serapan DPPH sebesar 81,315%, pada lama fermentasi 1,5 tahun menunjukkan rata-rata serapan DPPH sebesar 86,482%, dan pada lama fermentasi 20 tahun menunjukkan rata-rata serapan DPPH sebesar 95,117%. Hal ini dikarenakan berbedanya bahan baku, jenis mikroba yang digunakan dan tempat penyimpanan dalam pembuatan cuka apel. Proses pembuatan cuka apel oleh masyarakat Kecamatan Poncokusumo tidak menggunakan apel dari varian manalagi melainkan menggunakan apel dari berbagai varian, jenis mikroba yang digunakan adalah jenis mikroba endogen dari buah apel, adanya tambahan gula pada proses fermentasi, serta tempat penyimpanan cuka apel yaitu pada suhu ruang dengan kisaran suhu 24-26°C. Menurut Purwanto dkk. (2017) bahwa sampel dengan perlakuan berbeda memiliki aktivitas antioksidan yang berbeda. Perbedaan aktivitas antioksidan kemungkinan disebabkan oleh adanya perbedaan kandungan dan jumlah senyawa aktif yang terkandung dalam sampel.

Proses fermentasi meningkatkan aktivitas penghambatan radikal bebas DPPH. Mikroba yang berperan dalam fermentasi dapat merusak dinding sel sehingga komponen fenolik yang terikat pada dinding sel terlepas dan kemudian dilepaskan melalui proses enzimatik atau disintesis menjadi berbagai komponen bioaktif yang dapat meningkatkan aktivitas antioksidan (Rahmi dkk., 2020).

4.2 Kadar Total Fenol Cuka Apel dengan Metode *Folin-Ciocalteu*

Untuk mengetahui kadar total fenol cuka Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.), maka pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap kadar total fenol melalui metode *Folin-Ciocalteu*. Metode *Folin-Ciocalteu* dilakukan dengan dua tahap, pertama yaitu penentuan kurva kalibrasi asam galat dengan reagen *Folin-*

Ciocalteu dan kedua yaitu penetapan kadar total fenol menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.

4.2.1. Hasil Pembuatan Kurva Kalibrasi Asam Galat dengan Reagen *Folin-Ciocalteu*

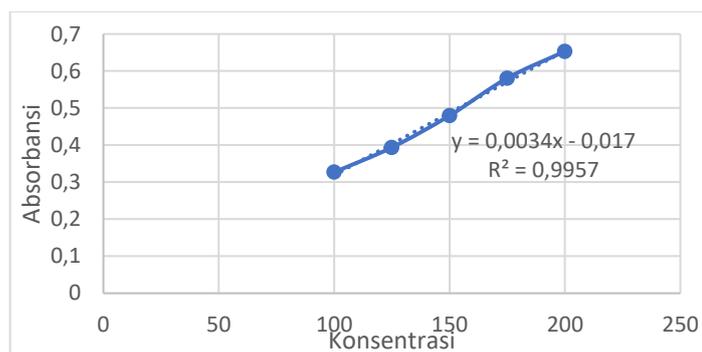
Pembuatan kurva kalibrasi asam galat digunakan untuk mendapatkan persamaan regresi hubungan antara konsentrasi dengan serapan. Pengukuran dilakukan dengan membuat konsentrasi 100, 125, 150, 175, dan 200 µg/ml asam galat yang ditambahkan dengan reagen *Folin-Ciocalteu* dan Na²CO³ 10% kemudian diinkubasi dalam suhu kamar selama 2 jam. Reaksi tersebut mengakibatkan perubahan warna dari kuning menjadi biru. Selanjutnya dilakukan pengukuran panjang gelombang maksimum pada rentan 400-800 nm dan diperoleh absorbansi 774,9 nm menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Setelah pengukuran absorbansi asam galat diperoleh (Tabel 4.3) didapatkan persamaan $y = 0,0034x - 0,017$ dengan koefisien relasi $R^2 = 0,9957$ (Gambar 4.1).

Tabel 4.3. Hasil pengukuran absorbansi asam galat dengan berbagai konsentrasi.

Konsentrasi	Abs
100	0,3268
125	0,3937
150	0,4797
175	0,5809
200	0,6531

Menurut Marjoni dkk. (2015) dari persamaan regresi dapat diketahui bahwa $b = -0,0017$ yang berarti setiap x (konsentrasi sampel) bertambah 1 µg/mL maka y (% inhibisi) berkurang sebesar 0,0017. Nilai r yang mendekati 1 (Gambar 4.2)

menunjukkan bahwa persamaan tersebut linier. Kurva persamaan regresi juga menunjukkan adanya hubungan antara konsentrasi dengan % inhibisi dengan derajat keeratan sebesar 0,9957. Koefisien determinasi (R^2) = 0,9957 memiliki arti bahwa 99,57% serapan dipengaruhi oleh konsentrasi.



Gambar 4.2. Persamaan regresi linier kurva kalibrasi asam galat

4.2.2. Penetapan Kadar Total Fenol dengan Metode *Folin-Ciocalteu*

Berdasarkan penelitian penetapa kadar total fenol dengan metode *Folin-Ciocalteu*, kadar total fenol dapat dilakukan dengan menguji sampel menggunakan reagen *Folin-Ciocalteu* dan direaksikan dengan Na_2CO_3 setelah itu diinkubasi pada suhu kamar selama 2 jam. Setelah itu diukur serapan pada panjang gelombang 774.9 nm dan dihitung menggunakan persamaan regresi asam galat dan diperoleh data (Tabel 4.4) yaitu pada hari ke-5 rata-rata kadar total fenol yang terkandung dalam sampel adalah 2,176 ml GAE/L sampel, kemudian mengalami peningkatan pada hari ke-7 dengan rata-rata sebesar 4,735 ml GAE/L sampel dan selanjutnya mengalami penurunan sebesar 2,912 ml GAE/L sampel. Hal ini dikarenakan pada proses fermentasi jumlah mikroba meningkat seiring dengan peningkatan aktivitas antioksidan. Aktivitas antioksidan akan mengalami kenaikan sampai puncak pada

hari ke-7 dan setelah itu akan mengalami penurunan. Selain itu, peningkatan dan penurunan total fenol pada cuka apel diduga karena terbentuknya senyawa fenolik akibat aktivitas enzimatik mikroba dalam mendegradasi komponen substrat.

Menurut Damayanti (2014) penyebab kenaikan kadar total fenol adalah pada proses fermentasi khamir dan bakteri secara signifikan meningkatkan sifat pelepasan antioksidan dan total fenolik karena adanya konversi enzimatik. Mikroba yang digunakan akan memproduksi enzim glukosidase yang memiliki peran penting dalam proses biotransformasi modifikasi senyawa metabolit sekunder dan berfungsi memotong ikatan glukosa serta membebaskan senyawa fenolik dalam proses fermentasi.

Tabel 4.4. Hasil penelitian kadar total fenol metode *Folin-Ciocalteu* pada lama fermentasi 5 hari, 7 hari dan 9 hari.

Lama Fermentasi	Ulangan	Abs	Kandungan total fenol (ml GAE/L sampel)	Rata-rata (ml GAE/L sampel)
5 hari	1	0,0244	2,176	2,176
	2	0,026	2,647	
	3	0,0298	3,765	
7 hari	1	0,0331	4,735	4,735
	2	0,0358	5,529	
	3	0,0334	4,824	
9 hari	1	0,0269	2,912	2,912
	2	0,0256	2,529	
	3	0,025	2,353	

Berdasarkan Tabel 4.5 menunjukkan bahwa pada lama fermentasi 1 tahun, 1,5 tahun dan 20 tahun mengalami kenaikan rata-rata kadar total fenol dari 7,294 ml GAE/L sampel pada lama fermentasi 1 tahun menjadi 10,118 ml GAE/L sampel pada lama fermentasi 1,5 tahun dan pada lama fermentasi 20 tahun rata-rata kadar total

fenol mencapai 14,559 ml GAE/L sampel. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan antara bahan baku dan proses pembuatan dengan lama fermentasi 5 hari, 7 hari dan 9 hari. Menurut literatur Liu *et al.* (2019) cuka buah yang berbeda varietas akan terdapat perbedaan dalam komposisi dan kandungan senyawa fenoliknya karena adanya perbedaan antara bahan baku dan proses pembuatannya.

