

**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK ETANOL BUAH STROBERI (*Fragaria* sp.)
HASIL PENGERINGAN MENGGUNAKAN *FREEZE DRYING***

SKRIPSI

Oleh :
SAIFUDDIN ZUHRI
NIM. 19630017



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2026**

**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK ETANOL BUAH STROBERI (*Fragaria* sp.)
HASIL PENGERINGAN MENGGUNAKAN *FREEZE DRYING***

SKRIPSI

**Oleh :
SAIFUDDIN ZUHRI
NIM. 19630017**

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2026**

**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK ETANOL BUAH STROBERI (*Fragaria* sp.)
HASIL PENGERINGAN MENGGUNAKAN *FREEZE DRYING***

SKRIPSI

Oleh :
SAIFUDDIN ZUHRI
NIM. 19630017

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 15 Juni 2026

Pembimbing I



Dr. Anik Maunatin, S.T., M.P.
NIP. 19760105 202321 2 012

Pembimbing II



A. Ghanaim Fasya, M.Si
NIP. 19820616 200604 1 002

Mengetahui,
Ketua Program Studi



A. Ghanaim Fasya, M.Si
NIP. 19820616 200604 1 002

**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK ETANOL BUAH STROBERI (*Fragaria* sp.)
HASIL PENGERINGAN MENGGUNAKAN *FREEZE DRYING***

SKRIPSI

Oleh :
SAIFUDDIN ZUHRI
NIM. 19630017

**Telah Dipertahankan Didepan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 24 Juni 2026**

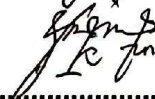
**Ketua Penguji : Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19810811 200801 2 010**

(.....)

**Anggota Penguji I : Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si
NIP. 19831226 201903 2 008**

(.....)

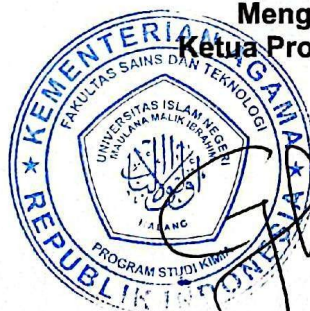
**Anggota Penguji II : Dr. Anik Maunatin, S.T., M.P.
NIP. 19760105 202321 2 012**

(.....)

**Anggota Penguji III : A. Ghanaim Fasya, M.Si
NIP. 19820616 200604 1 002**

(.....)

**Mengetahui,
Ketua Program Studi**



**A. Ghanaim Fasya, M.Si
NIP. 19820616 200604 1 002**

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Saifuddin Zuhri
NIM : 19630017
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Buah Stroberi (*Fragaria* Sp.) Hasil Pengeringan Menggunakan *Freeze drying*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pemikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Yang membuat pernyataan
Malang, 26 Juni 2026



Saifuddin Zuhri
NIM. 19630017

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Kedua orang tua tercinta, Bapak Mujiyanto, S.Pd dan Ibu Siti Muslikah dan Kakak apt. Muhammad Habiburrohman, S.Farm yang senantiasa memberikan dukungan kasih sayang, didikan serta do'a yang selalu mengiringi tiap langkah saya.

Terimakasih tak terhingga saya ucapkan kepada Ibu Dr. Anik Maunatin, S.T.,M.P, Bapak A. Ghanaim Fasya, M.Si, dan Ibu Eny Yulianti M.Si yang telah dengan sabar mendidik dan membimbing saya, baik dalam bimbingan skripsi atau dalam pelajaran akhlak kehidupan. Terimakasih juga saya ucapkan kepada penguji skripsi saya, Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si, dan Ibu Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si yang telah banyak memberikan saran dan masukan atas tersusunnya skripsi ini.

Terimakasih saya ucapkan kepada Bapak/Ibu dosen yang mengajar saya dalam mata kuliah yang saya tempuh.

Kepada teman-teman kimia angkatan 2019 dan sahabat santri Pondok Pesantren Mahasiswa Al-Hikam Malang yang memberikan dukungan kepada selama proses penulisan maupun penelitian skripsi. Semoga suatu saat kebersamaan dan pertemanan yang singkat ini bisa berbuah di kemudian hari.

MOTTO

وَمَا الْفَخْرُ بِالْعَظْمِ الرَّمِيمِ وَإِنَّمَا
فَخَارُ الَّذِي يَبْغِي الْفَخَارَ بِنَفْسِهِ

Dan bukanlah kebanggaan itu dengan (membanggakan) tulang belulang yang telah hancur lapuk (leluhur yang sudah wafat), melainkan kebanggaan itu milik orang yang meraih kemuliaan atas usaha dirinya sendiri.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat, Taufiq, Hidayah, serta Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal yang berjudul **“UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK ETANOL BUAH STROBERI (*Fragaria* sp.) HASIL PENGERINGAN MENGGUNAKAN *FREEZE DRYING*”** yang dilaksanakan pada Mei 2026

Sholawat serta salam semoga senantiasa terlimpah kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing kita dari zaman jahiliyah menuju ke zaman yang terang benderang, yang diridhoi Allah SWT yakni ad-Dinul Islam. Semoga Allah melimpahkan atas beliau, rahmat sebagai pahala atas amal perbuatan beliau, serta kepada semua keluarga, sahabat dan para pengikut yang senantiasa meneruskan perjuangan sampai saat ini hingga akhir zaman.

Skripsi merupakan salah satu dari rangkaian keharusan yang ditempuh oleh mahasiswa untuk menyelesaikan tugas akhir S-1 (Strata-1) di Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Penyusunan dari skripsi ini tidak luput dari bantuan seluruh pihak yang mendukung penuh hingga skripsi ini terselesaikan, dengan penuh rasa hormat dan kerendahan hati, patutlah kiranya penulis mengucapkan terimakasih sedalam-dalamnya kepada semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungannya dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Ilfi Nur Diana, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Agus Mulyono, M.Kes selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. A. Ghanaim Fasya, M.Si selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Dr. Anik Maunatin, S.T.,M.P. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan nasehat kepada penyusun dalam menyelesaikan proposal.
5. A. Ghanaim Fasya, M.Si selaku pembimbing agama yang memberikan bimbingan, pengarahan, dan nasehat kepada penulis dalam menyelesaikan proposal ini.
6. Seluruh Dosen Program Studi Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengalirkan ilmu pengetahuan, pengalaman, wacana, dan wawasannya sebagai pedoman dan bekal bagi penyusun guna menyelesaikan proposal.
7. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan proposal ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini jauh dari kata sempurna dan masih memiliki banyak kekurangan. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan dengan tujuan perbaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca ataupun pihak lainnya.

Malang, 18 Mei 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ix
MOTTO.....	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
ABSTRAK	xxiii
ABSTRACT	xxv
مستخلص البحث	xxvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Pemanfaatan Buah dalam Perspektif Islam.....	7
2.2 Buah Stroberi (<i>Fragaria sp.</i>).....	8
2.3 Pengeringan menggunakan <i>Freeze drying</i>	10
2.4 Antioksidan	11
2.5 <i>Freeze drying</i>	13
2.6 Ekstraksi Stroberi dengan Metode Sonikasi.....	14
2.7 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR).....	15
2.8 Metode Analisis Aktivitas Antioksidan Metode Spektrofotometri Ultraviolet-Visible (UV-Vis) dengan Reagen 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH).....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Waktu dan Tempat.....	19

3.2	Alat dan Bahan	19
3.2.1	Alat	19
3.2.2	Bahan	19
3.3	Rancangan Penelitian	19
3.4	Tahapan Penelitian	20
3.5	Prosedur Kerja	20
3.5.1	Preparasi Sampel (<i>Fragaria sp.</i>) (Habibi <i>et al.</i> , 2019)	20
3.5.2	Ekstraksi Sampel (Rahman, 2016).....	20
3.5.3	Analisis Kuantitatif Aktivitas Antioksidan (Destrianggi dan Kautsar, 2022) ..	21
3.5.3.1	Pembuatan Larutan Stok DPPH 0,2 mM	21
3.5.3.2	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum DPPH.....	21
3.5.3.3	Pembuatan Larutan Kontrol.....	21
3.5.3.4	Pembuatan Larutan Uji Ekstrak Buah Stroberi (<i>Fragaria sp.</i>)	21
3.5.3.5	Pengukuran Absorbansi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis...	22
3.5.3.6	Analisis Aktivitas Antioksidan	22
3.5.4	Pengujian FTIR pada Ekstrak Stroberi	22
3.5.5	Analisis Data	23
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1	Preparasi Buah Stroberi.....	25
4.2	Pengeringan Buah Stroberi menggunakan metode <i>Freeze drying</i>	25
4.3	Ekstraksi Serbuk Buah Stroberi Menggunakan Metode Sonikasi Dengan Pemekatan <i>Rotary evaporator</i>	26
4.4	Uji Aktivitas Antioksidan Pada Ekstrak Buah Stroberi.....	27
4.4.1	Penentuan Panjang gelombang serapan maksimum DPPH	27
4.4.2	Penentuan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Stroberi	29
4.5	Pengujian FTIR Ekstrak Buah Stroberi.....	32
4.6	Pemanfaatan Serbuk Buah Stroberi Dalam Perspektif Islam.....	33
BAB V	PENUTUP.....	37
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran	37
DAFTAR PUSTAKA.....		39
LAMPIRAN.....		49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu aktivitas antioksidan buah stroberi	12
Tabel 3.1 Rancangan Penelitian	20
Tabel 3.2 Daerah serapan yang diamati pada spektrum FTIR	23
Tabel 4.1 Hasil Rendemen.....	27
Tabel 4.2 Nilai inhibisi ekstrak etanol buah stroberi	30
Tabel 4.3 Hasil IC ₅₀ ekstrak etanol buah stroberi	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penampakan buah segar stroberi (<i>Fragaria</i> sp) matang.....	8
Gambar 2.2 Spektrum FTIR ekstrak stroberi dalam berbagai pelarut.....	16
Gambar 2.3 Reaksi antara Antioksidan dan Molekul 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). ..	18
Gambar 4.1 Buah Stroberi Segar.....	25
Gambar 4.2 Buah Stroberi kering hasil <i>freeze drying</i>	26
Gambar 4.3 Ekstrak etanol serbuk buah stroberi	27
Gambar 4.4 Panjang Gelombang Maksimum DPPH.....	28
Gambar 4.5 Regresi Linear IC ₅₀ Ekstrak etanol stroberi.....	30
Gambar 4.6 Hasil FTIR ekstrak buah stroberi mencir.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian	49
Lampiran 2. Diagram Alir Penelitian.....	50
Lampiran 3. Perhitungan Pembuatan Reagen Dan Larutan	53
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian.....	58

ABSTRAK

Zuhri, Saifuddin. 2026. **UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK ETANOL BUAH STROBERI (*Fragaria* sp.) HASIL PENGERINGAN MENGGUNAKAN *FREEZE DRYING***. Skripsi. Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Dr Anik Maunatin, S.T., M.P. Pembimbing II: A. Ghanaim Fasya, M.Si

Kata Kunci : antioksidan, DPPH, *freeze drying*, stroberi (*Fragaria* sp.)

Tanaman stroberi banyak tumbuh di Indonesia, memiliki banyak manfaat terutama bagian buahnya. Stroberi (*Fragaria* sp) mengandung senyawa bioaktif seperti fenolik, flavonoid, antosianin, dan asam elagik yang berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan. Antioksidan berperan dalam menangkal radikal bebas yang dapat menyebabkan kerusakan sel dan meningkatkan risiko penyakit. Namun, buah stroberi memiliki umur simpan yang singkat, sehingga kandungan bioaktifnya mudah menurun. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mempertahankan kestabilan senyawa antioksidan melalui pengolahan stroberi asal Kota Batu menjadi serbuk dengan metode pengeringan *freeze drying*. Aktivitas antioksidan serbuk stroberi selanjutnya dianalisis menggunakan spektrofotometri UV-Vis dengan reagen 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) dan instrumentasi FTIR.

Hasil pengeringan ekstrak serbuk stroberi menggunakan *freeze drying* menghasilkan rendemen sebanyak 18,32% dan memiliki nilai IC_{50} sebesar 192,43 ppm serta memiliki nilai AAI sebesar 0,410 dengan pelarut etanol. Hasil analisis menggunakan FTIR didapat adanya Gugus fungsi O–H ($3303,11\text{ cm}^{-1}$) mengkonfirmasi keberadaan polifenol (flavonoid, antosianin, asam elagat) sebagai senyawa antioksidan utama dan gugus fungsi C=O ($1718,59\text{ cm}^{-1}$) membuktikan keberadaan asam organik (asam askorbat) dan komponen ester yang berkontribusi pada aktivitas antioksidan

ABSTRACT

Zuhri, Saifuddin. 2026. **ANTIOXIDANT ACTIVITY AND FTIR SPECTROSCOPY OF STRAWBERRY (*Fragaria sp.*) FRUIT POWDER PRODUCED BY FREEZE-DRYING.**

Thesis. Department of Chemistry. Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Supervisor I: Dr Anik Maunatin, S.T., M.P. Supervisor II: A. Ghanaim Fasya, M.Si

Keywords: antioxidants, DPPH, freeze-drying, strawberries (*Fragaria sp.*)

Strawberry plants are widely cultivated in Indonesia and offer numerous benefits, particularly in their fruit. Strawberries (*Fragaria sp.*) contain bioactive compounds such as phenolics, flavonoids, anthocyanins, and ellagic acid, which contribute to their antioxidant activity. Antioxidants play a role in neutralizing free radicals that can cause cell damage and increase the risk of disease. However, strawberries have a short shelf life, so their bioactive content can easily decline. Therefore, this study was conducted to maintain the stability of antioxidant compounds by processing strawberries from Batu City into powder using the freeze-drying method. The antioxidant activity of the strawberry powder was subsequently analyzed using UV-Vis spectrophotometry with DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) reagent and FTIR instrumentation.

Freeze-drying yielded a strawberry fruit yield of 18.32%, with an IC_{50} value of 192,43 ppm and an AAI value of 0,410 using ethanol as the solvent. FTIR analysis revealed the presence of the O-H ($3303,11\text{ cm}^{-1}$) confirmed the presence of polyphenols (flavonoids, anthocyanins, ellagic acid) as the main antioxidant compounds, and the C=O functional group ($1718,59\text{ cm}^{-1}$) confirmed the presence of organic acids (ascorbic acid) and ester components that contribute to antioxidant activity

مستخلص البحث

زهري، سيف الدين. ٢٠٢٦. اختبار النشاط المضاد للأكسدة لمستخلص الإيثانول من الفراولة (*Fragaria sp*) الناتج عن التجفيف باستخدام تقنية التجفيف بالتجميد. رسالة جامعية (سكّريتي). قسم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانغ. المشرفة الأولى: الدكتورة أنيك مَعُونَة، S.T., M.P. المشرف الثاني: أ. غنائم فاشيا، M.Si.