Tabel 4.5. Hasil penelitian kadar total fenol metode *Folin-Ciocalteu* pada lama fermentasi 1 tahun, 1,5 tahun, dan 20 tahun.

Lama Fermentasi	Abs	Kandungan total fenol (ml GAE/L sampel)	Rata-rata (ml GAE/L sampel)
1 tahun	0,0418	7,294	7,294
	0,0419	7,324	
	0,0431	7,676	
1,5 tahun	0,0514	10,118	10,118
	0,0558	11,412	
	0,0543	10,971	
20 tahun	0,0665	14,559	14,559
	0,068	15,000	
	0,0678	14,941	

Cuka buah populer di seluruh dunia karena memiliki rasa yang enak dan memiliki banyak manfaat untuk kesehatan. Senyawa fenolik dan asam organik adalah komponen utama yang berkontribusi pada kualitas sensorik dan manfaat kesehatan dari cuka buah. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa varietas anggur yang berbeda memiliki kandungan fenolik dan komposisi yang berbeda dan pada varietas apel tergantung pada beberapa faktor seperti kultivar, lingkungan tumbuh, dan tingkat kematangan. Faktor-faktor seperti strain ragi, bakteri asam asetat, dan teknologi produksi dalam proses fermentasi, juga dapat mempengaruhi kandungan

fenolik cuka buah. Selain itu, senyawa fenolik telah banyak diuji kemampuannya dalam mencegah penyakit kronis, termasuk aktivitas antikanker, antiobesitas, antipenuaan dan antidiabetes (Liu *et al.*, 2019).

Peningkatan dan penurunan total fenol pada cuka dikarenakan terbentuknya senyawa fenolik akibat aktivitas enzimatis mikroba yang berperan selama proses fermentasi dalam mendegradasi komponen matriks lainnya. Senyawa fenolik terbentuk dari hasil degradasi matriks komponen bahan akibat dari aktivitas bakteri dan khamir selama proses fermentasi. Aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroba yang berperan sebagai starter dalam proses fermentasi, melepaskan senyawa fenolik yang dihubungkan oleh ikatan ester pada komponen struktur dinding sel seperti selulosa, lignin dan protein menjadi senol bebas yang dapat meningkatkan kandungan fenolik (Puspaningrum dkk., 2022).

4.3 Kadar Total Asam Cuka Apel dengan Metode Titrasi

Untuk mengetahui kadar total asam cuka Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.), maka pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap kadar total asam pada cuka apel melalui metode titrasi. Metode titrasi dilakukan dengan cara menitrasi larutan sampel yang sudah diencerkan menggunakan larutan NaOH 0,1 N yang sebelumnya sudah ditetesi dengan indikator PP. Setelah larutan berubah warna menjadi merah muda, mL titrasi menggunakan larutan NaOH 0,1 N dicatat dan dihitung menggunakan rumus penentuan kadar asam tertitrasi. Selanjutnya diperoleh data (Tabel 4.6) pada hari ke-5 rata-rata kadar total asam tertitrasi yaitu sebesar 0,08% setelah itu akan naik pada hari ke-7 sebesar 0,10% dan akan turun pada hari ke-9 sebesar 0,09%.

Menurut Leasa & Matdoan (2015), mikroba pada fase ini aktif membelah diri sehingga jumlahnya meningkat. Asam asetat dihasilkan melalui proses fermentasi asam asetat dengan produk berupa alkohol dan dengan bantuan bakteri dari Genus *Acetobacter*. *Acetobacter aceti* merupakan bakteri yang berperan dalam fermentasi tahap akhir. Bakteri *Acetobacter aceti* bersifat aerob yang mendapatkan energi dari glukosa atau zat organik sebagai substrat untuk dioksidasi menjadi karbondioksida dan air. *Acetobacter aceti* akan lebih banyak mengubah alkohol menjadi asam asetat sampai pada puncaknya pada hari ke 6-7. Semakin lama fermentasi maka asam asetat akan semakin teroksidasi menjadi karbondioksida dan air. Oksidasi ini terjadi karena substrat yang dibutuhkan oleh bakteri *Acetobacter aceti* berkurang sehingga untuk melakukan aktivitasnya bakteri ini mengoksidasi asam asetat.

Tabel 4.6. Hasil penelitian kadar total asam metode titrasi pada lama fermentasi 5 hari, 7 hari dan 9 hari.

Lama Fermentasi	Ulangan	Kadar Total Asam Tertitrasi (%)	Rata-rata (%)
5 hari	1	0,08	0,08
	2	0,07	
	3	0,06	
7 hari	1	0,10	0,10
	2	0,14	
	3	0,12	
9 hari	1	0,06	0,09
	2	0,07	
	3	0,07	

Hasil penelitian pada Tabel 4.7 menunjukkan adanya kenaikan kadar total asam tertitrasi dari pada lama fermentasi 1 tahun rata-rata kadar total asam tertitrasi

yaitu sebesar 0,05%, pada lama fermentasi 1,5 tahun mengalami peningkatan sebesar 0,36% dan pada lama fermentasi 20 tahun sebesar 0,81%. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan bahan baku serta perlakuan pada pembuatan cuka apel yang tidak terkontrol. Bahan baku yang digunakan oleh masyarakat Kecamatan Poncokusumo adalah apel dengan varietas yang bermacam-macam, oleh karena itu zat yang terkandung dalam cuka apel berbeda. Selain itu perlakuan pada setiap lama fermentasi tidak terkontrol. Perlakuan tersebut berupa perbandingan air dan sari apel, pemberian gula, dan tempat penyimpanan pada saat fermentasi berlangsung. Selain itu, aktivitas mikroba dapat memengaruhi kadar total asam dalam cuka apel.

Tabel 4.7. Hasil penelitian kadar total asam metode titrasi pada lama fermentasi 1 tahun, 1,5 tahun, dan 20 tahun.

Lama Fermentasi	Kadar Total Asam Tertitrasi (%)	Rata-rata (%)
1 tahun	0,05	0,05
	0,03	
	0,02	
1,5 tahun	0,36	0,36
	0,27	
	0,33	
20 tahun	0,81	0,81
	0,78	
	0,76	

Menurut Nugrahani dkk. (2021) fermentasi asam asetat akan bekerja secara optimal pada suhu 28-30°C dan pH 3,5-6,0. Selain itu, pada lama fermentasi yang melebihi daya optimal bakteri akan mengalami fase perlambatan pertumbuhan karena adanya pengaruh dari berkurangnya nutrisi dalam cuka. Mikroorganisme membutuhkan asupan makanan yang menjadi sumber energi yang menyediakan

sumber kimia dasar untuk pertumbuhan sel. Sumber energi berupa karbon diperoleh dari jenis gula karbohidrat.

Peningkatan kadar total asam selama fermentasi disebabkan oleh bakteri dan kapang yang memetabolisme sukrosa selama proses fermentasi menghasilkan beberapa asam organik seperti asam asetat, asam glukonat, dan asam glukuronat (Puspaningrum dkk., 2022). Hal ini dapat meningkatkan jumlah asam organik dan dapat disimpulkan bahwa tingginya kadar asam organik pada cuka apel meningkatkan jumlah keasaman total. Semakin lama waktu fermentasi, semakin banyak asam asetat yang terbentuk dari metabolisme *Acetobacter aceti*. Semakin lama fermentasi berlangsung, semakin asam produk fermentasi.

Berdasarkan hasil penelitian, fermentasi dengan lama 5 hari, 7 hari dan 9 hari menggunakan starter instan. Aktivitas antioksidan, kadar total fenol dan kadar total asam mengalami peningkatan pada lama fermentasi 5 hari hingga 7 hari dan menurun pada lama fermentasi 9 hari. Hal ini dikarenakan pada lama fermentasi 5 hari mikroba yang berperan dalam fermentasi mengalami fase lag. Pada fase lag jumlah massa sel akan mengalami peningkatan tanpa disertai peningkatan densitas sel. Lama fermentasi 7 hari merupakan fase log yang ditandai dengan membelahnya sel dengan cepat dan jumlah sel serta densitas sel meningkat. Selanjutnya pada lama fermentasi 9 hari jumlah sel mengalami penurunan atau fase stasioner karena nutrisi untuk pertumbuhan mikroba mulai berkurang yang mengakibatkan mikroba tidak dapat membelah (Januaresti dkk., 2016).

Starter adalah mikroba dalam jumlah dan kondisi fisiologi yang siap diinokulasikan pada media fermentasi. Starter instan dapat digunakan menggantikan kultur murni yang umumnya tersedia dalam bentuk bubuk kering

sehingga mempermudah penggunaan (Rukmi dkk., 2003). Viabilitas starter mikroba dipengaruhi oleh morfologi media pembawa dan suhu pengeringan yang digunakan selama pengeringan. Hal ini mengakibatkan terjadinya kenaikan dan penurunan jumlah sel dalam waktu singkat.

Menurut Zhao *et al.* (2021), fermentasi wine adalah proses biokimia yang kompleks yang dilakukan oleh banyak mikroorganisme, dan khamir sangat berperan dalam proses ini. Meskipun wine dapat dihasilkan dari fermentasi spontan oleh mikroba endogen, inokulasi *Saccharomyces cerevisiae* komersial adalah jenis ragi yang paling umum digunakan dalam produksi wine saat ini untuk menghindari beberapa problem potensial (misalnya fermentasi lamban) dan untuk mencapai produk akhir dengan kualitas seragam. Namun menurut beberapa pendapat, wine yang dihasilkan lebih seperti produk industrial dan kehilangan sifat alaminya seperti keragaman dan ciri khas.

Menurut Srihari (2012), lama fermentasi berpengaruh terhadap pertumbuhan antioksidan teh kombucha. Menurut Putra dkk. (2019), perbedaan lama fermentasi pada produksi wine menyebabkan nilai pH yang terkandung berbeda. Hal ini dikarenakan oleh khamir yang memproduksi metabolit sekunder terus berkembang biak dari hari ke hari. Metabolit sekunder yang terfermentasi berupa asam organik. Penurunan nilai pH juga mengindikasikan terjadinya produksi asam selama proses fermentasi wine. Keasaman yang dihasilkan pada wine disebabkan oleh tumbuhnya bakteri pembentuk asam asetat yang mengubah etanol menjadi asam asetat. Penurunan pH menunjukkan produksi asam asetat yang terjadi melalui oksidasi etanol menjadi asam asetat oleh enzim yang dihasilkan oleh bakteri asam asetat.

Faktor yang dapat memengaruhi proses fermentasi pembuatan cuka apel adalah nutrisi untuk mempercepat pertumbuhan dan perkembangan khamir. Sejumlah populasi pada mikroflora akan berkurang apabila sumber nutrisinya juga berkurang pada substrat fermentasi. Proses fermentasi akan berlangsung selama nutrisi masih ada serta faktor lingkungan yang baik. Fermentasi akan berhenti apabila sumber nutrisi sudah tidak tersedia dan faktor lingkungan yang tidak mendukung (Nurismanto dkk., 2014).

Fermentasi dengan lama 20 tahun, 1,5 tahun, dan 1 tahun menggunakan mikroba endogen yang dinamakan fermentasi spontan. Aktivitas antioksidan, kadar total fenol dan kadar total asam terus mengalami peningkatan mulai dari fermentasi 1 tahun sampai 20 tahun. Hal ini dikarenakan pada lama fermentasi tersebut mikroba mendegradasi substrat secara terus menerus. Mikroba endogen akan terus menerus dalam mendegradasi substrat karena mikroba endogen merupakan mikroba yang sudah ada dalam sari atau buah dan sudah terbiasa berada di lingkungan tersebut. Selain itu, mikroba endogen tidak mengalami beberapa proses pengawetan sehingga mikroba tersebut optimal dalam pertumbuhannya (Hao *et al.*, 2022).

4.4 Pemanfaatan Cuka Apel dalam Perspektif Islam

Allah SWT menciptakan bumi dan segala isinya untuk kehidupan manusia. Terdapat ribuan makhluk hidup di bumi, termasuk banyak tanaman yang berbeda. Seluruh manusia dapat memanfaatkan berbagai macam tanaman sebagai sumber penghasilan. Ayat al-Quran sebagai pedoman hidup manusia menjelaskan tumbuhan yang memiliki banyak manfaat dan tidak ada satupun yang sia-sia. Seperti halnya firman Allah SWT dalam Q.S. al-Anam (6): 141:

﴿وَهُوَ الَّذِي أَنْشَأَ جَنَّاتٍ مَّعْرُوشَاتٍ وَغَيْرِ مَعْرُوشَاتٍ وَالنَّخْلَ وَالزَّرْعَ مُخْتَلِفًا أُكُلُهُ
وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُتَشَابِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ كُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَآتُوا حَقَّهُ يَوْمَ حَصَادِهِ
وَلَا تُسْرِفُوا إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ (١٤١)﴾

Artinya : *“Dan Dialah yang menjadikan kebun-kebon yang berjunjung dan yang tidak berjunjung, pohon korma, tanam-tanaman yang bermacam-macam buahnya, zaitun dan delima yang serupa (bentuk dan warnanya) dan tidak sama (rasanya). Makanlah dari buahnya (yang bermacam-macam itu) bila dia berbuah, dan tunaikanlah haknya di hari memetik hasilnya (dengan disedekahkan kepada fakir miskin); dan janganlah kamu berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang yang berlebih-lebihan.”*

Menurut Q.S. al-Anam (6): 141 menjelaskan bahwa Allah telah menciptakan segala sesuatu di bumi dengan segala karunia-Nya. Allah menciptakan berbagai macam tanaman dengan berbagai macam baik tanaman merambat maupun tanaman berkayu yang kokoh. Dari tanaman tersebut akan berbuah yang bermacam-macam bentuk dan rasa. Oleh karena itu, Allah memerintahkan manusia untuk memanfaatkan buah-buahan tersebut tanpa menyia-nyiakannya, karena Allah tidak menyukai orang yang berlebihan (Jaelani, 2000).

Menurut Shihab (2003), hanya Allahlah yang menciptakan berbagai kebun baik tanaman menjalar maupun tanaman berkayu. Allah menciptakan pula pohon kurma dan tanaman-tanaman lain yang menghasilkan buah-buahan dengan berbagai warna, rasa, bentuk dan aroma yang berbeda-beda. Allah juga menciptakan buah zaitun dan delima yang serupa dalam beberapa segi, tetapi berbeda dari beberapa segi lain. Tanaman tersebut tumbuh di atas tanah dan disiram dengan air. Allah memerintahkan kita untuk memanfaatkan buahnya dengan baik dan mengeluarkan zakat saat buah-buah itu masak. Allah juga melarang untuk berlebih-lebihan dalam memakan buah-buahan itu, karena hal itu akan membahayakan diri sendiri dan akan mengurangi hak orang miskin.