الكلمات المفتاحية: ثمار الفراولة (*Fragaria sp*)، مضادات الأكسدة، التجفيف بالتجميد (*Freeze drying*)، التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه

تنمو نباتات الفراولة بكثرة في إندونيسيا، ولها فوائد عديدة، ولا سيما ثمارها. تحتوي الفراولة (*Fragaria sp*) على مركبات نشطة حيويًا مثل المركبات الفينولية، والفلافونويدات، والأنثوسيانين، وحمض الإيلاجيك، والتي تسهم في النشاط المضاد للأكسدة. وتؤدي مضادات الأكسدة دورًا مهمًا في مقاومة الجذور الحرة التي قد تسبب تلف الخلايا وتزيد من خطر الإصابة بالأمراض. إلا أن ثمار الفراولة تتميز بفترة صلاحيتها، مما يؤدي إلى انخفاض محتواها من المركبات النشطة حيويًا بسهولة. لذلك، أُجريت هذه الدراسة بهدف الحفاظ على استقرار المركبات المضادة للأكسدة من خلال معالجة الفراولة القادمة من مدينة باتو وتحويلها إلى مسحوق باستخدام طريقة التجفيف بالتجميد (*Freeze drying*). ثم حُلِّل النشاط المضاد للأكسدة لمسحوق الفراولة باستخدام مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-Vis) باستعمال كاشف ٢،٢-ثنائي فينيل-١-بيكريل هيدرازيل (DPPH)، بالإضافة إلى تقنية التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR).

أظهرت نتائج تجفيف مستخلص مسحوق الفراولة باستخدام تقنية التجفيف بالتجميد مردودًا بنسبة ١٨.٣٢٪، كما بلغت قيمة IC_{50} مقدار ١٩٢،٤٣ جزءًا في المليون (ppm)، وبلغت قيمة مؤشر النشاط المضاد للأكسدة (AAI) مقدار ٠.٤١٠ باستخدام مذيب الإيثانول. كما بيّنت نتائج التحليل باستخدام تقنية FTIR وجود المجموعة الوظيفية O-H عند (٣٣٠٣.١١ سم^{-١})، مما يؤكد وجود مركبات البوليفينول (الفلافونويدات، والأنثوسيانين، وحمض الإيلاجيك) بوصفها المركبات الرئيسة المسؤولة عن النشاط المضاد للأكسدة، وكذلك وجود المجموعة الوظيفية C=O عند (١٧١٨.٥٩ سم^{-١})، مما يدل على وجود الأحماض العضوية (حمض الأسكوربيك) والمركبات الإستيرية التي تسهم في النشاط المضاد للأكسدة.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Radikal bebas merupakan molekul yang memiliki satu atau lebih elektron tidak berpasangan sehingga bersifat sangat reaktif dan dapat merusak sel tubuh (Halliwell & Gutteridge, 2015). Akumulasi radikal bebas dapat menyebabkan stres oksidatif yang berkontribusi terhadap berbagai penyakit degeneratif seperti kanker, diabetes, dan penyakit kardiovaskular (Lobo *et al.*, 2010). Oleh karena itu, diperlukan senyawa antioksidan yang mampu menetralkan radikal bebas tersebut.

Menjaga kesehatan merupakan bagian dari bentuk syukur atas nikmat yang diberikan oleh Allah SWT. Sebagaimana Allah berfirman dalam QS. Al-Baqarah: 195:

وَأَنْفِقُوا فِي سَبِيلِ اللَّهِ وَلَا تُلْقُوا بِأَيْدِيكُمْ إِلَى التَّهْلُكَةِ وَأَحْسِنُوا إِنَّ اللَّهَ يُحِبُّ الْمُحْسِنِينَ ﴿١٩٥﴾

Artinya : *Berinfaklah di jalan Allah, janganlah jerumuskan dirimu ke dalam kebinasaan, dan berbuat baiklah. Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang berbuat baik.*

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah SWT telah melarang bagi manusia untuk melukai dan membahayakan diri sendiri sebagaimana Tafsir Ibnu Katsir, pada potongan kalimat *وَلَا تُلْقُوا بِأَيْدِيكُمْ إِلَى التَّهْلُكَةِ* mengandung arti (*dan janganlah kamu menjatuhkan dirimu sendiri ke dalam kebinasaan*), memiliki makna larangan bagi manusia untuk melakukan hal-hal yang dapat membahayakan diri sendiri, termasuk mengabaikan kesehatan. Dalam konteks ilmiah, paparan radikal bebas tanpa perlindungan antioksidan dapat menjadi salah satu bentuk “kebinasaan” secara biologis karena merusak sel tubuh.

Selain itu, Allah SWT juga menjelaskan bahwa alam telah menyediakan berbagai sumber makanan yang bermanfaat bagi manusia, sebagaimana QS. Al-An'am: 141:

وَهُوَ الَّذِي أَنْشَأَ جَنَّاتٍ مَّعْرُوشَاتٍ وَغَيْرَ مَعْرُوشَاتٍ وَالنَّخْلَ وَالزَّرْعَ مُخْتَلِفًا أَكْلُهُ ۖ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُتَشَابِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ كُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَآتُوا حَقَّهُ ۖ وَلَا تَسْرِفُوا إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ ﴿١٤١﴾

Artinya : *ialah yang menumbuhkan tanaman-tanaman yang merambat dan yang tidak merambat, pohon kurma, tanaman yang beraneka ragam rasanya, serta zaitun dan delima yang serupa (bentuk dan warnanya) dan tidak serupa (rasanya). Makanlah buahnya apabila ia berbuah dan berikanlah haknya (zakatnya) pada waktu memetik hasilnya. Akan tetapi, janganlah berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berlebih-lebihan.*

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah SWT telah memanfaatkan hasil alam secara optimal untuk kesehatan dan tidak berlebihan sebagaimana Tafsir Al-Mishbah, pada potongan kalimat *كُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ* mengandung arti (*makanlah dari buahnya ketika ia berbuah*) menekankan pentingnya pemanfaatan hasil alam secara optimal dan tidak berlebihan. Buah-buahan seperti stroberi mengandung berbagai senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan, termasuk antioksidan (Giampieri *et al.*, 2012).

Stroberi (*Fragaria sp.*) merupakan salah satu buah yang kaya akan senyawa fenolik, flavonoid, dan antosianin yang memiliki aktivitas antioksidan tinggi (Aaby *et al.*, 2012). Senyawa-senyawa ini berperan dalam menangkal radikal bebas dan melindungi sel tubuh dari kerusakan oksidatif (Rice-Evans *et al.*, 1997). Oleh karena itu, pemanfaatan stroberi sebagai sumber antioksidan alami sangat relevan dengan konsep menjaga kesehatan dalam Islam. Namun, buah stroberi memiliki kelemahan yaitu umur simpan yang relatif singkat akibat kandungan air yang tinggi (Kader, 2002). Hal ini menyebabkan penurunan kualitas serta degradasi senyawa bioaktif yang terkandung di dalamnya. Oleh karena itu, diperlukan metode pengolahan yang mampu mempertahankan kandungan antioksidan.

Salah satu metode yang digunakan adalah *freeze drying*, yaitu teknik pengeringan pada suhu rendah yang mampu mempertahankan struktur dan kandungan senyawa aktif dalam bahan pangan (Ratti, 2001). Metode ini sangat sesuai untuk menjaga stabilitas senyawa fenolik dan flavonoid dalam stroberi. Menurut Sadowska *et al.* (2020), metode *freeze drying* pada bubuk stroberi mampu mempertahankan karakteristik bioaktif buah, termasuk kandungan polifenol dan aktivitas antioksidan. Dibandingkan metode pengeringan lainnya, *freeze drying* menghasilkan produk dengan kualitas lebih baik karena proses penghilangan air berlangsung tanpa melewati fase cair sehingga dapat mengurangi kerusakan struktur bahan dan oksidasi senyawa aktif.

Untuk memperoleh senyawa bioaktif dari bahan tanaman diperlukan proses ekstraksi. Menurut Chemat *et al.* (2012), ekstraksi merupakan proses pemisahan senyawa bioaktif dari suatu bahan alam menggunakan pelarut tertentu berdasarkan prinsip perbedaan kelarutan antara senyawa target dan pelarut. Keberhasilan proses ekstraksi dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis pelarut, ukuran partikel, waktu ekstraksi, suhu, dan metode ekstraksi yang digunakan. Dai dan Mumper (2010) menjelaskan bahwa efektivitas ekstraksi senyawa fenolik tanaman sangat dipengaruhi oleh pemilihan pelarut dan kondisi ekstraksi yang digunakan. Pelarut etanol banyak digunakan dalam ekstraksi bahan alam karena bersifat polar hingga semi polar sehingga mampu menarik senyawa fenolik dan flavonoid yang memiliki aktivitas antioksidan.

Ekstraksi berbantu ultrasonik merupakan proses ekstraksi yang memanfaatkan gelombang suara berfrekuensi tinggi untuk meningkatkan efisiensi ekstraksi dengan cara meningkatkan kontak antara pelarut dan bahan. Efek ultrasonik dapat meningkatkan penetrasi pelarut ke dalam jaringan tanaman sehingga senyawa yang berada di dalam sel lebih mudah

terlarut (Vikhu *et al.*, 2008). Selain itu, Wen *et al.* (2018) menjelaskan bahwa mekanisme utama ekstraksi sonikasi terjadi melalui efek kavitasi, yang menyebabkan fragmentasi jaringan, erosi permukaan partikel, peningkatan permeabilitas dinding sel, serta peningkatan difusi senyawa aktif ke dalam pelarut. Oleh karena itu, metode UAE banyak digunakan untuk ekstraksi senyawa fenolik, flavonoid, antosianin, dan senyawa antioksidan dari bahan alam. Penelitian Herrera dan Luque de Castro (2004) menunjukkan bahwa ekstraksi berbantu ultrasonik mampu meningkatkan efisiensi pengambilan senyawa fenolik pada buah stroberi. Beberapa senyawa bioaktif yang berhasil teridentifikasi antara lain asam elagat, kuersetin, kaempferol, dan rutin yang diketahui memiliki aktivitas antioksidan. Selanjutnya, penelitian Villamil-Galindo *et al.* (2023) menggunakan metode ultrasound-assisted extraction pada produk samping stroberi dengan variasi konsentrasi etanol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan campuran etanol-air mampu menghasilkan ekstrak dengan kandungan fenolik tinggi. Kondisi optimum diperoleh pada konsentrasi etanol 46%, menunjukkan bahwa polaritas pelarut memiliki pengaruh terhadap kemampuan ekstraksi senyawa antioksidan dari stroberi. Penelitian oleh Terzić *et al.* (2026) juga melaporkan bahwa ekstraksi menggunakan ultrasonik dan etanol efektif dalam memperoleh senyawa bioaktif dari stroberi. Metode UAE dianggap lebih efisien dibandingkan ekstraksi konvensional karena membutuhkan waktu lebih singkat dan mampu mempertahankan kandungan senyawa bioaktif yang berperan sebagai antioksidan.

Berdasarkan hadits, Rasulullah SAW juga menekankan pentingnya menjaga kesehatan, sebagaimana sabda beliau:

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ عَنِ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ: «مَا أَنْزَلَ اللَّهُ دَاءً إِلَّا أَنْزَلَ لَهُ شِفَاءً

Artinya : *Dari Abu Hurairah radhiyallahu 'anhu, dari Nabi shallallahu 'alaihi wa sallam bersabda: "Tidaklah Allah menurunkan suatu penyakit melainkan Allah juga menurunkan penawar (obat)nya.*

Hadits ini menunjukkan bahwa setiap penyakit memiliki potensi penyembuhan, termasuk melalui pemanfaatan bahan alami. Dalam konteks penelitian ini, stroberi sebagai sumber antioksidan dapat dipandang sebagai salah satu bentuk ikhtiar ilmiah dalam menemukan “obat” alami terhadap dampak radikal bebas.

Penentuan aktivitas antioksidan dilakukan menggunakan metode *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH) yang sederhana dan sensitif, berdasarkan perubahan warna akibat reaksi antara radikal bebas dengan senyawa antioksidan (Molyneux, 2004). Metode ini banyak digunakan dalam penelitian karena memberikan hasil yang akurat dan mudah dianalisis. Dengan demikian, penelitian mengenai aktivitas antioksidan pada serbuk stroberi hasil *freeze drying* tidak hanya memiliki nilai ilmiah, tetapi juga selaras dengan nilai-nilai Islam dalam menjaga kesehatan dan memanfaatkan sumber daya alam secara optimal.

Penelitian ini akan menggunakan buah stroberi segar di Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. Penelitian ini uji aktivitas antioksidan menggunakan metode *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH). Semakin tinggi kemampuan antioksidan suatu sampel, maka semakin besar penurunan intensitas warna *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH) yang terjadi. Selain pengujian aktivitas antioksidan, karakterisasi senyawa bioaktif juga penting dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam ekstrak stroberi. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Menurut Rohaeti *et al.*, (2021), FTIR merupakan metode spektroskopi inframerah yang digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi berdasarkan serapan radiasi inframerah oleh molekul senyawa. Metode FTIR memiliki beberapa keunggulan seperti analisis cepat, sederhana, tidak merusak sampel, dan mampu mengidentifikasi berbagai gugus fungsi dalam senyawa bioaktif.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Szymanska *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa spektrum FTIR pada stroberi memiliki pita serapan pada daerah $3200\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus hidroksil (O–H) dari senyawa fenolik dan flavonoid. Selain itu, daerah serapan sekitar 1700 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus karbonil (C=O) dari asam organik dan pektin. Gugus fungsi tersebut diketahui berkaitan dengan aktivitas antioksidan pada buah stroberi.

Berdasarkan uraian tersebut, perlu dilakukan penelitian mengenai aktivitas antioksidan dan karakterisasi gugus fungsi menggunakan FTIR pada buah stroberi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai potensi buah stroberi sebagai sumber antioksidan alami serta menjadi dasar pengembangan produk pangan fungsional berbahan dasar stroberi.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana aktivitas antioksidan ekstrak etanol buah stroberi hasil pengeringan menggunakan *freeze drying*?
2. Bagaimana profil gugus fungsi ekstrak etanol buah stroberi hasil *pengeringan menggunakan freeze drying*?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui aktivitas antioksidan ekstrak etanol buah stroberi menggunakan pengeringan *freeze drying*
2. Untuk mengetahui profil gugus gungsi ekstrak etanol buah stroberi mencir berdasarkan hasil *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

1.4 Batasan Masalah

1. Buah Stroberi segar yang digunakan adalah varietas Mencir diperoleh dari Kecamatan Bumiaji, Kota Batu

2. Uji aktivitas antioksidan menggunakan metode *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH)
3. Metode ekstraksi menggunakan sonikasi dengan pelarut etanol
4. Instrumentasi yang digunakan adalah *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* FTIR

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan untuk mengetahui aktivitas antioksidan dan instrumentasi *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dari buah stroberi lokal. Pengeringan menggunakan *freeze-drying* dapat menghasilkan serbuk buah stroberi dengan masa simpan lebih lama.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemanfaatan Buah dalam Perspektif Islam

Buah-buahan merupakan salah satu elemen yang ada dalam 4 sehat 5 sempurna yang menjadi kandungan gizi ideal manusia. Buah dapat meningkatkan energi dan memenuhi kebutuhan vitamin pada tubuh manusia. Buah mengandung berbagai sumber vitamin yang ada di dalamnya. Vitamin pada dasarnya dibutuhkan tubuh dibutuhkan tubuh dalam jumlah yang tidak banyak, namun penting untuk mempertahankan kehidupan dan kesehatan manusia. Tubuh manusia akan terganggu apabila kekurangan vitamin. Buah merupakan sumber mineral dan vitamin (Tirtawinata, 2009).

Salah satu cara untuk menghindarkan manusia agar tidak mudah terserang berbagai penyakit dengan mengonsumsi buah, selain itu juga menjadi obat luar tubuh. Buah stroberi memiliki kandungan vitamin yang tinggi (Suryana, 2018). Dalam Al-Qur'an yang menganjurkan untuk mengonsumsi buah-buahan yang merupakan sumber vitamin sebagaimana Q.S Al-Mu'minun ayat 19 :

فَأَنْشَأْنَا لَكُمْ بِهِ جَنَّاتٍ مِّنْ نَّحِيلٍ وَأَعْنَابٍ لَّكُمْ فِيهَا فَوَاقِهِ كَثِيرَةٌ وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ

Artinya: *"Lalu dengan air itu, Kami tumbuhkan untuk kamu kebun-kebun kurma dan anggur; di dalam kebun-kebun itu kamu peroleh buah-buahan yang banyak dan sebahagian dari buah-buahan itu kamu makan"*(QS Al-Mu'minun: 19).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah SWT telah menumbuhkan segala tumbuhan yang baik, dan memiliki manfaat untuk dimakan. Menurut Zubdatut Tafsir Min Fathil Qadir dalam Q.S Al-Mu'minun ayat 19 mengatakan pada kalimat *فَأَنْشَأْنَا لَكُمْ بِهِ جَنَّاتٍ* memiliki arti *(lalu dengan air itu, kami tumbuhkan untuk kamu kebun-kebun)*, *لَّكُمْ فِيهَا فَوَاقِهِ كَثِيرَةٌ* memiliki arti *(di dalam kebun-kebun itu kamu peroleh buah-buahan yang banyak)*. Kenikmatan ini diberikan oleh Allah SWT kepada manusia agar tetap bertaqwa. Allah SWT berfirman dalam Q.S Asy-Syu'ara ayat 7 yang berbunyi:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya: *"Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?"* (Q.S Asy-Syu'ara: 7).

Menurut tafsir Al-Qurthubi, dalam Q.S. Asy-Syu'ara ayat 7 ditekankan pada potongan lafadz *مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ* memiliki arti berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik dan mulia. Ayat tersebut, menjelaskan kita sebagai manusia diperintahkan untuk memperhatikan tumbuh-tumbuhan yang baik dan mulia yang telah Allah SWT tumbuhkan di bumi. Tumbuh-tumbuhan yang baik dapat diartikan tumbuhan yang memiliki berbagai manfaat di dalamnya (Laila, 2014).

2.2 Buah Stroberi (*Fragaria sp.*)

Stroberi atau tepatnya stroberi kebun (juga dikenal dengan bahasa Belanda (*aardbei*) adalah sebuah varietas stroberi yang paling banyak dikenal di dunia. Seperti spesies lain dalam genus *Fragaria* (stroberi), buah ini berada dalam keluarga *Rosaceae* (Balai Besar Pelatihan Lembang, 2007).



Gambar 2.1 Penampakan buah segar stroberi (*Fragaria sp*) matang (Giampieri *et al.*, 2012)

Menurut North Carolina State University (2024), stroberi memiliki banyak kultivar yang berbeda seperti Albion, Camarosa, Chandler, Jewel, dan Sweet Charlie. Perbedaan antar varietas tersebut umumnya terlihat pada ukuran buah, tingkat kemanisan, tekstur, produktivitas, serta ketahanan terhadap penyakit. Oleh karena itu, pemilihan varietas menjadi faktor penting dalam budidaya maupun penelitian yang berkaitan dengan kualitas dan kandungan senyawa bioaktif stroberi. Secara umum, stroberi dibedakan menjadi tiga kelompok utama berdasarkan respon terhadap panjang hari (fotoperiode), yaitu: (Fruit Crops, 2018)

1. *June-bearing (short-day strawberry)*

Varietas ini menghasilkan bunga ketika panjang hari lebih pendek dan umumnya berbuah satu kali dalam satu musim. Kelompok ini banyak digunakan dalam produksi komersial karena menghasilkan buah dalam jumlah besar pada periode tertentu.

2. *Everbearing strawberry*

Varietas ini mampu menghasilkan buah lebih dari satu kali dalam satu musim tanam, biasanya pada awal musim dan akhir musim.

3. *Day-neutral strawberry*

Varietas ini tidak terlalu dipengaruhi oleh panjang hari sehingga dapat berbuah secara terus-menerus selama kondisi lingkungan mendukung.

Beberapa varietas stroberi yang banyak dibudidayakan secara luas antara lain: (Giampiere *et al.*, 2012)

1. (*Chandler*) Varietas Chandler merupakan salah satu stroberi tipe short-day yang memiliki buah berukuran besar, berwarna merah cerah, serta memiliki rasa manis dan aroma khas. Varietas ini banyak digunakan dalam produksi komersial karena produktivitasnya yang tinggi.
2. (*Camarosa*) Camarosa dikenal memiliki buah berukuran besar dengan tekstur yang lebih padat sehingga memiliki daya simpan yang baik. Varietas ini juga memiliki produktivitas tinggi dan banyak dibudidayakan di berbagai negara.
3. (*Sweet Charlie*) Varietas ini memiliki karakter rasa yang lebih manis dengan aroma kuat serta kadar keasaman yang lebih rendah dibandingkan varietas lainnya.
4. (*Albion*) termasuk kelompok day-neutral strawberry yang mampu berbuah sepanjang musim. Varietas ini memiliki rasa manis, tekstur baik, dan produksi buah yang stabil.
5. (*Festival*) Varietas Festival banyak dibudidayakan di Indonesia karena memiliki adaptasi yang baik terhadap kondisi tropis dataran tinggi serta menghasilkan buah dengan ukuran relatif seragam.

Selain varietas komersial internasional, Indonesia juga memiliki beberapa varietas stroberi lokal yang dibudidayakan di dataran tinggi, di antaranya adalah varietas Saga dan Mencir. Varietas Mencir merupakan salah satu stroberi lokal yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Penelitian Aditama *et al.* (2025) menyebutkan bahwa stroberi varietas Mencir memiliki karakter kualitas buah yang dipengaruhi oleh kondisi budidaya, seperti ukuran buah, kekerasan buah, dan total padatan terlarut. Selain itu, Soliha *et al.* (2022) menyatakan bahwa varietas Mencir menunjukkan respons pertumbuhan dan hasil yang baik terhadap perlakuan budidaya tertentu. Sementara itu, varietas Saga juga merupakan stroberi budidaya di Indonesia yang termasuk dalam spesies *Fragaria* × *ananassa*. Namun, kajian ilmiah yang secara spesifik membahas karakteristik varietas Saga masih terbatas. Oleh karena itu, karakteristik kimianya umumnya merujuk pada sifat umum stroberi yang kaya akan senyawa bioaktif seperti antosianin, flavonoid, asam fenolat, dan vitamin C yang berperan sebagai antioksidan (Giampieri *et al.*, 2012).

Fragaria sp disebut dengan stroberi merupakan buah yang memiliki masa simpan yang pendek yaitu berkisar 1-2 hari. Buah stroberi (*Fragaria sp.*) kaya akan nutrisi yaitu kandungan vitamin C yang tinggi yaitu 60 mg/100 mg, juga mengandung antioksidan, antosianin, ellagitannin, proantosianidin, dan beberapa flavonoid lainnya yang merupakan senyawa fenolik penting dalam buah stroberi, Selain bertanggung jawab atas karakteristik sensori

tertentu, stroberi juga memberikan sifat biologis yang relevan seperti antioksidan, anti-inflamasi, aterosklerotik, dan anti karsinogenik (Ellis *et al.*, 2011).

Tanaman stroberi (*Fragaria sp.*) terdapat banyak mengandung manfaat bagi kesehatan. Buah stroberi kaya akan pigmen warna antosianin dan mengandung antioksidan tinggi. Antioksidan merupakan zat yang dapat melawan pengaruh bahaya dari radikal bebas (Buricova *et al.*, 2011). Pengujian antioksidan dari ekstrak air daun stroberi, *blackberry* dan *raspberry* didapatkan ekstrak air buah stroberi (*Fragaria sp.*) menunjukkan antioksidan yang lebih besar dari yang lainnya. Stroberi merupakan tanaman obat yang kaya akan manfaat (Rohmayati, 2013). Selain mengandung vitamin C dan asam elagik sebagai antioksidan ternyata stroberi juga mengandung vitamin B1, B2 dan provitamin A yang dapat menghaluskan kulit dan membuat warna kulit menjadi cerah, bersih dan mencegah terjadinya keriput (Cahyono, 2011).

Buah stroberi memiliki kandungan zat gizi yang tinggi dan juga terdapat senyawa fitokimia yaitu: antosianin, asam elagik, terdapat vitamin C, vitamin A, vitamin B1, mineral. Vitamin C yang terkandung dalam 100 g buah stroberi adalah sebesar 60,00 mg (Lenan, 2013). Konsumsi buah dan sayuran yang mengandung vitamin C sangat berperan dalam absorpsi besi dengan jalan meningkatkan absorpsi zat besi hingga empat kali lipat (Muchtadi, 2014). Stroberi mengandung nutrisi, seperti senyawa bioaktif (asam galat, fenol, flavonoid, asam elagik), pigmen warna merah alami pada buah stroberi menunjukkan bahwa adanya senyawa polifenol berupa antosianin yang berfungsi sebagai antioksidan (Inggrid dan Santoso, 2015).

2.3 Pengeringan menggunakan *Freeze drying*

Buah stroberi (*Fragaria × ananassa*) merupakan buah dengan kandungan air yang tinggi, yaitu sekitar 90–92%, sehingga memiliki umur simpan yang relatif singkat setelah panen. Tingginya kadar air menyebabkan stroberi mudah mengalami kerusakan akibat aktivitas mikroorganisme, respirasi, dan reaksi enzimatik. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengawetan yang mampu menurunkan kadar air tanpa menyebabkan penurunan mutu produk secara signifikan. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk mempertahankan kualitas stroberi adalah metode *freeze drying* atau pengeringan beku (Hammami & René, 1997). *Freeze drying* merupakan metode pengeringan yang dilakukan melalui tiga tahapan utama, yaitu pembekuan (*freezing*), pengeringan primer (*primary drying*), dan pengeringan sekunder (*secondary drying*). Pada tahap pembekuan, air yang terdapat di dalam jaringan bahan dibekukan hingga membentuk kristal es. Selanjutnya, pada tahap pengeringan primer, kristal es dihilangkan melalui proses sublimasi pada kondisi tekanan vakum sehingga air berubah langsung dari fase padat menjadi uap tanpa melewati fase cair. Tahap terakhir adalah pengeringan sekunder yang bertujuan menghilangkan sisa air yang masih terikat pada bahan sehingga diperoleh produk dengan kadar air yang rendah dan stabil selama penyimpanan.

(Shishegharha *et al.*, 2002). Dibandingkan dengan metode pengeringan konvensional menggunakan udara panas, *freeze drying* memiliki beberapa keunggulan, antara lain mampu mempertahankan bentuk, warna, aroma, tekstur, serta kandungan senyawa bioaktif pada buah. Hal ini disebabkan karena proses berlangsung pada suhu rendah sehingga kerusakan akibat panas (thermal degradation) dapat diminimalkan. Selain itu, struktur jaringan buah relatif tetap terjaga karena proses sublimasi menghasilkan pori-pori yang tidak menyebabkan penyusutan jaringan secara berlebihan (Hammami & René, 1997).

Menurut Shishegharha *et al.* (2002), kondisi operasi selama proses *freeze drying* berpengaruh terhadap karakteristik produk akhir. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa suhu pengeringan yang tepat dapat mengurangi penyusutan volume, mempertahankan warna alami buah, dan menghasilkan kemampuan rehidrasi yang lebih baik. Struktur berpori yang terbentuk selama proses sublimasi juga meningkatkan kemampuan produk menyerap air kembali sehingga mutu produk setelah rehidrasi lebih mendekati kondisi buah segar. Penelitian yang dilakukan oleh Kırmacı *et al.* (2010) menunjukkan bahwa ketebalan irisan stroberi memengaruhi laju pengeringan selama proses *freeze drying*. Irisan yang lebih tipis memiliki waktu pengeringan yang lebih singkat karena jarak perpindahan massa uap air menjadi lebih pendek. Penelitian tersebut juga menyatakan bahwa model Page merupakan model yang paling sesuai untuk menggambarkan kinetika pengeringan stroberi selama proses *freeze drying*. Penelitian oleh Hasbullah dan Putra (2022) menunjukkan bahwa tekanan vakum dan lama pengeringan memengaruhi kualitas stroberi hasil *freeze drying*. Semakin lama waktu pengeringan, kadar air produk semakin rendah sehingga daya simpan meningkat. Namun, waktu pengeringan yang terlalu lama menyebabkan konsumsi energi semakin besar sehingga diperlukan kondisi operasi yang optimum agar diperoleh keseimbangan antara kualitas produk dan efisiensi proses.

Selain mempertahankan karakteristik fisik, metode *freeze drying* juga efektif dalam menjaga kandungan nutrisi stroberi. Senyawa vitamin C, antosianin, fenolik, dan aktivitas antioksidan diketahui lebih stabil dibandingkan dengan metode pengeringan menggunakan udara panas karena minimnya kerusakan akibat suhu tinggi. Oleh sebab itu, *freeze drying* menjadi salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam industri pangan untuk menghasilkan produk stroberi kering berkualitas tinggi sebagai bahan baku pangan fungsional maupun produk siap konsumsi (Yurdugul, 2008).

2.4 Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa pemberi elektron. Senyawa antioksidan memiliki berat molekul kecil tetapi mampu menginaktivasi reaksi oksidasi dengan cara mencegah terbentuknya radikal bebas (Winarsi, 2007). Antioksidan menghambat oksidasi dengan mendonorkan elektron kepada radikal bebas sehingga menstabilkannya (Halliwell &

Gutteridge, 2015). Mekanisme ini penting dalam mencegah stres oksidatif yang dapat merusak sel (Lobo *et al.*, 2010).