Tanaman apel merupakan tanaman berbuah. Buah apel memiliki rasa manis dan segar. Buah apel dapat dimanfaatkan menjadi berbagai olah dengan harga jual tinggi seperti keripik apel, minuman sari apel, cuka apel dan lain-lain. Hal ini sudah dijelaskan dalam al-Quran bahwasannya Allah memerintahkan manusia untuk memanfaatkan tanaman yang ada di bumi dengan sebaik baiknya. Hal tersebut sudah ditegaskan dalam Q.S Luqman (31): 10:

خَلَقَ السَّمَاوَاتِ بِغَيْرِ عَمَدٍ تَرَوْنَهَا وَأَلْقَى فِي الْأَرْضِ رَوَاسِيَ أَنْ تَمِيدَ بِكُمْ وَبَثَّ فِيهَا
 مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ (١٠)

Artinya : *“Dia menciptakan langit tanpa tiang yang kamu melihatnya dan Dia meletakkan gunung-gunung (di permukaan) bumi supaya bumi itu tidak menggoyangkan kamu; dan memperkembang biakkan padanya segala macam jenis binatang. Dan Kami turunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik.”*

Kata *karim* dalam Q.S. Luqman (31): 10 yang terdapat diakhir ayat digunakan untuk mensifati segala sesuatu yang baik menurut objeknya. Rizki yang karim memiliki makna yang banyak, bermanfaat dan halal untuk dimakan. Tumbuhan yang karim merupakan tumbuhan yang subur serta menghasilkan apa yang diharapkan oleh penanam (Shihab, 2003). Tumbuhan yang dimaksud salah satunya adalah tanaman apel yang dapat dimanfaatkan dengan baik mulai dari akarnya hingga buahnya. Pemanfaatan ini dilakukan dengan tujuan untuk mensyukuri bahwasannya Allah menciptakan segala sesuatu di bumi ini tidak ada yang sia-sia.

Penelitian ini memanfaatkan buah apel untuk mengolahnya menjadi produk olahan bernilai jual tinggi yaitu cuka apel yang memiliki banyak manfaat yaitu dapat mencegah atau meminimalkan terjangkitnya penyakit dengan memanfaatkan senyawa yang terkandung dalam cuka apel serta kandungan yang terdapat cuka apel

dapat mencegah serangan radikal bebas yang menyebabkan berbagai penyakit degeneratif. Hal ini dapat dibuktikan bahwasannya semua bagian tumbuhan dapat dimanfaatkan dengan baik.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil penelitian menunjukkan adanya kenaikan aktivitas antioksidan pada lama fermentasi hari ke-5 dan mencapai puncak pada hari ke-7 setelah itu pada hari ke-9 mengalami penurunan. Berbeda dengan cuka apel dengan lama fermentasi 1 tahun, 1,5 tahun dan 20 tahun mengalami peningkatan yang tinggi.
2. Hasil penelitian menunjukkan adanya kesamaan kenaikan dan penurunan kadar total fenol dengan aktivitas antioksidan. Hal ini dikarenakan adanya korelasi antara kadar total fenol dan aktivitas antioksidan yaitu semakin tinggi kadar fenolik maka semakin tinggi aktivitas antioksidan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa apabila aktivitas antioksidan meningkat maka kadar total fenol juga meningkat, begitupun sebaliknya apabila aktivitas antioksidan menurun kadar total fenol juga menurun.
3. Hasil penelitian fermentasi cuka apel pada 5 hari, 7 hari dan 9 hari menunjukkan adanya peningkatan kadar asam dihari ke-5 dan akan naik dihari ke-7 setelah itu mengalami penurunan pada hari ke-9. Berbeda dengan cuka apel dengan lama fermentasi 1 tahun, 1,5 tahun dan 20 tahun. Kadar total asam asetat mengalami kenaikan secara signifikan.

5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan pada penelitian ini yaitu:

1. Untuk mendapatkan hasil terbaik pada cuka apel manalagi maka lama fermentasi yang perlu dilakukan yaitu 7 hari.

2. Uji proksimat tentang keberadaan senyawa sebagai antioksidan perlu dilakukan seperti uji kandungan alkohol, flavonoid, tanin, dan vitamin C.
3. Uji lanjutan berupa perbandingan fermentasi cuka apel dengan menggunakan starter instan dan cuka apel yang menggunakan bakteri endogen perlu untuk dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akanksha S, Sunita M. 2017. Study about the Nutritional and Medicinal Properties of Apple Cider Vinegar. *Asian J Sci Technol.* 8(12):6892-6894.
- Akhadiyah, I 2008. Pola Distribusi Apel (*Malus Sylvestris* Mill.) Poncokusumo. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Andarwulan N. 1995. *Isolasi dan Kerusakan Antioksidan dari Jinten (Curminum cyminum* Linn). IPB Press. Bogor
- Anggita, R. D. 2017. Studi Potensi Kulit Nanas Madu (*Ananas comosus* (L.) Merr.) Sebagai Bahan Anti Browning Buah Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.). *Skripsi.* Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Anggraini, G. H., N. Hanani, dan W.A.Gutama, Strategi Pengembangan Sari Apel Lestari: (Studi Kasus Di Koperasi Lestari Makmur, Desa Wonomulyo, Kecamatan Poncokusumo, Kabupaten Malang. *J. Ekon. Pertan. dan Agribisnis.* 1(1):33-43.
- Apriani, F., Idiawati, N. dan Destianti, L. 2016. Ekstrak Metanol Buah Lakum (*Cayratia trifolia* (L.) Domin) sebagai Indikator Alami pada Titrasi Basa Kuat Asam Kuat. *JKK.* 5(4).
- Atro, R. A., Periadnadi dan Nurmiati. 2015. Keberadaan Mikroflora Alami Dalam Fermentasi Cuka Apel Hijau (*Malus sylvestris* Mill.) Kultivar Granny Smith. *Jurnal Biologi Universitas Andalas.* 4(3).
- Baladina, N., Anindita, R., Isaskar, R., & Sukardi, S. 2013. Identifikasi Potensi Komoditi Pertanian Unggulan Dalam Penerapan Konsep Agropolitan Di Kecamatan Poncokusumo, Kabupaten Malang. *Agricultural Socio-Economics Journal.* 13(1):30-30.
- Baskara. 2010. *Pohon Apel itu Masih Bisa Berbuah Lebat.* Majalah Ilmiah Populer Bakosurtanal. Hal 78-82
- Birben, E., Sahiner, U. M., Sackesen, C., Erzurum, S., & Kalayci, O. 2012. Oxidative stress and antioxidant defense. *The World Allergy Organization journal.* 5(1):9-19.
- Chun, K.O., Kim Dae-ok., and Lee, Y.C. 2003. Superoxide Radical Scavenging Activity of the Major Polyphenol in Fresh Plums, *Journal Agric. Food Chem,* Department of Food Science and Tecnology, Cornell University, Geneva, New York.
- Dalimartha, S. dan Adrian F., 2013. *Fakta Ilmiah Buah dan Sayur.* Jakarta: Penebar Swadaya Grup.
- Damayanti, E. dan T. B. Suparjana. 2014. Efek penghambatan beberapa fraksi ekstrak buah mengkudu terhadap *Shigella dysenteriae*. *Prosiding Seminar Nasional Tehnik Kimia Kejuangan.* Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman. Yogyakarta
- Depag RI. 1422 H. *Al-Quran dan Terjemahnya.* al-Madinah al-Munawwarah : Mujamma' al-Malik Fahd li Tiba'at al-Mushaf asy-Syarif.
- Desmiaty, Y., Ratih H., Dewi M.A., dan Agustin R. 2008. Penentuan Jumlah Tanin Total pada Daun Jati Belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk.) dan Daun Sambang Darah (*Excoecaria bicolor* Hassk.) Secara Kolorimetri dengan Pereaksi Biru Prusia. *Ortocarpus.* 8(106-109).