Berdasarkan sumbernya, antioksidan dibagi menjadi alami dan sintetis. Antioksidan alami lebih aman dan banyak ditemukan dalam buah seperti stroberi (Shahidi & Ambigaipalan, 2015). Aktivitas antioksidan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi karena bertambahnya jumlah senyawa bioaktif yang berperan sebagai donor elektron (Apak *et al.*, 2016; Suleria *et al.*, 2020). Penelitian yang dilakukan oleh Inggrid dan Santoso (2015) menunjukkan bahwa ekstrak buah stroberi memiliki aktivitas antioksidan yang kuat dengan nilai IC₅₀ sebesar 20,6 mg/L. Aktivitas tersebut dipengaruhi oleh kandungan total fenolik, flavonoid, dan antosianin yang terdapat dalam ekstrak stroberi. Semakin tinggi kandungan senyawa fenolik, maka semakin besar kemampuan ekstrak dalam menangkap radikal DPPH. Selanjutnya, Irnawati (2010) melaporkan bahwa penggunaan jenis pelarut memberikan pengaruh terhadap aktivitas antioksidan ekstrak stroberi. Ekstrak menggunakan metanol menghasilkan aktivitas antioksidan lebih tinggi dibandingkan ekstrak aquades, yaitu masing-masing sebesar 30,22% dan 27,98%. Hal ini menunjukkan bahwa polaritas pelarut berpengaruh terhadap kemampuan menarik senyawa bioaktif dari jaringan buah stroberi. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa aktivitas antioksidan buah stroberi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu jenis pelarut ekstraksi, metode ekstraksi, konsentrasi ekstrak, serta kandungan senyawa fenolik dan flavonoid.

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu aktivitas antioksidan buah stroberi

No	Peneliti	Sampel dan Metode	Hasil Aktivitas Antioksidan	Keterangan
1	Cordenunsi <i>et al.</i> (2005)	Buah stroberi (<i>Fragaria × ananassa</i>) dengan perlakuan pengeringan termasuk <i>freeze drying</i> ; analisis kandungan fenolik dan kapasitas antioksidan	Stroberi hasil <i>freeze drying</i> mampu mempertahankan aktivitas antioksidan dan kandungan fenolik dibandingkan metode pengeringan dengan panas	<i>Freeze drying</i> mampu meminimalkan degradasi senyawa fenolik dan antosianin
2	Hakkinen & Torronen (2000)	Ekstrak buah beri termasuk stroberi; analisis senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan	Stroberi menunjukkan aktivitas antioksidan yang berkaitan dengan kandungan flavonoid dan senyawa fenolik	Fenolik menjadi kontributor utama aktivitas antioksidan
3	Sojka <i>et al.</i> (2013)	Bubuk stroberi hasil <i>freeze drying</i> ; analisis total fenolik, antosianin, dan aktivitas antioksidan	<i>Freeze drying</i> menghasilkan bubuk stroberi dengan aktivitas antioksidan tinggi karena mampu mempertahankan antosianin	Antosianin berperan sebagai donor elektron dalam penangkapan radikal bebas
4	Klopotek <i>et al.</i> (2005)	Stroberi yang dikeringkan dengan beberapa metode termasuk <i>freeze</i>	<i>Freeze drying</i> memberikan retensi senyawa fenolik lebih	Suhu rendah mencegah kerusakan senyawa bioaktif

No	Peneliti	Sampel dan Metode	Hasil Aktivitas Antioksidan	Keterangan
5	Patras <i>et al.</i> (2009)	<i>drying</i> ; pengujian kapasitas antioksidan Pure stroberi dengan pengujian aktivitas antioksidan, fenolik, dan antosianin	baik dibandingkan pengeringan panas Aktivitas antioksidan stroberi berkorelasi dengan kandungan fenolik dan antosianin	Senyawa fenolik merupakan komponen utama penangkap radikal bebas

2.5 *Freeze drying*

Freeze drying atau pengeringan beku merupakan teknologi pengeringan non termal dengan menggunakan suhu yang rendah (Ghaidani, 2015). Perbedaan pengeringan beku dengan teknologi pengeringan lain adalah mekanisme dalam menghilangkan kandungan air didalam bahan pangan. Penghilangan kandungan air dalam teknologi ini terjadi pada suhu yang rendah, melalui mekanisme sublimasi, langsung dari bentuk fase padat air (es) ke bentuk gas (Ghaidani, 2015). Produk pengeringan beku mempunyai beberapa kelebihan diantaranya meminimalkan penyusutan dan perubahan struktural, menghilangkan air lebih cepat, mempertahankan zat gizi dan perubahan minimal pada bau, rasa dan warna (Ghaidani, 2015).

Prinsip *freeze drying* yaitu mengeringkan bahan pangan dengan menghilangkan kandungan air di dalamnya melalui proses sublimasi kandungan air didalam bahan pangan yang sudah menjadi beku kemudian diubah menjadi gas. Sublimasi dapat terjadi ketika tekanan dan suhu permukaan es dibawah *triple point* (4,58 mmHg, °C) (Nireesha *et al.*, 2013).

Terdapat 4 tahap dalam pengolahan pengeringan beku, diantaranya persiapan bahan pangan, pembekuan, pengeringan primer, dan pengeringan sekunder (Shukla, 2011). Tahap pertama dalam pengolahan *freeze drying* adalah persiapan bahan pangan. Buah yang mempunyai ukuran besar atau mempunyai kandungan air yang tinggi seperti buah melon, semangka, mangga, nanas, atau jeruk diperlukan proses pengirisan tipis. Proses ini bertujuan untuk mempercepat proses pengeringan. Buah yang berukuran kecil dan mempunyai kandungan air yang rendah seperti berry, anggur atau durian dapat langsung diolah. Selain itu, untuk memperpanjang masa simpan dapat pula ditambahkan bahan lain seperti *bulking agent*, *stabilizer*, pengawet atau larutan osmotik (Shukla, 2011).

Tahap kedua yaitu pembekuan. Tahap ini dilakukan dengan menurunkan suhu *freeze dryer* hingga -40°C (Shukla, 2011). Pembekuan bertujuan untuk merubah fase air di dalam buah menjadi fase padat (es) (Shukla, 2011). Tahap ketiga adalah proses pengeringan. Proses ini dilakukan dengan dua tahap yaitu pengeringan primer dan pengeringan sekunder. Pengeringan primer bertujuan untuk menghilangkan kandungan air dalam buah yang telah dibekukan melalui proses sublimasi dengan meningkatkan suhu sampai 0°C serta menurunkan tekanan dalam alat dibawah *triple point* yaitu <4,58 mmHg, yang bertujuan agar gas yang terbentuk saat peningkatan suhu terbuang keluar. Setelah kandungan air telah keluar sekitar 95 %, (Shukla, 2011).

Produk dari proses *freeze drying* umumnya aktivitas enzimnya tidak mati, namun dalam kondisi inaktif sementara, dikarenakan rendahnya kandungan air di dalam produk (Habibi *et al.*, 2019). Berdasarkan penelitian Fegus, *et al* (2015) bahwa serbuk stroberi yang diproses dengan metode *freeze drying* memiliki kadar antioksidan yang lebih tinggi nilainya dibandingkan menggunakan *spray drying*. Produk *freeze drying* dapat teroksidasi, apabila terpapar oksigen (O_2). Oleh karena itu dalam pengolahannya produk yang telah dihasilkan harus segera dikemas menggunakan kemasan yang melindungi dari O_2 seperti menggunakan bahan alumunium, atau plastik. Serta lebih baik menggunakan metode *vacuum packaging* agar meminimalisir udara di dalam kemasan (Habibi *et al.*, 2019).

2.6 Ekstraksi Stroberi dengan Metode Sonikasi

Ekstraksi merupakan sesuatu proses pemecahan dari bahan padat maupun cair dengan bantuan pelarut. Ekstraksi menggunakan pelarut didasarkan pada kelarutan komponen terhadap komponen yang lain dalam kombinasi (Sholihah *et al.*, 2017). Tujuan ekstraksi bahan alam adalah untuk menarik komponen kimia yang ada pada bahan alam (Harborne, 1987).

Ekstraksi buah stroberi pada penelitian ini menggunakan metode ekstraksi ultrasonik. Ekstraksi ultrasonik merupakan ekstraksi dengan perambatan energi melewati gelombang ultrasonik menggunakan cairan sebagai media perambatan yang bisa menimbulkan intensitas perpindahan energi, sehingga proses ekstraksi lebih optimal. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang suara yang mempunyai frekuensi diatas pendengaran manusia (≥ 20 kHz). Salah satu sifat dari ultrasonik adalah *non-destructive* dan *non invasive*, sehingga dengan mudah diadaptasikan ke berbagai aplikasi gelombang ultrasonik dapat merambat dalam medium padat, cair, dan gas (Harborne, 1987).

Penggunaan sonikasi pada dasarnya menggunakan prinsip dasar yaitu dengan mengamati sifat gelombang ultrasonik yang dirambatkan melalui medium yang dilewati. Pada saat gelombang merambat, medium yang dilewati mengalami getaran dan memberikan pengadukan yang intensif terhadap proses ekstraksi. Pengadukan akan meningkatkan osmosis antara bahan dengan pelarut sehingga akan meningkatkan proses ekstraksi (Vinatoru *et al.*, 2017).

Proses dari ekstraksi ultrasonik adalah gelombang ultrasonik mengenai sampel menyebabkan tegangan mekanik, sehingga sampel menjadi partikel dengan ruang-ruang kecil dan gelombang ini memunculkan efek kavitasi. Dampak kavitasi ini adalah proses pembuatan gelembung-gelembung mikro yang disebabkan meningkatnya tekanan pada ekstraksi akibat gelombang ultrasonik (Medina-torres *et al.*, 2017).

Metode ekstraksi sonikasi yang dapat digunakan yaitu sonikasi *waterbath* (Fuad & Don, 2016). Sonikasi *waterbath* merupakan penyinaran sampel yang dilakukan melalui dinding sampel, dimana dinding sampel tidak melakukan kontak secara langsung dengan gelombang

ultrasonik. Sistem kontak langsung lebih efektif dibandingkan sistem kontak tidak langsung dikarenakan pada sistem kontak langsung dengan gelombang ultrasonik dapat memberikan daya hingga 100 kali lebih baik dibandingkan kontak tidak langsung (Medina-torres *et al.*, 2017). Ekstraksi sonikasi juga memiliki suatu kelemahan yaitu memerlukan langkah filtrasi dan kemungkinan degradasi senyawa pada frekuensi tinggi.

Kelebihan ekstraksi ultrasonik adalah waktu ekstraksi lebih cepat, lebih sedikit menggunakan tenaga serta menggunakan pelarut yang sedikit, sehingga menciptakan produk yang murni serta rendemen yang lebih besar. Dengan menggunakan ultrasonik, proses ekstraksi senyawa organik pada tumbuhan dan biji-bijian dengan memakai pelarut organik berlangsung lebih cepat. Dinding sel dapat terpecah dengan getaran ultrasonik sehingga kandungan yang terdapat di dalamnya mudah diekstraksi (Ardianti & Kusnadi, 2014). Menurut penelitian Wang, J., *et al* (2019) pengaruh ultrasonik dengan intensitas tinggi pada senyawa bioaktif jus stroberi: asam askorbat, fenolat, aktivitas antioksidan dan struktur mikro menunjukkan pengaruh hasil signifikan yakni kandungan senyawa bioaktif dalam jus yang stabil.

Ekstraksi ultrasonik termasuk salah satu alternatif dari preparasi sampel padat, karena dapat mempermudah dan mempercepat beberapa langkah preparasi, seperti pelarutan, fusi dan leaching. Hal ini dikarenakan efek dari gelombang ultrasonik yang membentuk *local high temperature* dan gerakan mekanik antarmuka zat padat dan zat cair, sehingga akan mempercepat laju perpindahan massa-nya (Tian *et al.*, 2013).

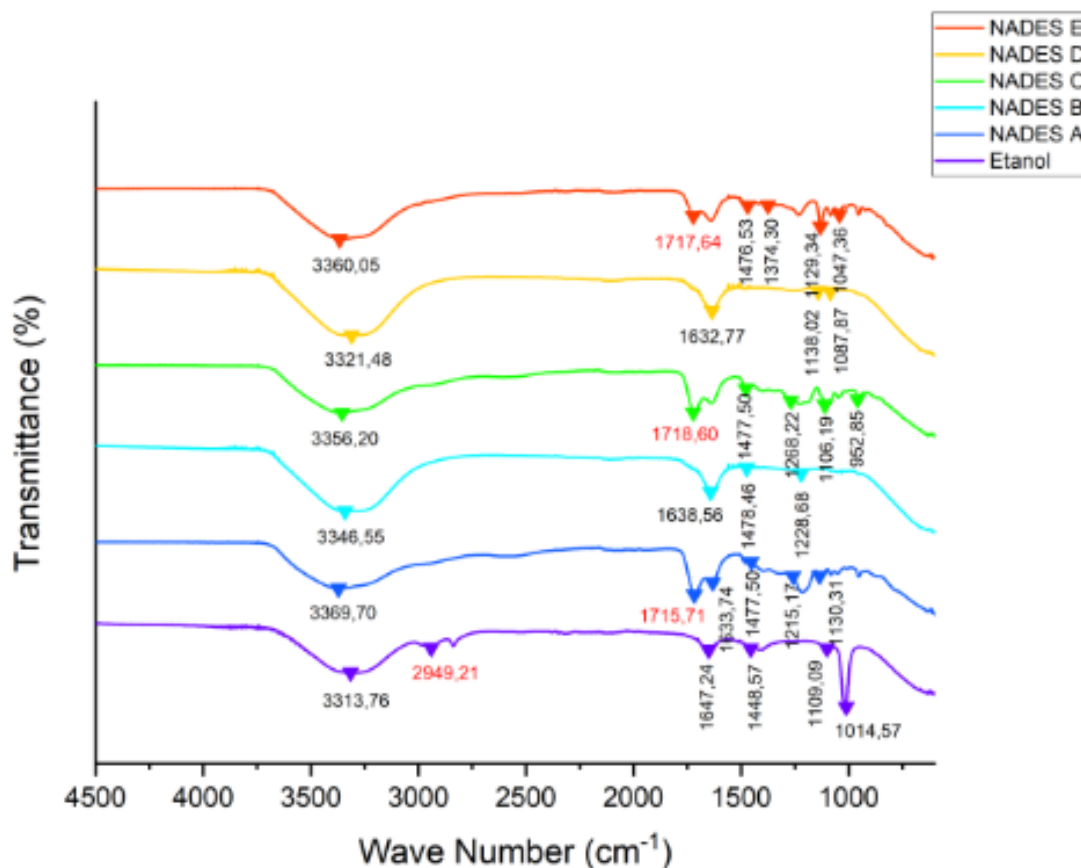
2.7 **Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)**

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) merupakan metode analisis spektroskopi yang digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi suatu senyawa berdasarkan interaksi antara radiasi inframerah dengan molekul sampel. Analisis FTIR dilakukan dengan mengukur energi inframerah yang diserap oleh molekul sehingga menghasilkan spektrum khas sesuai dengan jenis gugus fungsi yang dimiliki suatu senyawa. Menurut Stuart (2004), ketika radiasi inframerah dilewatkan pada suatu sampel, maka molekul akan mengalami vibrasi berupa regangan (*stretching*) dan tekukan (*bending*). Vibrasi tersebut menghasilkan pola serapan tertentu pada bilangan gelombang tertentu sehingga dapat digunakan untuk identifikasi gugus fungsi. Setiap senyawa memiliki pola spektrum inframerah yang berbeda sehingga FTIR sering digunakan dalam analisis kualitatif bahan alam.

Metode *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) memiliki beberapa kelebihan dibandingkan metode karakterisasi lainnya, yaitu proses analisis yang cepat, preparasi sampel yang sederhana, tidak merusak sampel, sensitivitas tinggi, serta mampu menganalisis berbagai senyawa organik dan anorganik dalam jumlah kecil. Menurut Rohman dan Che Man (2012), FTIR juga dapat digunakan sebagai metode *fingerprint analysis* untuk membedakan karakteristik kimia suatu bahan berdasarkan pola spektrumnya. Pada penelitian bahan alam,

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) banyak digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi senyawa bioaktif seperti flavonoid, fenolik, alkaloid, tanin, dan antosianin yang memiliki aktivitas antioksidan. Gugus fungsi yang paling sering ditemukan pada senyawa antioksidan adalah gugus hidroksil (O–H), karbonil (C=O), dan gugus aromatik (C=C). Gugus hidroksil berperan penting dalam aktivitas antioksidan karena mampu mendonorkan atom hidrogen kepada radikal bebas sehingga dapat menghambat reaksi oksidasi.

Karimah *et al.* (2025) melakukan penelitian mengenai karakterisasi ekstrak stroberi (*Fragaria × ananassa*) yang mengandung senyawa bioaktif hasil ekstraksi menggunakan pelarut etanol. Karakterisasi ekstrak dilakukan menggunakan metode FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi penyusun senyawa metabolit sekunder. Hasil analisis menunjukkan adanya gugus fungsi O–H, C=O, C=C aromatik, dan C–O yang menunjukkan keberadaan senyawa fenolik, flavonoid, dan antosianin. Senyawa tersebut diketahui berperan sebagai komponen utama yang berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan pada buah stroberi.



Gambar 2.2 Spektrum FTIR ekstrak stroberi dalam berbagai pelarut (Karimah *et al.*, 2025)

Menurut Szymanska *et al.* (2023), analisis FTIR pada buah stroberi menunjukkan adanya pita serapan lebar pada daerah 3600–3000 cm⁻¹ yang berasal dari vibrasi regangan gugus hidroksil (O–H) pada senyawa fenolik, flavonoid, dan asam organik. Pita serapan

tersebut menunjukkan bahwa stroberi mengandung senyawa bioaktif yang berpotensi sebagai antioksidan alami. Selain itu, pita serapan pada daerah $1730\text{--}1750\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$) dari senyawa pektin dan asam organik. Daerah serapan $1500\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$ dikenal sebagai daerah *fingerprint* karena memiliki pola spektrum yang khas dan kompleks. Pada daerah ini terdapat vibrasi gugus $\text{C}-\text{O}$, $\text{C}-\text{C}$, dan $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ yang berkaitan dengan kandungan gula, polisakarida, dan antosianin pada buah stroberi.

Menurut Coates (2000), daerah *fingerprint* sangat penting dalam identifikasi senyawa karena setiap senyawa memiliki pola spektrum yang unik. Analisis FTIR pada stroberi juga dapat digunakan untuk mengetahui perubahan komposisi kimia akibat penyimpanan, proses ekstraksi, maupun perlakuan tertentu. Perbedaan intensitas dan posisi pita serapan menunjukkan adanya perubahan kandungan senyawa bioaktif di dalam sampel. Oleh karena itu, FTIR menjadi salah satu metode yang efektif untuk karakterisasi senyawa antioksidan pada buah stroberi. Berdasarkan analisis FTIR, keberadaan gugus $\text{O}-\text{H}$, $\text{C}=\text{O}$, dan $\text{C}=\text{C}$ aromatik menunjukkan adanya senyawa fenolik dan flavonoid yang berperan dalam aktivitas antioksidan pada stroberi. Semakin tinggi intensitas pita serapan gugus hidroksil dan fenolik, maka aktivitas antioksidan suatu sampel cenderung semakin tinggi.

2.8 Metode Analisis Aktivitas Antioksidan Metode Spektrofotometri Ultraviolet-Visible (UV-Vis) dengan Reagen 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

Metode DPPH digunakan untuk mengukur kemampuan antioksidan dalam mereduksi radikal bebas. Metode ini dipilih karena sederhana, mudah, cepat, dan peka serta hanya memerlukan sedikit sampel untuk evaluasi aktivitas antioksidan dari senyawa bahan alam sehingga digunakan untuk menguji kemampuan senyawa yang berperan sebagai pendonor elektron (Molyneux, 2004).

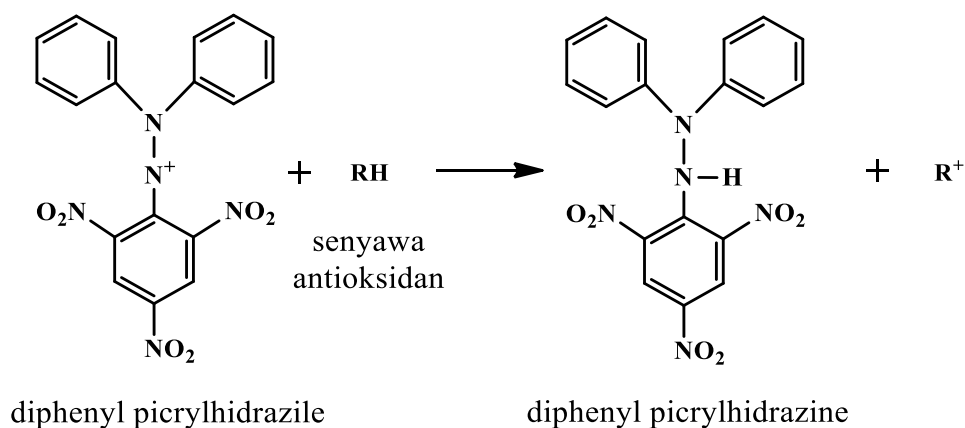
Sensitivitas metode ini teruji sebab hanya memerlukan sedikit sampel saja. Kandungan senyawa bioaktif yang ada pada stroberi dan bertindak sebagai antioksidan akan berinteraksi dengan senyawa radikal dari DPPH melalui mekanisme transfer atom hidrogen ($\bullet\text{H}$). Indikator perubahan warna yang terjadi pada reaksi ini adalah dari warna ungu menjadi warna kuning. Warna ungu mengindikasikan bahwa larutan uji masih mengandung molekul DPPH yang masih radikal atau reaktif, sedangkan warna kuning dapat diartikan sebagai molekul DPPH sudah tidak reaktif lagi karena sudah berpasangan dengan atom lainnya. Densitas optik dari perubahan warna yang terjadi pada reaksi penentuan aktivitas antioksidan ini dapat diukur pada panjang gelombang 517 nm (Hanani, 2005).

Prinsip uji aktivitas antioksidan suatu senyawa dengan 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ditunjukkan oleh penurunan absorban pada panjang gelombang 517 nm . Metode DPPH menggunakan radikal bebas stabil yang memiliki warna ungu dan akan berubah menjadi kuning ketika bereaksi dengan antioksidan (Molyneux, 2004). Penurunan absorbansi pada panjang gelombang 517 nm menunjukkan aktivitas antioksidan suatu sampel.

Penurunan serapan DPPH berlangsung pada saat elektron sunyi menjadi berpasangan karena adanya antioksidan. Serapan menjadi menurun dan menyebabkan hilangnya warna secara stoikiometri sesuai dengan jumlah elektron yang ditangkap (Pratiwi dan Sirumapea, 2012). Penelitian sebelumnya oleh Arnandea dan Murrukmiyadi (2020) menghasilkan IC_{50} sebesar 29,8236 ppm pada pengujian aktivitas antioksidan buah stroberi.

Pengurangan intensitas warna yang terjadi berhubungan dengan jumlah elektron DPPH yang menangkap atom hidrogen yang mengindikasikan peningkatan kemampuan antioksidan untuk menangkap radikal bebas. Aktivitas antioksidan diperoleh dengan menghitung jumlah pengurangan intensitas warna ungu 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) yang sebanding dengan pengurangan konsentrasi larutan 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) melalui pengukuran absorbansi larutan uji. DPPH yang bereaksi dengan antioksidan akan menghasilkan bentuk tereduksi DPPH dan radikal antioksidan (Prakash *et al.*, 2001). Metode yang digunakan untuk mengetahui potensi antioksidan yakni melalui pengukuran terhadap (%) peredaman terhadap radikal bebas yang selanjutnya akan digunakan untuk mengetahui IC_{50} . IC_{50} adalah bilangan yang menunjukkan konsentrasi ekstrak yang mampu mengambat 50% oksidasi. Nilai IC_{50} berbanding terbalik dengan aktivitas antioksidan. Semakin tinggi nilai IC_{50} maka semakin kecil aktivitas antioksidannya dan begitu pula sebaliknya (Molyneux, 2004).

Reaksi antara asam askorbat yang bertindak sebagai antioksidan dengan molekul DPPH dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Reaksi antara Antioksidan dan Molekul 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Tristantini *et al.*, 2016)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Mei 2026 bertempat di Laboratorium Biokimia Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian kali ini antara lain seperangkat alat gelas, instrumen *freeze drying*, *blender*, penyaring serbuk (ayakan) ukuran 30 mesh, timbangan non analitik, oven, cawan porselen, neraca analitik, *vortex mixer*, ruang asam, seperangkat alat spektrofotometri (*cuvette*, spektrofotometer UV-Vis), *ultrasonicator*, *rotary evaporator*, dan instrumen *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR).

3.2.2 Bahan

Bahan utama yaitu buah stroberi (*Fragaria* sp) varietas Mencir yang berasal dari Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain buah stroberi segar, aquades, etanol 96%, asam askorbat, serbuk *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH), etanol p.a dan aluminium foil.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini melalui pengujian eksperimental di laboratorium. Rancangan dalam penelitian ini adalah:

1. Pengambilan buah stroberi segar yang berasal dari Kecamatan Bumiaji, Kota Batu.
2. Preparasi sampel yaitu buah stroberi yang akan digunakan, ditimbang dan dicuci bersih dengan air, ditiriskan dan dilanjutkan dengan proses pengeringan dengan menggunakan metode *freeze drying*. Setelah itu, dihaluskan menggunakan *blender*, dan diayak menggunakan ayakan 30 mesh.
3. Selanjutnya dilakukan ekstraksi, serbuk buah stroberi diekstraksi menggunakan metode sonikasi dengan pelarut etanol 96%.
4. Selanjutnya uji kuantitatif pendukung hipotesis berupa uji aktivitas antioksidan ditunjukkan pada Tabel 3.1.
5. Penentuan profil gugus fungsi pada ekstrak etanol buah stroberi mencir menggunakan instrumentasi FTIR

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian

Konsentrasi Ekstrak (ppm)	Aktivitas Antioksidan
50	
100	
150	
200	
250	
Asam Askorbat	

Penentuan aktivitas antioksidan ekstrak stroberi menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis dengan reagen *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH) dan asam askorbat sebagai standar kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer Uv-Vis. Data diperoleh berdasarkan hasil perhitungan persentase aktivitas antioksidan dan dianalisis serta diinterpretasikan dalam bentuk nilai *Inhibitory Concentration 50%* (IC₅₀). Pengujian ekstrak etanol buah stroberi dengan menggunakan instrumentasi *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR).

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Preparasi sampel
2. Ekstraksi serbuk buah stroberi menggunakan metode Sonikasi
3. Uji aktivitas antioksidan dengan metode spektrofotometri UV-Vis
4. Pengujian *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) ekstrak etanol Buah Stroberi
5. Analisis data

3.5 Prosedur Kerja

3.5.1 Preparasi Sampel (*Fragaria sp.*) (Habibi *et al.*, 2019)

Pengambilan sampel buah stroberi yang berasal dari Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. Buah stroberi ditimbang dan dicuci hingga bersih dengan air, ditiriskan, kemudian dipotong kecil-kecil sebesar 0,2 cm menggunakan pisau dan dikeringkan dengan menggunakan *freeze dryer* dengan suhu -40°C selama 13 jam. Setelah itu, dihaluskan menggunakan *blender* hingga menjadi serbuk, kemudian disaring menggunakan ayakan 30 mesh hingga diperoleh serbuk halus.

3.5.2 Ekstraksi Sampel (Rahman, 2016)

Serbuk buah stroberi ditimbang sebanyak 25 g dimasukkan dalam *beaker glass*, kemudian ditambahkan pelarut etanol 96% sebanyak 125 mL, lalu diaduk menggunakan *stirrer* dengan kecepatan 400rpm selama 30 menit lalu dipindahkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL. Rasio perbandingan serbuk buah stroberi terhadap pelarut adalah 1:5. Metode ekstraksi yang

digunakan adalah ekstraksi sonikasi dengan lama ekstraksi 30 menit dengan suhu 27°C (Liao *et al.*, 2016). Ekstrak yang diperoleh disaring menggunakan kertas saring dan dipekatkan menggunakan *rotary evaporator* dengan suhu 40°C, sehingga pelarut benar-benar menguap tidak adanya pelarut yang menetes pada labu pelarut, kemudian dihitung rendemen dengan rumus berikut :

$$\%yield = \frac{W_1}{W_2} \times 100\%$$

Keterangan :

% *yield* = Rendemen

W1 = Bobot ekstrak (g)

W2 = Bobot kering serbuk halus sampel (g)

3.5.3 Analisis Kuantitatif Aktivitas Antioksidan (Destrianggi dan Kautsar, 2022)

3.5.3.1 Pembuatan Larutan Stok DPPH 0,2 mM

Larutan stok 1000 ppm disiapkan dengan cara serbuk DPPH ditimbang sebanyak 3,9433 mg kemudian dimasukkan ke dalam *beaker glass* 50 mL yang telah dilapisi alumunium foil kemudian dilarutkan dengan 15 mL etanol p.a, kemudian larutan dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL dilarutkan dengan etanol hingga tanda batas. Selanjutnya larutan disimpan ditempat yang terhindar dari cahaya dan dalam suhu ruang (Inayah, 2019).

3.5.3.2 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum DPPH

Larutan DPPH 0.2 mM sebanyak 2 mL dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan dengan 6 mL etanol p.a lalu divortex selama 2 menit hingga larutan homogen. Selanjutnya diinkubasi dengan suhu 37°C selama 30 menit, lalu dipindahkan ke dalam kuvet dan diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 400-800 nm (Nafiannisa, 2020).

3.5.3.3 Pembuatan Larutan Kontrol

Larutan stok DPPH 0,2 mM dipipet sebanyak 2 mL dimasukkan dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan 6 mL etanol p.a dan ditutup menggunakan *alumunium foil* kemudian dihomogenkan menggunakan *vortex* selama 2 menit. Selanjutnya diinkubasi dengan suhu 37°C selama 30 menit. Aktivitas absorbansi dihitung dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis panjang gelombang 517 nm (Inayah, 2019).