- Dohitra, M., Hapsari, Y., & Estiasih, T. 2015. Variasi Proses Dan Grade Apel (*Malus sylvestris* mill) Pada Pengolahan Minuman Sari Buah Apel: Kajian Pustaka Processing and Grade Variation Apple (*Malus Sylvestris* mill) in Apple Extract Drink Processing. *A Review*. 3(3):939–949.
- Dungir, S. G., G.K. Dewa, S.K. Vanda, 2012. Aktivitas aktioksidan ekstrak fenolik dari kulit buah manggis (*Garcinia mangostana* L.),” *Jurnal Mipa Unsrat Online*, 1(1):11-15.
- Dwiputri, M.C. 2018. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Total Asam Tertitrasi, Total Flavonoid, dan Aktivitas Antioksidan Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.). *Skripsi*. Universitas Sanata Dharma.
- Ester, S.R., Mukarlina, dan Rahmawati. 2021. Aktivitas Bakteri Asam Asetat dalam Proses Pembuatan Cuka Daging Pisang Mas (*Musa acuminata* L.). *Jurnal Protobiont*. 10(1).
- Hagerman, Ann, E. 2002. *Tannin Handbook*. Miami University. USA
- Hamidah, J. 2016. *Sehat Tanpa Obat Dengan Apel – Seri Apotek Dapur*. Yogyakarta : ANDI.
- Hao, H., Yan, R., Miao, Z., Wang, B., Sun, J., & Sun, B. (2022). Volatile organic compounds mediated endogenous microbial interactions in Chinese baijiu fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 383, 109955.
- Harborne JB.1999. *Metode Fitokimia*. Padmawinata K, Soediro I, penerjemah, Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Hardoko, Prihanto, N. H., dan Sasmito, B. B. 2019. Aktivitas Antioksidan dan Karakteristik Cuka Buah Mangrove Pedada (*Sonneratia alba*). *Journal of Fisheries and Marine Research*. 3(3).
- Hassmy, N.P., J. Abidjulu, dan A. Yudistira. 2017. Analisis Aktivitas Antioksidan Pada Teh Hijau Kombucha Berdasarkan Waktu Fermentasi Yang Optimal. *Jurnal Ilmiah Farmasi*. Vol. 6, No. 4.
- Hembing. 2006. *Ramuan Lengkap Herbal Taklukan Penyakit*. Pustaka Bunda Universitas. Jakarta.
- Hemilä H (1994) Does vitamin C alleviate the symptoms of the common cold? a review of current evidence. *Scand J Infect Dis*. 26(1-6).
- Hernani dan Raharjo, M., 2005, *Tanaman Berkhasiat Antioksidan*, Cetakan I, Penebar Swadaya, Jakarta, Hal 3, 9, 11, 16-17.
- Imama, I., & Hidayati, N. I. 2018. Analisa Pendapatan Usaha Tani Apel (*Malus sylvestris* Mill) Di Kabupaten Pasuruan (Studi Kasus Desa Andonosari Kecamatan Tukur Kabupaten Pasuruan). *Jurnal Agromix*. 8(1):18-26.
- Jaelani, A.F. 2000. *Penyucian Jiwa dan Kesehatan Mental (Tazkiyat An-Nafs)*. Anjah
- Januaresti, A. A., Sutrisno, E. T. dan Taufik, Y. 2016. Pengaruh Konsentrasi Inokulum Acetobacter aceti dan Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik Vinegar Murbei (*Morus alba*). Jurusan Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Bandung.
- Jaya, I. G. N. I. P., Leliqia, N. P. E., dan Widjaja, I. N. K. 2012. Uji Aktivitas Penangkapan Radikal DPPH Ekstrak Produk Teh Hitam (*Camellia sinensis* (L.) O.K.) dan Gambir (*Uncaria gambir* (Hunter) Roxb) serta Profil Klt-Densitometernya. *Jurnal Farmasi Udayana*. 1(1).
- Johnston and Gaas. 2006. Vinegar: Medicinal Uses and Antiglycemic Effect. *MedGenMed*. 8(2).

- Karim, N. M. 2011. Perbandingan Efektivitas Cuka Apel dan Dietilpropion Terhadap Penurunan Berat Badan Tikus (*Rattus norvegicus*). *Skripsi*. Fakultas Kedokteran Univevrsitas Indonesia. Jakarta.
- Kuncoro, G. C. A. 2019. Pengaruh Lama Waktu Fermentasi Terhadap Aktioksidan dan Karakteristik Fisik Teh Kombucha Daun Ginseng Jawa (*Talinum paniculatum* Gaertn.) *Skripsi*. Universitas Sanata Dharma.
- Kuntari dan Madiyanto. 2019. Pemulihan Tanaman Apel di Desa Gubugklakah, Poncokusumo sebagai Implementasi Sistem Inovasi Daerah (SIDa) Kabupaten Malang. *Jurnal Karta Raharja*. 1(1).
- Kurniawan, R. F. 2014. *Khasiat dan Manfaat Dahsyatnya Kulit Apel*. Healthy Books. Jakarta.
- Leasa, H. dan Matdoan, M. N. 2015. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Total asam Cuka Aren (*Arenga pinnata* Merr.). *Biopendix*. 1(2):140-145.
- Liu, Qing & Tang, Guoyi & Zhao, Caining & Gan, Ren-You & Li, Hua-Bin. 2019. Antioxidant Activities, Phenolic Profiles, and Organic Acid Contents of Fruit Vinegars. *Antioxidants*. Vol 8(78).
- Luwihana, S., Kuswanto, K. R., Rahayu, E. S., & Sudarmadji, S. 2010. Fermentasi Asam Asetat Dengan Sel Amobil Acetobacter Pasteurianus INT-7 Dengan Variasi Ph Awal Dan Kadar Etanol. *Agritech: Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM*. 30(2), 123–132.
- Marjoni, M. R., Afrinaldi dan Novita, A. D. 2015. Kandungan Total Fenol Dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Air Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.). *Jurnal Kedokteran YARSI*. Vol. 23(3).
- Masriatini, R. 2016. Penambahan Induk Cuka Pada Pembuatan Asam Asetat Dari Bonggol Pisang Uli (*Musa X Paradisiacal Triploid Aab*). *Jurnal Redoks Teknik Kimia*. 1(1):65-72.
- Molyneux, P. 2004. The Use Of The Stable Free Radikal Diphenyl Picrylhydrazyl (DPPH) For Estimating Antioxidant Activity. *Journal Science of Technology*. 26(2):211-219.
- Morgan, J., & Mosawy, S. 2017. The Potential of Apple Cider Vinegar in the Management of Type 2 Diabetes. *International Journal of Diabetes Research*. 5(6).
- Novitasari, A., Warkoyo, dan Winarsih, S. 2019. Pemanfaatan Limbah Padat Sari Apel sebagai Bahan Baku Cuka Apel Menggunakan Metode Backslop. *Research Article*.
- Nugraheni, M. 2011. Potensi Makanan fermentasi sebagai Makanan Fungsional. *Seminar Nasional Wonderful Indonesia*. Universitas Negeri Yogyakarta Press. Yogyakarta.
- Nuryanti, Siti, dkk. 2010. Indikator Titrasi Asam-Basa Dari Ekstrak Bunga Sepatu (*Hibiscus rosasinensis* L). *Skripsi*. Yogyakarta. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada.
- Orey, C. 2008. *Khasiat Cuka: Cairan Ajaib Penyembuh Alami*. Penerbit Hikmah. Jakarta.
- Pertiwi, D. P., Yari, C. E., dan Putra, N. F. 2016. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Limbah Kulit Buah Apel (*Malus domestica* Borkh.) Terhadap Radikal Bebas Dpph (2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazil). *Jurnal Ilmiah Manuntung*. Vol 2(1).