3.5.3.4 Pembuatan Larutan Uji Ekstrak Buah Stroberi (*Fragaria sp.*)

Ekstrak buah stroberi ditimbang sebanyak 10 mg dan dilarutkan dengan etanol p.a hingga 10 mL kemudian dihomogenkan (larutan induk yang diperoleh konsentrasi 1000 µg/mL). Kemudian larutan induk dipipet ke dalam tabung reaksi dengan dibuat konsentrasi sampel 50, 100, 150, 200, dan 250 ppm.

3.5.3.5 Pengukuran Absorbansi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Masing-masing konsentrasi larutan uji diambil 6 mL, dimasukkan dalam tabung reaksi. Selanjutnya ditambah DPPH 0,2 mM sebanyak 2 mL dan dihomogenkan menggunakan *vortex mixer* selama 2 menit, kemudian diinkubasi 30 menit dengan suhu 37°C. Absorbansi larutan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis panjang gelombang 517 nm (Inayah, 2019). Perlakuan dilakukan sebanyak 1 kali ulangan dan diperoleh nilai absorbansi.

3.5.3.6 Analisis Aktivitas Antioksidan

1. Persentase Antioksidan

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{A1-A2}{A1} \times 100\% \text{ (Molyneux, 2004)}$$

Keterangan:

A1 = absorbansi kontrol

A2 = absorbansi sampel

2. Penentuan Nilai IC₅₀

Penentuan IC₅₀ diperoleh dari hasil persamaan regresi linier yang menghubungkan antara % inhibisi terhadap konsentrasi masing-masing larutan uji sampel (50, 100, 150, 200, dan 250 ppm) dan pembanding asam askorbat 50 ppm. Didapatkan yaitu $y = ax + b$ dengan nilai absorbansi pada sumbu ordinat y dan konsentrasi (µg/mL) pada sumbu ordinat x. Setelah didapatkan persamaan regresi linier, y diganti dengan angka 50 untuk mengetahui aktivitas antioksidan dalam sampel. Nilai IC₅₀ yaitu saat % aktivitas antioksidan sebesar 50% (Azizah, Misfadhila, dan Oktoviani, 2019).

3.5.4 Pengujian FTIR pada Ekstrak Stroberi

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi senyawa bioaktif pada ekstrak buah stroberi. Analisis FTIR dilakukan menggunakan instrumen FTIR dengan metode ATR (*Attenuated Total Reflectance*). Ekstrak kental stroberi ditempatkan pada kristal ATR kemudian diratakan hingga menutupi permukaan kristal. Sampel kemudian dianalisis pada rentang bilangan gelombang 4000–500 cm⁻¹. Spektrum FTIR yang diperoleh menunjukkan hubungan antara *intencsitas* serapan dan bilangan gelombang. Setiap puncak serapan dianalisis berdasarkan daerah serapan khas untuk menentukan gugus fungsi yang terkandung dalam ekstrak stroberi. Interpretasi spektrum FTIR dilakukan dengan membandingkan bilangan gelombang hasil pengukuran dengan literatur referensi. Gugus fungsi yang diidentifikasi meliputi: Szymanska *et al.* (2023).

1. Gugus hidroksil (O–H)
2. Gugus karbonil (C=O)
3. Gugus aromatik (C=C)
4. Gugus C–O

5. Gugus C–H alifatik

Tabel 3.2 Daerah serapan yang diamati pada spektrum FTIR

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹) Interpretasi	Gugus Fungsi	
3200–3600	O–H	Fenolik dan flavonoid
3000–2800	C–H	Senyawa alifatik
1700–1750	C=O	Asam organik dan pektin
1500–1600	C=C aromatic	Senyawa fenolik
1000–1300	C–O	Alkohol dan ester

Hasil analisis *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) digunakan untuk mengetahui keberadaan senyawa bioaktif yang berpotensi sebagai antioksidan pada ekstrak stroberi.

3.5.5 Analisis Data

Hasil analisis kuantitatif senyawa bioaktif pada sediaan serbuk stroberi diolah menggunakan regresi linear, IC₅₀ dan AAI (*Antiokxidant Activity Index*). Data hasil penelitian disusun dalam tabel, diklasifikasikan menjadi susunan urutan data dan dimuat dalam grafik Excel untuk kemudian diinterpretasikan sesuai dengan hasil penelitian.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi Buah Stroberi

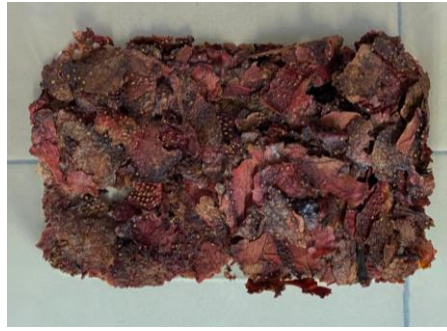
Preparasi buah stroberi dilakukan dengan mengambil buah stroberi dengan varietas mencir dari perkebunan stroberi di Kecamatan Bumiaji, Kota Batu, Jawa Timur. Buah stroberi segar ditunjukkan pada Gambar 4.1 ditimbang sebanyak 1,5 kg, selanjutnya dilakukan pencucian buah stroberi segar menggunakan air bersih dan mengalir, hal ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran berupa tanah, ataupun lumpur yang menempel. Kemudian buah stroberi dipotong kecil dengan ukuran sekitar 0,2 cm menggunakan pisau, lalu ditiriskan buah stroberi tersebut hingga tidak terlalu banyak air yang menempel pada buah stroberi.



Gambar 4.1 Buah Stroberi Segar

4.2 Pengeringan Buah Stroberi menggunakan metode *Freeze drying*

Buah stroberi yang telah ditiriskan kemudian dikeringkan menggunakan *freeze drying* selama 13 jam dengan suhu -40°C . *Freeze drying* digunakan sebagai alat pengering yang menggunakan suhu rendah, meminimalkan penyusutan dan perubahan struktural, menghilangkan air lebih cepat, mempertahankan zat gizi dan perubahan minimal pada bau, rasa dan warna. Hasil *freeze drying* yang tidak dipakai berupa karamel yang mengandung gula, sedangkan yang dilanjutkan untuk dilakukan pengujian yaitu hasil *slice* kering buah stroberi ditunjukkan pada Gambar 4.2. Kemudian *slice* kering buah stroberi dihaluskan menggunakan blender dan diayak menggunakan ayakan 30 mesh. Tujuan dari pengayakan dilakukan untuk mendapatkan serbuk buah stroberi dengan ukuran partikel yang lebih kecil, seragam, serta untuk meningkatkan luas permukaan agar dapat mengoptimalkan proses ekstraksi yang dilakukan.



Gambar 4.2 Buah Stroberi kering hasil *freeze drying*

4.3 Ekstraksi Serbuk Buah Stroberi Menggunakan Metode Sonikasi Dengan Pemekatan *Rotary evaporator*

Proses ekstraksi pada penelitian ini dilakukan menggunakan serbuk stroberi dengan pelarut etanol 96% melalui pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 400 rpm selama 30 menit. Pengadukan bertujuan untuk meningkatkan kontak antara partikel serbuk stroberi dengan pelarut sehingga proses difusi senyawa bioaktif dari matriks tanaman menuju pelarut berlangsung lebih efektif. Penggunaan etanol sebagai pelarut dipilih karena memiliki kemampuan dalam mengekstraksi senyawa polar hingga semi polar seperti fenolik, flavonoid, dan antosianin. Ekstraksi menggunakan pelarut etanol mampu menghasilkan ekstrak stroberi dengan kandungan senyawa bioaktif yang berpotensi sebagai antioksidan. Metode ekstraksi ini menggunakan getaran ultrasonik yang menghasilkan efek kavitasi dengan getaran lebih dari 20 kHz. Proses ekstraksi dengan metode sonikasi dilakukan menggunakan ultrasonik waterbath dengan suhu 27°C dalam waktu 30 menit. Penggunaan metode sonikasi bertujuan untuk meningkatkan efisiensi ekstraksi melalui mekanisme kavitasi, yaitu pembentukan gelembung mikro yang menghasilkan tekanan sehingga mampu meningkatkan penetrasi pelarut ke dalam jaringan sel sampel. Kondisi tersebut menyebabkan senyawa bioaktif seperti fenolik, flavonoid, dan antosianin lebih mudah terlarut dalam pelarut etanol 96%. *Ultrasound-assisted extraction* mampu mengekstraksi senyawa fenolik dari buah stroberi secara efektif karena adanya peningkatan perpindahan massa antara bahan tanaman dan pelarut.

Filtrat hasil ekstraksi sonikasi kemudian dilakukan pemekatan menggunakan *rotary evaporator* untuk mendapatkan ekstrak pekat. Penggunaan *rotary evaporator* memungkinkan penghilangan pelarut etanol pada kondisi tekanan rendah sehingga dapat mengurangi risiko degradasi senyawa bioaktif yang efektif meningkatkan perolehan senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan stroberi.



Gambar 4.3 Ekstrak etanol serbuk buah stroberi

Ekstrak kental didapatkan mengindikasikan senyawa bioaktif yang terkandung dalam serbuk buah stroberi telah terekstrak dengan etanol 96% seperti pada Gambar 4.3, kemudian ekstrak dimasukkan ke dalam botol yang dilapisi alumunium foil. Selanjutnya dihitung rendemen yang diperoleh untuk mengetahui jumlah ekstrak yang didapat. Nilai rendemen yang dihasilkan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Rendemen

Sampel	Rendemen (%)
Buah stroberi	18,32

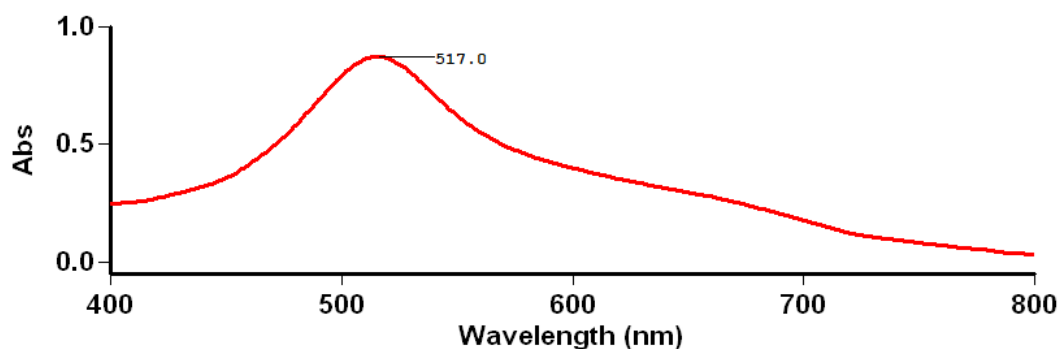
Berdasarkan Tabel 4.1 Rendemen ekstrak stroberi yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 18,32%. Tingginya nilai rendemen menunjukkan bahwa pelarut etanol 96% mampu mengekstraksi komponen terlarut dalam serbuk stroberi. Nilai rendemen yang diperoleh pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan penelitian sebelumnya oleh Hakkinen *et al.* (2014) yang melaporkan rendemen ekstrak polifenol stroberi menggunakan pelarut etanol sebesar sekitar 3,1% dari bahan kering stroberi. Perbedaan nilai rendemen tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan bahan baku dan metode ekstraksi. Hal ini sesuai dengan penelitian Andayani *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa ekstraksi menggunakan pelarut etanol dapat menarik senyawa metabolit sekunder stroberi, terutama golongan fenolik dan flavonoid. Kandungan senyawa tersebut berkontribusi terhadap jumlah ekstrak yang diperoleh karena memiliki gugus polar yang mampu berinteraksi dengan etanol.

4.4 Uji Aktivitas Antioksidan Pada Ekstrak Buah Stroberi

4.4.1 Penentuan Panjang gelombang serapan maksimum DPPH

Penentuan panjang gelombang serapan maksimum (λ maks) dilakukan terhadap larutan (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) DPPH dengan konsentrasi 0,2 mM menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Tahap ini bertujuan untuk menentukan panjang gelombang dengan nilai absorbansi tertinggi yang akan digunakan sebagai panjang gelombang pengukuran

aktivitas antioksidan ekstrak etanol serbuk buah stroberi (*Fragaria × ananassa*) menggunakan metode DPPH. Berdasarkan hasil pengukuran spektrum serapan larutan DPPH 0,2 mM pada rentang panjang gelombang 400–600 nm, diperoleh serapan maksimum pada panjang gelombang 517 nm dengan nilai absorbansi sebesar 0,0927. Nilai tersebut menunjukkan bahwa larutan DPPH 0,2 mM memiliki kemampuan menyerap energi cahaya paling tinggi pada panjang gelombang 517 nm, sehingga panjang gelombang tersebut digunakan sebagai λ_{maks} dalam analisis aktivitas antioksidan. Larutan DPPH merupakan senyawa radikal bebas stabil yang memiliki elektron tidak berpasangan pada atom nitrogen. Keberadaan elektron tidak berpasangan tersebut menyebabkan larutan DPPH menghasilkan warna ungu dan memberikan serapan kuat pada daerah cahaya tampak. Ketika larutan DPPH bereaksi dengan senyawa antioksidan, elektron atau atom hidrogen dari senyawa antioksidan akan didonorkan kepada radikal DPPH sehingga membentuk senyawa nonradikal DPPH-H. Reaksi tersebut menyebabkan perubahan warna dari ungu menjadi kuning yang ditandai dengan penurunan nilai absorbansi. Hasil spektra UV-Vis larutan DPPH 0,2 mM ditunjukkan pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Panjang Gelombang Maksimum DPPH

Nilai absorbansi awal sebesar 0,0927 pada larutan DPPH 0,2 mM menunjukkan intensitas serapan radikal DPPH sebelum penambahan ekstrak etanol serbuk stroberi. Nilai absorbansi kontrol ini selanjutnya digunakan sebagai pembanding dalam menentukan persentase inhibisi radikal bebas DPPH setelah penambahan ekstrak. Semakin besar penurunan absorbansi yang terjadi, maka semakin tinggi kemampuan ekstrak dalam mereduksi radikal DPPH. Hasil λ_{maks} yang diperoleh pada penelitian ini sesuai dengan karakteristik larutan DPPH. Menurut Molyneux (2004), larutan DPPH umumnya menunjukkan serapan maksimum pada panjang gelombang sekitar 515–520 nm, terutama pada penggunaan pelarut metanol atau etanol. Radikal DPPH memiliki serapan maksimum pada panjang gelombang sekitar 517 nm akibat adanya delokalisasi elektron pada struktur molekulnya. Kemudian konsentrasi DPPH yang digunakan juga berpengaruh terhadap nilai absorbansi yang dihasilkan. Konsentrasi DPPH 0,2 mM merupakan konsentrasi yang sering digunakan dalam pengujian aktivitas antioksidan karena mampu menghasilkan intensitas warna yang cukup stabil serta memberikan sensitivitas yang baik terhadap perubahan

absorbansi akibat reaksi dengan senyawa antioksidan. Nilai absorbansi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan keterbatasan linearitas pengukuran, sedangkan absorbansi yang terlalu rendah dapat menurunkan sensitivitas analisis. Dengan demikian, penggunaan larutan DPPH 0,2 mM menghasilkan panjang gelombang serapan maksimum pada 517 nm dengan absorbansi sebesar 0,0927, sehingga panjang gelombang tersebut digunakan sebagai kondisi optimum untuk pengujian aktivitas antioksidan ekstrak etanol serbuk buah stroberi hasil *freeze drying*

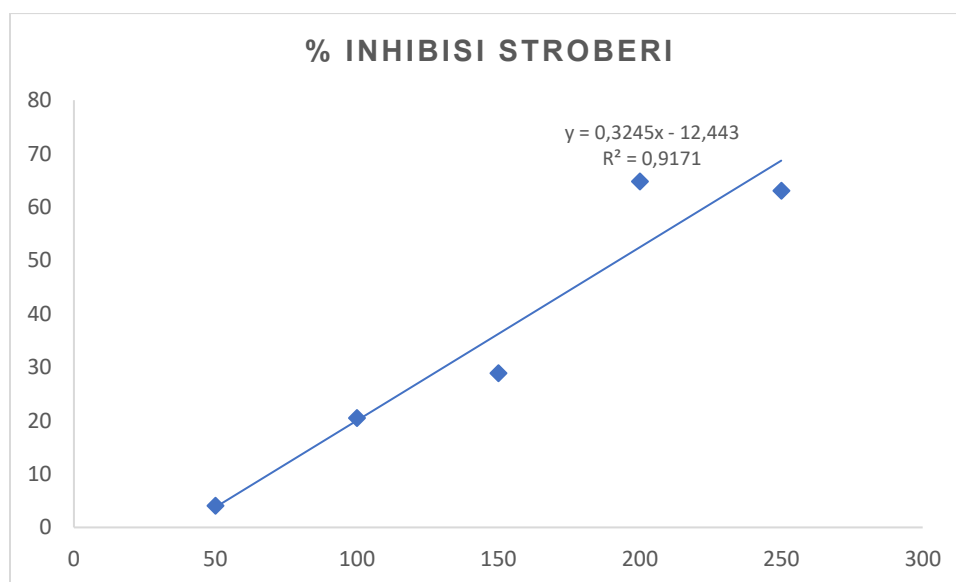
4.4.2 Penentuan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Stroberi

Pengujian aktivitas antioksidan ekstrak etanol serbuk buah stroberi hasil *freeze drying* dilakukan menggunakan metode DPPH (*2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*). Metode DPPH dipilih karena merupakan metode yang sederhana, cepat, dan banyak digunakan untuk mengevaluasi kemampuan suatu ekstrak dalam menangkap radikal bebas berdasarkan kemampuan senyawa antioksidan dalam mendonorkan atom hidrogen atau elektron kepada radikal DPPH. Aktivitas antioksidan ditentukan berdasarkan nilai persentase inhibisi radikal DPPH. Semakin tinggi nilai inhibisi menunjukkan semakin besar kemampuan ekstrak dalam mereduksi radikal DPPH. Berdasarkan hasil pengujian bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak stroberi menyebabkan peningkatan kemampuan penghambatan radikal DPPH. Pada konsentrasi 50 ppm, ekstrak menghasilkan nilai inhibisi sebesar 4,03%, kemudian meningkat menjadi 20,50% pada konsentrasi 100 ppm dan 28,85% pada konsentrasi 150 ppm. Peningkatan aktivitas antioksidan ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak, semakin banyak senyawa bioaktif yang tersedia untuk menangkap radikal DPPH. Aktivitas inhibisi tertinggi diperoleh pada konsentrasi 200 ppm dengan nilai sebesar 64,75%, sedangkan pada konsentrasi 250 ppm terjadi sedikit penurunan menjadi 63,03%. Penurunan nilai inhibisi pada konsentrasi tertinggi dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti adanya kejenuhan interaksi antara senyawa antioksidan dengan radikal DPPH, keterbatasan kelarutan senyawa aktif dalam pelarut, maupun kemungkinan terjadinya interaksi antar komponen bioaktif dalam ekstrak yang memengaruhi kemampuan reduksi radikal bebas. Sebagai pembanding, digunakan asam askorbat sebagai kontrol positif. Pada konsentrasi yang sama 50 ppm, asam askorbat menunjukkan nilai inhibisi sebesar 94,52%. Nilai tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan ekstrak stroberi pada konsentrasi 50–250 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa asam askorbat memiliki aktivitas antioksidan yang lebih kuat karena merupakan senyawa murni dengan kemampuan donor elektron yang tinggi. Berbeda dengan asam askorbat, ekstrak stroberi merupakan campuran berbagai senyawa sehingga aktivitas antioksidannya merupakan hasil kombinasi dari berbagai komponen bioaktif yang terdapat di dalam ekstrak. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai persentase inhibisi ekstrak etanol buah stroberi pada berbagai konsentrasi sebagaimana disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 4.2 Nilai inhibisi ekstrak etanol buah stroberi

Konsentrasi (ppm)	inhibisi (%)
50	4.03
100	20.50
150	28.85
200	64.75
250	63.03
Kontrol Positif (asam askorbat)	94.52

Secara keseluruhan hasil penelitian pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa ekstrak etanol buah stroberi hasil *freeze drying* memiliki kemampuan dalam menangkap radikal bebas DPPH yang ditunjukkan dengan peningkatan nilai inhibisi seiring peningkatan konsentrasi. Meskipun aktivitasnya lebih rendah dibandingkan asam askorbat, ekstrak stroberi tetap memiliki potensi sebagai sumber antioksidan alami karena mengandung senyawa bioaktif yang berperan dalam mekanisme penangkapan radikal bebas. Berdasarkan hasil regresi linear antara konsentrasi ekstrak dan persentase inhibisi, diperoleh persamaan regresi:

**Gambar 4.5** Regresi Linear IC_{50} Ekstrak etanol stroberi

Nilai koefisien determinasi (R^2) dari Gambar 4.5 sebesar 0,9171. Nilai R^2 yang mendekati 1 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara peningkatan konsentrasi ekstrak dengan peningkatan aktivitas penghambatan radikal DPPH. Nilai IC_{50} dihitung berdasarkan konsentrasi ekstrak yang mampu menghasilkan inhibisi sebesar 50%, sehingga diperoleh nilai seperti pada table berikut:

Tabel 4.3 Hasil IC_{50} ekstrak etanol buah stroberi

Sampel	IC_{50} (ppm)	AAI
Buah Stroberi	192.43	0.410

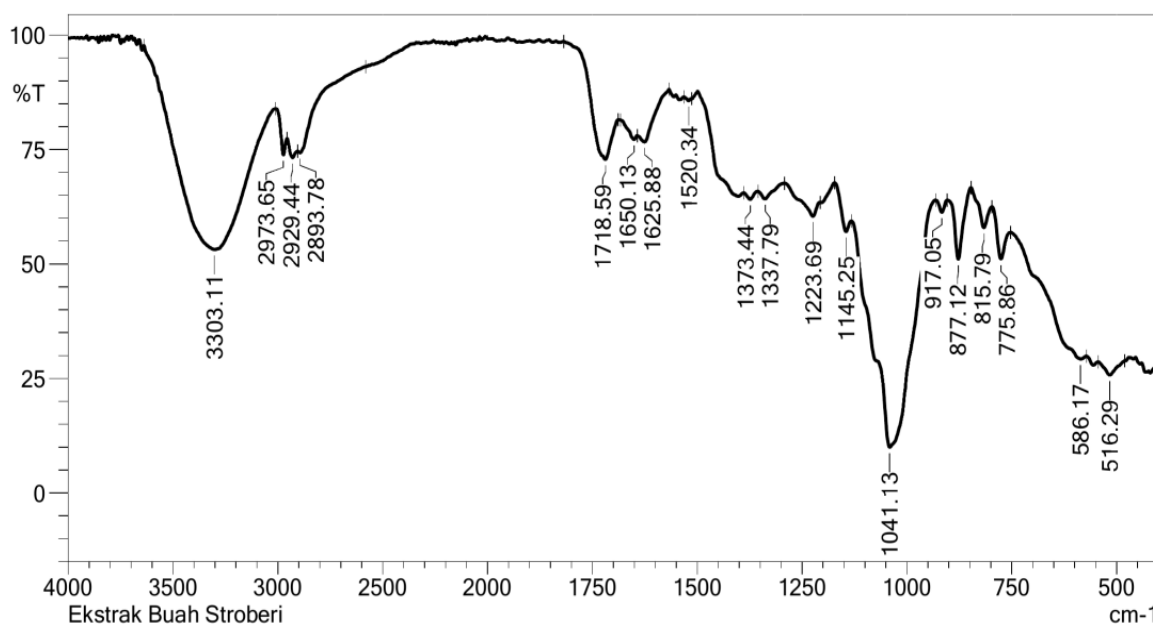
Nilai IC_{50} dari Tabel 4.3 sebesar 192,43 ppm menunjukkan bahwa ekstrak etanol buah stroberi hasil *freeze drying* memiliki kemampuan antioksidan pada kategori lemah hingga sedang. Seperti menurut Molyneux (2004), nilai IC_{50} antara 100–500 ppm dikategorikan sebagai aktivitas antioksidan lemah, sedangkan aktivitas yang sangat kuat umumnya memiliki nilai IC_{50} kurang dari 50 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak stroberi membutuhkan konsentrasi yang relatif tinggi untuk mencapai kemampuan penghambatan radikal DPPH sebesar 50%.

Selain nilai IC_{50} , aktivitas antioksidan ekstrak juga dapat dievaluasi menggunakan parameter *Antioxidant Activity Index* (AAI). Nilai AAI dihitung berdasarkan perbandingan antara konsentrasi DPPH yang digunakan dengan nilai IC_{50} ekstrak. Berdasarkan hasil perhitungan, ekstrak etanol serbuk buah stroberi memiliki nilai AAI sebesar 0,410 seperti pada Tabel 4.3. Nilai AAI tersebut menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan ekstrak stroberi termasuk dalam kategori aktivitas antioksidan lemah. Menurut Scherer dan Godoy (2009), nilai $AAI < 0,5$ dikategorikan sebagai aktivitas antioksidan lemah, nilai 0,5–1 termasuk sedang, nilai 1–2 termasuk kuat, dan nilai >2 termasuk sangat kuat. Dengan demikian, nilai AAI sebesar 0,410 memperkuat hasil pengelompokan berdasarkan nilai IC_{50} bahwa ekstrak etanol serbuk buah stroberi memiliki aktivitas antioksidan yang relatif rendah.

Rendahnya aktivitas antioksidan berdasarkan nilai IC_{50} dan AAI dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah proses ekstraksi dan karakteristik bahan. Meskipun metode *freeze drying* mampu mempertahankan senyawa bioaktif karena dilakukan pada suhu rendah, beberapa senyawa antioksidan seperti antosianin dapat mengalami degradasi selama proses pengolahan maupun penyimpanan. Selain itu, aktivitas antioksidan ekstrak tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah senyawa fenolik, tetapi juga jenis, struktur, serta interaksi antar senyawa yang terkandung dalam ekstrak. Penggunaan pelarut etanol yang bersifat polar memungkinkan terekstraknya metabolit sekunder maupun primer (seperti gula atau asam organik tertentu) yang menciptakan matriks ekstrak yang kompleks. Kompleksitas ini memunculkan interaksi antar senyawa yang mungkin bersifat antagonis, dimana senyawa non-antioksidan dapat menghalangi sterik atau berkompetisi dengan senyawa fenolik aktif. Oleh karena itu, aktivitas antioksidan secara *in vitro* sangat dipengaruhi oleh jenis senyawa, profil struktur kimia (ketersediaan gugus pendonor hidrogen), dan interaksi molekuler yang terjadi di dalam ekstrak etanol buah stroberi tersebut.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak etanol buah stroberi memiliki potensi sebagai sumber senyawa antioksidan alami, meskipun aktivitasnya masih lebih rendah dibandingkan dengan antioksidan standar seperti asam askorbat. Kemampuan antioksidan tersebut diduga berasal dari kandungan metabolit sekunder yang teridentifikasi melalui analisis spektroskopi FTIR, terutama keberadaan gugus fungsi seperti hidroksil (-OH) dari senyawa fenolik dan flavonoid yang berperan dalam mekanisme donor hidrogen terhadap radikal bebas.

4.5 Pengujian FTIR Ekstrak Buah Stroberi



Gambar 4.6 Hasil FTIR ekstrak buah stroberi mencir

Spektrum FTIR pada gambar 4.6 ekstrak etanol buah stroberi menunjukkan beberapa pita serapan karakteristik pada bilangan gelombang 3303,11; 2973,65; 2929,44; 2893,78; 1718,59; 1650,13; 1595,68; 1520,34; 1373,44; 1337,79; 1223,69; 1145,25; 1041,13; 917,05; 877,12; 815,15; 775,86; 586,17; dan 516,29 cm^{-1} . Pita serapan yang lebar pada 3303,11 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus hidroksil (-OH). Gugus ini merupakan ciri khas senyawa fenolik, flavonoid, antosianin, alkohol, dan karbohidrat. Lebarnya pita menunjukkan adanya ikatan hidrogen antarmolekul yang kuat, yang umum ditemukan pada ekstrak tumbuhan. Keberadaan gugus hidroksil mengindikasikan bahwa ekstrak etanol stroberi mengandung senyawa antioksidan yang cukup tinggi, karena gugus -OH merupakan donor atom hidrogen yang berperan dalam aktivitas penangkap radikal bebas. Bilangan gelombang 2973,65; 2929,44; 2893,78 cm^{-1} terdapat puncak yang menunjukkan vibrasi regangan C-H alifatik (asimetris dan simetris). Gugus fungsi tersebut berasal dari rantai karbon (metil dan metilen) yang merupakan kerangka dasar molekul organik penyusun sel buah. Keberadaan pita C=O pada 1718,59 cm^{-1} mengindikasikan adanya asam-asam organik, sedangkan pita C=C aromatik pada 1650–1520 cm^{-1} menunjukkan keberadaan senyawa fenolik dan flavonoid. Selanjutnya, puncak pita C–O pada daerah 1223–1041 cm^{-1} mengonfirmasi keberadaan gula, pektin, dan glikosida yang merupakan komponen utama buah stroberi. Secara keseluruhan, spektrum FTIR yang diperoleh konsisten dengan komposisi kimia buah stroberi yang kaya akan senyawa bioaktif dan mendukung penggunaan etanol sebagai pelarut yang efektif untuk mengekstraksi senyawa-senyawa polar tersebut.

Menurut Wildan *et al.*, (2025) gugus fungsi dari ekstrak buah stroberi dilakukan dengan menggunakan instrumen FTIR Spectrofotometry pada bilangan gelombang 4000–400 cm^{-1} .