- Prabowo, A. 2011. *Pengawetan Dedak Padi dengan Cara Fermentasi*. Litbang. Sumatera Selatan.
- Prajatama, K. Nugroho, F. K., Sentosa, A. F., Fauziah, S., dan Hartanto. 2019. Deteksi Kualitas Buah Apel Malang Manalagi Menggunakan Algoritma Naive Bayes. *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*. Vol 8 (1).
- Prihatman, 2000. *Apel (Malus sylvestris Mill)*. Jakarta: BAPPENAS.
- Purwanto, D., Bahri, S., & Ridhay, A. (2017). Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Buah Purnajiwa (*Kopsia arborea* Blume.) Dengan berbagai Pelarut. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 3(1), 24–32
- Puspaningrum, D. H., Sumadewi, N. H. dan Sari, N. K. 2022. Karakteristik Kimia dan Aktivitas Antioksidan Selama Fermentasi Kombucha Cascara Kopi Arabika (*Coffea arabika* L.) Desa Catur Kabupaten Bangli. *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*. Vol 5 (2).
- Putra, Gede Bagus Suwarrizki G., Ida Bagus Wayan Gunam, I Made Mahaputra Wijaya. 2019. Aktivitas Antioksidan *Lactobacillus rhamnosus* FBB Secara in Vitro. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno*. Vol. 4 (1).
- Putra, G.G., Wartini, N.M., Darmayanti, L.P.T. 2017. Kajian Metode dan Waktu Fermentasi Cairan Pulpa pada Perubahan Karakteristik Cuka Kakao. *Agritech*. 37(39– 48).
- Rahmi, A., Hardi, N. dan Hevira, L. 2021. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Pisang Kepok, Pisang Mas Dan Pisang Nangka Menggunakan Metode DPPH. *Jurnal Ilmu Farmasi dan Farmasi Klinik (JIFFK)*. Vol 18(2).
- Rohmatussolihat. 2009. Antioksidan Penyelamat Sel-sel Tubuh Manusia. *Bio Trends*. 4(1).
- Rukmi, W. D., Zubaidah, E., dan Maria, M. 2003. Pembuatan Starter Kering Kultur Campuran Bakteri Asam Laktat Dan *Saccharomyces cereviceae* Untuk Proses Fermentasi Produk Sereal Instan. *Jurnal Teknologi Pertanian*. Vol 4(1) : 56-59.
- Sa'adah, dan Teti Estiasih. 2015. Karakteristik Minuman Sari Apel Produksi Skala Mikro dan Kecil Di Kota Batu: Kajian Pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 3(2):374-380.
- Salim, M. P. dan Susetyo, C. 2021. Model Optimasi Pengembangan Agroindustri Komoditas Apel di Kecamatan Poncokusumo Kabupaten Malang. *Jurnal Teknik*. 10(2)
- Sellitasari.S, dan A.A Suryanto. 2013. Perbedaan Produksi Tanaman Apel (*Malus sylvestris* Mill.) Pada Agroklimat yang Berbeda. *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(1).
- Shihab, M. Quraish. 2003. *Tafsir al-Misbah; Pesan, Kesan, dan Keserasian Alquran*. Jakarta: Lentera Hati.
- Soeharsono. 2010. *Probiotik Basis Ilmiah*. Widya Padjajaran. Bandung.
- Soelarso, O. 1997. *Budidaya Apel*. Yogyakarta : Kanisius.
- Srihari T, U Satyanarayana. 2012. Changes in Free Radical Scavenging Activity of Kombucha during Fermentation. *J. Pharm. Sci. & Res*. Vol.4 (11).
- Sriwahyuni. 2015. Pemanfaatan kulit nanas (*Ananas comosus*) sebagai Bahan Baku Pembuatan Cuka dengan Penambahan *Acetobacter aceti*. *Skripsi*. Surakarta. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sufrida, Y., Irlansyah E. J., dan Mufatis, W. 2006. *Khasiat dan Manfaat Apel*. Gromedia Pustaka. Jakarta.

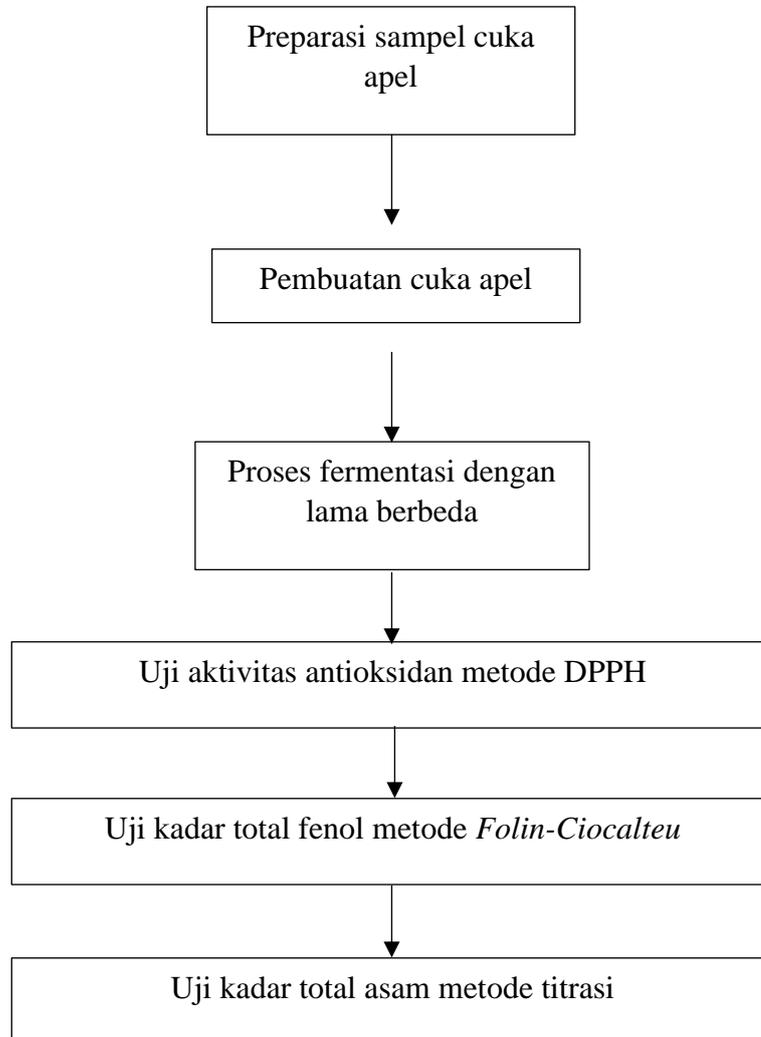
- Suhaenah, A. 2016. Pengaruh Variasi Konsentrasi Cairan Penyari Etanol Terhadap Kadar Polifenol pada Daun Biduri (*Calotropis gigantean* L.). *As-Syifaa*. 8(2):12-14.
- Suhardini, P. N. dan Zubaidah, E. 2016. Studi Aktivitas Antioksidan Kombucha dari Berbagai Jenis Daun Selama Fermentasi. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 4(1).
- Suharyanto, E., dan S. Mulato. 2008. *Kinerja Perangkat Elektronik Digital untuk Mengukur Lama Fermentasi Biji Kakao (Theobroma cacao L.) Disampaikan pada Simposium Kakao*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Jember
- Sulaiman, E., B. Purwanto, L. Lasminingrum, Y.A. Dewi, S. Mahdiani. 2015. Potensi Larutan Cuka Apel pada Penderita Otomikosis. *Journal of Medicine and Health*. 1(2):143–155.
- Suprihatin. 2010. *Teknologi Fermentasi*. Surabaya: UNESA Pres.
- Supriyanti dan E.Suryani. 2006. Peranan, peluang dan kendala pengembangan agroindustri di Indonesia. *Forum Penelit. Agro Ekon*. 24(2).
- Susanto, T. dan Saneto, B. 1994. *Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian*. Bina Ilmu, Surabaya.
- Susiloningrum, D. dan Sari, D. E. M. 2021. Uji Aktivitas Antioksidan Dan Penetapan Kadar Flavonoid Total Ekstrak Temu Mangga (*Curcuma manggavaleton* & Zijp) Dengan Variasi Konsentrasi Pelarut. *Cendekia Journal of Pharmacy*. Vol 5(2).
- Syamsuhidayat dan Hutapea, J.R. 1991 *Inventaris Tanaman Obat Indonesia*, Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Jakarta. Hal. 305-306.
- Tardío, J., Arnal, A. & Lázaro, A. 2021. Ethnobotany of the crab apple tree (*Malus sylvestris* (L.) Mill., Rosaceae) in Spain. *Genet Resour Crop Evol*. Vol 68(795–808).
- Tristantini, D., Ismawati, A., Pradana, B. T., & Jonathan, J. G. 2016. Pengujian Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode DPPH pada Daun Tanjung (*Mimusops elengi* L). *Paper presented at Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan 2016*, Yogyakarta, Indonesia.
- Untung, Onny. 1994. *Jenis dan Budi Daya Apel*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Widowati, W. 2005. Peran Antioksidan Sebagai Agen Hipokolesterolimia Pencegah Oksidasi Lipid dan Aterosklerosis. *Majalah Kedokteran Domianus*. 6 (3):227–35.
- Wildman, R.E.C. 2001. *Handbook of Nutraceuticals and Functional Food*. CRC Press. Oca Raton.
- Winarsi, H. 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas Potensi dan Aplikasinya dalam Kesehatan*. Yogyakarta. Kanisius.
- Wulandari, B. E., Harlita, dan Muzzayinah. 2011. Implementasi Hasil Penelitian Identifikasi Fungi Dalam Tape Talas (*Colocasia esculenta*) Sebagai Sumber Belajar Berupa Modul Pada Pokok Bahasan Fungi Terhadap Keterampilan Menginterpretasi Data Siswa Kelas X Sma Al Islam 1 Surakarta Tahun Ajaran 2011/2012. *Pendidikan Biologi*. 3(2):65-67.
- Yasminto, H. M., Chairul, & Utami, S. P. 2019. Pengaruh Volume Inokulum *Acetobacter aceti* dan Waktu Fermentasi Terhadap Fermentasi Asam Asetat

dari Nira Aren (*Arenga pinnata*). *Jurnal Online Mahasiswa FTEKNIK*. Vol 6 1(-6).

Zhao, Y., Sun, Q., Zhu, S. Du, f., Mao, R., Liu, L., Tian, B. dan Zhu, B. 2021. Biodiversity of non-Saccharomyces yeasts associated with spontaneous fermentation of Cabernet Sauvignon wines from Shangri-La wine region, China. *Sci Rep*. Vol 11 (5150).

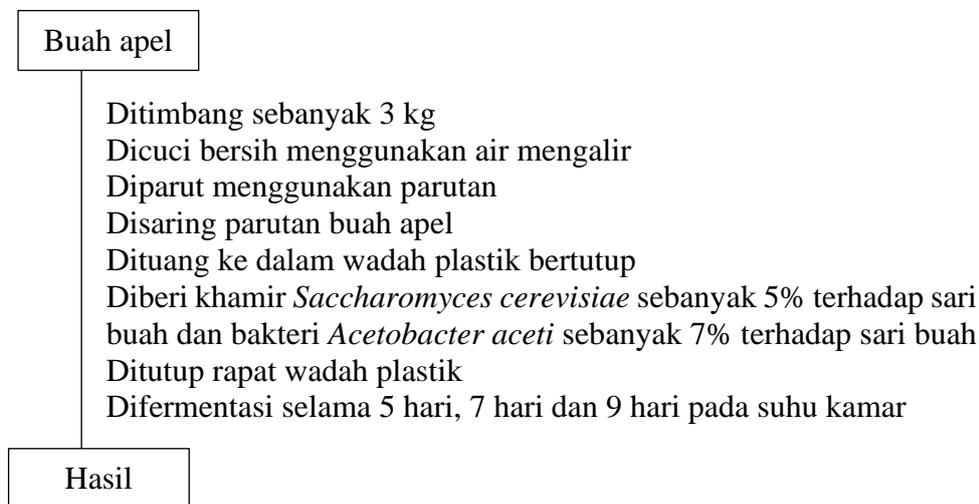
LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian



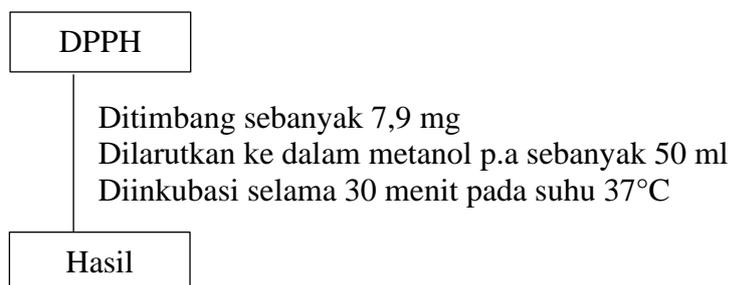
Lampiran 2. Diagram Alir

1.2.1. Preparasi Sampel

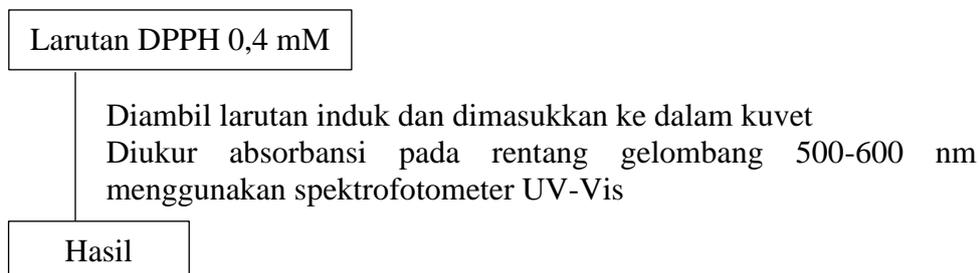


1.2.2. Uji Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode DPPH

- Pembuatan larutan induk DPPH 0,4 mM



- Penentuan panjang gelombang maksimum



Diukur serapan pada panjang gelombang 765 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis

Hasil

- Penetapan kadar total fenol dengan metode *Folin-Ciocalteu*

Cuka Apel

Dipipet 10 μ l cuka apel dan ditambahkan aquades sebanyak 10 ml
 Dipipet 0,2 ml larutan sampel ke dalam beaker glass
 Ditambahkan 15,8 ml aquades dan 1 ml reagen *Folin-Ciocalteu*
 Dihomogenkan dan didiamkan selama 8 menit
 Ditambahkan 3 ml larutan Na_2CO_3 10%
 Dihomogenkan dan didiamkan selama 2 jam pada suhu kamar
 Diukur serapan pada panjang gelombang 765 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis

Hasil

1.2.4. Uji Kadar Total Asam dengan Metode Titrasi

Cuka Apel

Diambil cuka apel sebanyak 5 ml
 Ditambahkan aquades sampai 50 ml dan dihomogenkan
 Diambil larutan sampel sebanyak 5 ml ke dalam erlenmeyer
 Ditambahkan 2-3 tetes indikator PP
 Dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N

Hasil

Lampiran 3. Pengujian Aktivitas Antioksidan

1.3.1. Hasil Pengujian Aktivitas Antioksidan

Lama Fermentasi	Ulangan	Blanko	Abs	Persentation Inhibition (%)	Rata-rata (%)
5 hari	1	0,7085	0,6351	10,36	10,304
	2	0,7089	0,6389	9,87	
	3	0,7098	0,6340	10,68	
7 hari	1	0,7110	0,2263	68,17	59,453
	2	0,7110	0,2910	59,07	
	3	0,7119	0,3480	51,12	
9 hari	1	0,7145	0,5017	29,78	31,773
	2	0,7153	0,4668	34,74	
	3	0,7134	0,4937	30,80	
1 tahun	1	0,7140	0,1445	79,76	81,315
	2	0,7147	0,1305	81,74	
	3	0,7154	0,1256	82,44	
1,5 tahun	1	0,7166	0,0610	91,49	86,482
	2	0,7174	0,1421	80,19	
	3	0,7169	0,0877	87,77	
20 tahun	1	0,7172	0,0307	95,72	95,117
	2	0,7182	0,0342	95,24	
	3	0,7188	0,0403	94,39	

1.3.2. Perhitungan Persentase Inhibition

- PI 5 hari ulangan 1

$$= \left(\frac{0,7085 - 0,6351}{0,7085} \right) \times 100\% = 10,36\%$$

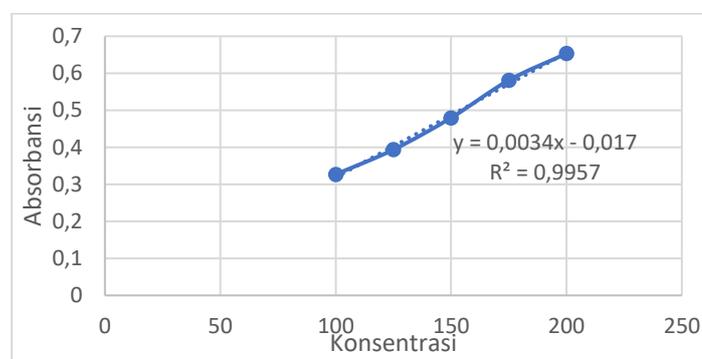
- PI 1 tahun ulangan 1

$$= \left(\frac{0,7140 - 0,1445}{0,7140} \right) \times 100\% = 79,76\%$$

Lampiran 4. Pengujian Kadar Total Fenol

1.4.1. Hasil Pengukuran Absorbansi Asam Galat dengan Berbagai Konsentrasi

Konsentrasi	Abs
100	0,3268
125	0,3937
150	0,4797
175	0,5809
200	0,6531



1.4.2. Hasil Pengujian Kadar Total Fenol

Lama Fermentasi	Ulangan	Abs	Kandungan total fenol (ml GAE/L sampel)	Rata-rata
5 hari	1	0,0244	2,176	2,176
	2	0,026	2,647	
	3	0,0298	3,765	
7 hari	1	0,0331	4,735	4,735
	2	0,0358	5,529	
	3	0,0334	4,824	
9 hari	1	0,0269	2,912	2,912
	2	0,0256	2,529	
	3	0,025	2,353	
1 tahun	1	0,0418	7,294	7,294
	2	0,0419	7,324	
	3	0,0431	7,676	
1,5 tahun	1	0,0514	10,118	10,118

	2	0,0558	11,412	
	3	0,0543	10,971	
20 tahun	1	0,0665	14,559	14,559
	2	0,068	15,000	
	3	0,0678	14,941	

Lampiran 5. Pengujian Kadar Total Asam

1.5.1. Hasil Pengujian Kadar Total Asam

Lama Fermentasi	Ulangan	mL Titrasi NaOH	Kadar Total Asam Tertitrasi (%)	Rata-rata (%)
5 hari	1	0,7	0,08	0,08
	2	0,6	0,07	
	3	0,5	0,06	
7 hari	1	0,85	0,10	0,10
	2	1,15	0,14	
	3	1	0,12	
9 hari	1	0,75	0,06	0,09
	2	0,65	0,07	
	3	0,75	0,07	
1 tahun	1	0,4	0,05	0,05
	2	0,25	0,03	
	3	0,2	0,02	
1,5 tahun	1	6,75	0,36	0,36
	2	6,5	0,27	
	3	6,3	0,33	
20 tahun	1	3	0,81	0,81
	2	2,25	0,78	
	3	2,75	0,76	

1.5.2. Perhitungan Kadar Total Asam

- Kadar total asam 5 hari ulangan 1

$$= \frac{0,7 \times 0,1 \times 60}{5 \times 1000} \times 100\% = 0,08\%$$

- Kadar total asam 1 tahun ulangan 1

$$= \frac{0,4 \times 0,1 \times 60}{5 \times 1000} \times 100\% = 0,05\%$$

Lampiran 6. Perhitungan Pembuatan Reagen dan Larutan

1.6.1. Pembuatan larutan etanol 96%

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$99,98 \% \times V_1 = 96 \% \times 500 \text{ mL}$$

$$V_1 = 480,096 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat larutan methanol 96 % diambil sebanyak 480,096 mL etanol 99,98 % dan diencerkan dengan aquades hingga volume 500 mL.

1.6.2. Pembuatan Larutan Na_2CO_3 10%

Ditimbang 10 gram Na_2CO_3 kemudian ditambahkan aquades sebanyak 100 ml sehingga didapatkan Na_2CO_3 10%.

1.6.3. Pembuatan Konsentrasi Asam Galat

Dipipet larutan asam galat konsentrasi 1 mg/ml sebanyak 1 ml, 1,25 ml, 1,5 ml, 1,75 ml, dan 2 ml, kemudian secara berturut-turut diencerkan dengan aquades sampai volume akhir 10 ml sehingga didapatkan konsentrasi 100, 125, 150, 175, dan 200 $\mu\text{g/ml}$ asam galat.

Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian

Kegiatan	Keterangan
	Buah Apel Manalagi
	Proses pamarutan buah apel
	Sari buah apel
	Proses fermentasi sari apel
	Hasil fermentasi sari apel

		Inkubasi sampel pada uji aktivitas antioksidan
		Sampel cuka apel yang sudah diinkubasi siap dibaca menggunakan spektrofotometer UV-Vis
		Pembuatan larutan asam galat
		Campuran reagen <i>Folin-Ciocalteu</i> dengan larutan asam galat dan Na_2CO_3 10% setelah didiamkan selama 2 jam
		Campuran reagen <i>Folin-Ciocalteu</i> dengan larutan sampel dan Na_2CO_3 10% setelah didiamkan selama 2 jam



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

Form Checklist Plagiasi

Nama : Isfi Hanifatul Ulya
NIM : 19620004
Judul : Identifikasi Kandungan Cuka Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.) dengan Fermentasi Berbeda

No	Tim Check plagiasi	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc		
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc		
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si	257	
4	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc		
5	Maharani Retna Duhita, M.Sc., PhD.Med.Sc		



Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi

Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.
NIP. 19741018 200312 2 002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG

Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341)551354, Fax. (0341) 572533
Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: info@uin-malang.ac.id

JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 19620004
Nama : Isfi Hanifatul Ulya
Fakultas : Sains dan Teknologi
Program Studi : Biologi
Dosen Pembimbing : Tyas Nyonita Pnjungsari, M.Sc
Umairyatus Syarifah, M.A
Judul Laporan : Analisis Kandungan Cuka Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.)
dengan Lama Fermentasi Berbeda

IDENTITAS BIMBINGAN

No.	Tanggal	Nama Pembimbing	Deskripsi Konsultasi	Tahun Akademik	Status
1.	22 September 2022	Tyas Nyonita Pnjungsari, M.Sc	Konsultasi Judul Penelitian	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
2.	02 Desember 2022	Tyas Nyonita Pnjungsari, M.Sc	Konsultasi BAB I dan II	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
3.	03 Januari 2023	Tyas Nyonita Pnjungsari, M.Sc	Revisi BAB I, II, dan konsultasi BAB III	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
4.	09 Januari 2023	Tyas Nyonita Pnjungsari, M.Sc	Revisi BAB I, II dan BAB III	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
5.	11 Januari 2023	Tyas Nyonita Pnjungsari, M.Sc	ACC Proposal	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
6.	09 Januari 2023	Umairyatus Syarifah, M.A	Konsultasi Integrasi BAB I dan BAB II	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
7.	11 Januari 2023	Umairyatus Syarifah, M.A	ACC Integrasi BAB I dan BAB II	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
8	21 Maret 2023	Tyas Nyonita Pnjungsari, M.Sc	Konsultasi saran dan masukan hasil sempro terkait metode penelitian	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
9	30 Mei 2023	Tyas Nyonita Pnjungsari, M.Sc	Bimbingan hasil BAB IV	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG

Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341)551354, Fax. (0341) 572533
Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: info@uin-malang.ac.id

10	05 Juni 2023	Tyas Nyonita Pnjungsari, M.Sc	Bimbingan BAB IV dan BAB V	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
11	06 Juni 2023	Tyas Nyonita Pnjungsari, M.Sc	ACC revisi BAB IV dan BAB V	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
12	06 Juni 2023	Umaiyatus Syarifah, M.A	Bimbingan BAB I-V penambahan integrasi sains di BAB II dan BAB IV	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
13	07 Juni 2023	Umaiyatus Syarifah, M.A	Revisi dan ACC BAB I-V	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Proposal

Malang, 07 Juni 2023

Dosen Pembimbing I

Tyas Nyonita Pnjungsari, M.Sc
NIP. 19920507 201903 2 026

Dosen Pembimbing II

Umaiyatus Syarifah, M.A
NIP. 19820925 200901 2 005

Ketua Program Studi Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002