Hasil yang diperoleh pada Spektre IR terdapat beberapa peak, tetapi terdapat 3 peak yang memiliki intensitas serapan yang kuat pada gelombang IR 3274, 1638 dan 1028 cm^{-1} . Gelombang IR 3274 cm^{-1} termasuk senyawa gugus hidroksi (O-H) dan gelombang IR 1028 cm^{-1} termasuk senyawa aromatik yang membuktikan bahwa ekstrak stroberi mengandung antosianin dan membuktikan bahwa senyawa antosianin termasuk senyawa polifenol flavonoid, yang memiliki gugus hidroksi dan gugus aromatik. Keberadaan gugus fungsional O-H, C=O, C=C dan =C-O-C pada spektrum analisis dengan FTIR Spectrofotometry merupakan ciri khas serapan oleh kelompok senyawa antosianin.

Menurut Giampieri *et al.* (2012), buah stroberi kaya akan senyawa bioaktif terutama antosianin, flavonoid, dan asam fenolat yang berperan penting sebagai antioksidan alami. Senyawa tersebut memiliki gugus hidroksil (-OH) dan sistem cincin aromatik yang mampu mendonorkan elektron atau atom hidrogen untuk menetralkan radikal bebas. Keberadaan gugus O-H dan C=C aromatik yang terdeteksi pada FTIR mengindikasikan bahwa senyawa fenolik memang terdapat dalam ekstrak stroberi yang diuji. Nilai AAI (0,3656) menunjukkan bahwa meskipun senyawa bioaktif terdeteksi secara kualitatif melalui FTIR, jumlah atau konsentrasi senyawa tersebut dalam ekstrak tidak cukup tinggi untuk menghasilkan aktivitas antioksidan yang kuat. Hal ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti metode ekstraksi, kondisi sonikasi, penggunaan pelarut etanol 96%, serta degradasi sebagian senyawa fenolik selama proses ekstraksi. FTIR memberikan informasi kualitatif mengenai keberadaan profil gugus fungsi. Oleh karena itu, meskipun gugus fungsi antioksidan terdeteksi, aktivitas antioksidan yang diukur melalui metode DPPH dan dinyatakan dalam AAI dapat tetap berada pada kategori rendah jika konsentrasi senyawa aktif relatif kecil. Menurut Bae *et al.* (2019), aktivitas antioksidan stroberi sangat dipengaruhi oleh kadar total fenolik dan antosianin yang berhasil diekstraksi. Semakin tinggi kandungan senyawa fenolik, semakin kuat kemampuan ekstrak dalam mereduksi radikal DPPH. Dengan demikian, hasil FTIR pada penelitian ini mendukung adanya senyawa bioaktif antioksidan, namun nilai AAI menunjukkan bahwa efektivitasnya dalam menangkap radikal bebas masih rendah.

4.6 Pemanfaatan Serbuk Buah Stroberi Dalam Perspektif Islam

Allah SWT sebagai pencipta alam telah menciptakan segala sesuatu dengan masing-masing manfaat dan fungsinya. Al-Quran menyebutkan bahwa Allah SWT telah menciptakan berbagai macam jenis tumbuhan dengan masing-masing kegunaannya agar dapat dimanfaatkan sehingga manusia dapat bersyukur atas nikmat tersebut. Al-Quran juga menyebutkan bahwa tumbuh-tumbuhan sebagai bukti kekuasaan Allah dan perumpamaan untuk menyampaikan suatu hikmah. Selain itu, ada beberapa tumbuh-tumbuhan dan juga buah-buahan yang disebutkan secara jelas namanya dalam Al-Quran. Penyebutan nama tumbuh-tumbuhan bukan hanya disebutkan melainkan Allah SWT juga menjelaskan fungsi dan manfaat dari tumbuh-tumbuhan yang berguna bagi manusia seperti halnya tumbuhan

sebagai sifa' (obat). Hal ini mengukuhkan kembali apa yang menjadi fungsi Al-Quran sebagaimana yang terungkap dalam QS. Al-Isra ayat 82 :

وَنُنَزِّلُ مِنَ الْقُرْآنِ مَا هُوَ شِفَاءٌ وَرَحْمَةٌ لِّلْمُؤْمِنِينَ وَلَا يَزِيدُ الظَّالِمِينَ إِلَّا خَسَارًا

Artinya : “Dan kami turunkan dari Al-Quran suatu yang menjadi penawar dan rahmat bagi orang-orang yang beriman dan Al-Quran itu tidaklah menambah kepada orang-orang zalim selain kerugian.”

Selain itu, manfaat penyebutan tumbuhan tersebut juga berimplikasi pada pengetahuan manusia dalam memperhatikan serta menjaga kesehatan jiwa dan raganya. Penyebutan tumbuhan dan buah buahan sebagai obat dapat diketahui identitas zat yang terkandung didalamnya sehingga manusia dapat memanfaatkannya secara baik. Maka hal tersebut dapat berguna bagi keberlangsungan hidup manusia. Hal ini sudah seperti yang Allah telah sebutkan dalam surat Abasa: 24-32 :

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ إِلَى طَعَامِهِ ﴿٢٤﴾ أَنَّا صَبَبْنَا الْمَاءَ صَبًّا ﴿٢٥﴾ ثُمَّ شَقَقْنَا الْأَرْضَ شَقًّا ﴿٢٦﴾ فَأَنْبَتْنَا فِيهَا حَبًّا ﴿٢٧﴾ وَعَبَبْنَا وَقُضْبًا ﴿٢٨﴾ وَزَيْتُونًا وَنَخْلًا ﴿٢٩﴾ وَحَدَائِقَ غُلْبًا ﴿٣٠﴾ وَفَاكِهَةً وَأَبًّا ﴿٣١﴾ مَتَاعًا لَّكُمْ وَلِأَنْعَامِكُمْ ﴿٣٢﴾

Artinya : “Maka hendaklah manusia itu memperhatikan makanannya. Sesungguhnya Kami benar-benar telah mencurahkan air (dari langit), kemudian Kami belah bumi dengan sebaik-baiknya, lalu Kami tumbuhkan biji-bijian di bumi itu, anggur dan sayur-sayuran, zaitun dan kurma, kebun-kebun (yang) lebat, dan buah buahan serta rumput-rumputan, untuk kesenanganmu dan untuk hewan-hewan ternakmu”.

Menurut tafsir Al Misbah mereka (manusia) akan terus mempertahankan kekufuran dan pendustaan serta tidak merenungi dan mengamati sebagian ciptaan Allah di bumi ini. Jika manusia bersedia merenungi dan mengamati hal itu, niscaya manusia akan mendapatkan petunjuk. Allah SWT mengeluarkan dari bumi ini beraneka ragam tumbuh-tumbuhan yang mendatangkan manfaat. Dari tafsir tersebut dapat diartikan bahwa manusia sebagai makhluk Allah SWT haruslah berfikir secara logis. Sehingga dapat berfungsi secara maksimal. Seperti halnya pemanfaatan buah stroberi yang berguna bagi kecantikan, kesehatan, dan pangan, lalu dalam QS. Al-Mujaadilah ayat 11, Allah SWT berfirman;

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا إِذَا قِيلَ لَكُمْ تَفَسَّحُوا فِي الْمَجَالِسِ فَافْسَحُوا يَفْسَحِ اللَّهُ لَكُمْ ۚ وَإِذَا قِيلَ انشُزُوا فَانْشُزُوا يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ ءَامَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ ۚ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ

Artinya: “Hai orang-orang beriman apabila kamu dikatakan kepadamu; ‘Berlapang-lapanglah dalam majlis’, Maka lapangkanlah niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. Dan apabila dikatakan: ‘Berdirilah kamu’, Maka berdirilah, niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha mengetahui apa yang kamu kerjakan.”

Tasmara (2004) menegaskan bahwa Islam adalah agama yang sangat menjunjung tinggi kemajuan ilmu pengetahuan. Hal ini merepresentasikan konsep Islam yang *kaffah* (menyeluruh), di mana ajaran agama tidak hanya terbatas pada aspek ritual ibadah *mahdhah* (seperti shalat), melainkan mencakup seluruh dimensi kehidupan manusia. Sejalan dengan pandangan tersebut, Ali Syariati mengemukakan bahwa Al-Qur'an adalah representasi firman Allah yang sangat komprehensif, yang berfungsi sebagai sumber inspirasi utama bagi peradaban manusia dalam segala lini kehidupan. Lebih lanjut, Hafidhuddin (1998) menyatakan bahwa berkat otoritas ketuhanan yang melekat padanya, Al-Qur'an tidak sekadar memberikan isyarat terhadap sumber-sumber pengetahuan eksternal, tetapi juga memposisikan dirinya sebagai episentrum atau sumber utama dari ilmu pengetahuan itu sendiri.

Dalam epistemologi Islam, pencapaian pengetahuan bukanlah sesuatu yang mustahil, melainkan sebuah keharusan dan kewajiban mutlak bagi setiap muslim yang *mukalaf* (bertanggung jawab). Paradigma ini secara tegas membedakan tradisi intelektual Islam dengan paham skeptisisme Yunani, khususnya kaum Sofis, yang mereduksi pengetahuan sekadar sebagai ilusi atau imajinasi kosong. Secara etimologis dalam bahasa Arab, konsep pengetahuan direpresentasikan melalui istilah *al-ilm*, *al-ma'rifah*, dan *al-syu'ur*. Namun, dalam diskursus pandangan hidup Islam (*Islamic worldview*), terminologi *al-ilm* menempati posisi yang paling esensial, mengingat *Al-'Alim* (Yang Maha Mengetahui) adalah salah satu sifat mutlak Allah SWT.

Kata *al-ilm* berakar dari susunan huruf '*a-l-m*' dan memiliki keterkaitan erat dengan kata '*alamah*' yang bermakna tanda, simbol, atau lambang sebagai sarana untuk mengenali sesuatu. Istilah '*alamah*' juga dapat dimaknai sebagai karakteristik atau petunjuk jalan (*ma'lam*, jamak: *ma'alim*). Korelasi linguistik ini sangat relevan dengan pemilihan diksi dalam Al-Qur'an yang menggunakan kata '*ayat*' (tanda), baik untuk merujuk pada wahyu tekstual (*ayat qauliyah*) maupun fenomena alam semesta (*ayat kauniyah*). Pemahaman teologis terhadap tanda-tanda inilah yang mewajibkan manusia untuk terus berijtihad, belajar, dan menggali ilmu pengetahuan. Oleh karena itu, sumber-sumber pengetahuan dalam Islam sangat luas dan terintegrasi; tidak hanya bertumpu pada wahyu secara langsung, tetapi juga bersumber dari observasi terhadap fenomena alam, telaah psikologi manusia, serta rekam jejak sejarah

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan:

1. Hasil pengeringan menggunakan metode *freeze drying* menghasilkan rendemen 18,32% dan menghasilkan aktivitas antioksidan yang lemah berdasarkan nilai IC_{50} sebesar 192,43 ppm dan AAI sebesar 0,410, yang menandakan bahwa kemampuan ekstrak dalam meredam radikal bebas DPPH masih rendah. Nilai IC_{50} yang tinggi menunjukkan kebutuhan konsentrasi ekstrak yang besar untuk mencapai inhibisi 50%, sedangkan nilai $AAI < 0,5$ menandakan kategori aktivitas antioksidan lemah.
2. Profil gugus fungsi ekstrak etanol buah stroberi berdasarkan hasil *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) didapat adanya gugus fungsi O–H ($3303,11\text{ cm}^{-1}$) diduga muncul serapan senyawa polifenol (flavonoid, antosianin, asam elagat) sebagai senyawa antioksidan utama dan gugus fungsi C=O ($1718,59\text{ cm}^{-1}$) keberadaan asam organik (asam askorbat) dan komponen ester yang berkontribusi pada aktivitas antioksidan.

5.2 Saran

Perlu dilakukan isolasi senyawa flavonoid buah stroberi terlebih dahulu kemudian melakukan uji aktivitas antioksidan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aaby, K., Skrede, G., & Wrolstad, R. E. 2005. Phenolic composition and antioxidant activities in flesh and achenes of strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 4032–4040.
- Aaby, K., Ekeberg, D., & Skrede, G. (2012). Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. *Food Chemistry*, 132(1), 86–97. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.037>
- Adewole SO, Caxton-Martin EA, Salako AA, Doherty OW, Naicker T. 2007. Effects of oxidative stress induced by streptozotocin on the morphology and trace minerals of the testes of diabetic wistar rats. *Journal Pharmacologyonline*. Page; 2:487-497.
- Aditama, R., Santosa, E., Kartika, J. G., Nindita, A., & Rosyad, A. (2025). Aplikasi pupuk mikro boron dan molibdenum pada kualitas buah stroberi (*Fragaria × ananassa* Duch.) varietas Mencir. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 16(2), 108–116. <https://doi.org/10.29244/jhi.16.2.108-116>
- Andayani, D. G. S., Lotulung, P. D. N., Sulaswaty, A., Qaanitaati, N., Andini, D. G. T., Mulyani, R., & Nursyifa, E. (2019). Revelation of New Compound from Ethanolic Extract of *Fragaria × ananassa* var. Lembang. *Indonesian Journal of Cancer Chemoprevention*, 10(3), 159–168. DOI: 10.14499/indonesianjcanchemoprev10iss3pp159-168
- Anggraini, D., Fernando, A., & Elisa, N. (2017). Formulasi losion antioksidan ekstrak buah stroberi (*Fragaria ananassa*). *PHARMACY: Jurnal Farmasi Indonesia*, 14(2), 153–161. <https://doi.org/10.30595/pharmacy.v14i2.1831>
- AOAC, 2005. *Official Methods of Analysis*. Assosiation of Official Chemist. inc. Virginia
- Apak, R., Özyürek, M., Güçlü, K., & Çapanoğlu, E. (2016). Antioxidant activity/capacity measurement. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(5), 997–1027. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b04739>
- Ardianti, A., & Kusnadi, J. 2014. Extraction Of Antibacterial From Berenuk (*Crescentia cujete* Linn.) Leaves Using Ultrasonic Method. *Jurnal pangan dan Agroindustri*, 2, 28-35.
- Arnandea, D. & Murrukmiyadi, M. 2020. Pengaruh Ekstrak Etanol 70% Buah Stroberi (*Fragaria X ananassa*) Dalam Sediaan Facial Spray Gel Terhadap Sifat Fisik, Stabilitas Fisik Dan Aktivitas Antioksidan. *Indonesia Natural Research Pharmaceutical Journal*. 5(1). 19-34.
- Asmal, A. 2018. Analisis Kandungan Vitamin C Dalam Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) secara Iodimetri. *Jurnal Farmasi Sandi Karsa*, 4 (7): 99 – 103.
- Asmal, A. 2025. Analisis kandungan vitamin C dalam cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) secara iodimetri. *Jurnal Kesehatan Luwu Raya*, 9(2), 44-50.
- Astuti, S. M. 2009. Teknik pengaturan suhu dan waktu pengeringan beku bawang daun (*Allium fistulosum* L.). *Buletin Teknik Pertanian*, 14(1), 17-22.
- Atun, S. 2014. Metode Isolasi dan Identifikasi Struktural Senyawa Organik Bahan Alam. *Borobudur*, 8(2), 53-61.
- Azizah, Z., Misfadhila, S., & Oktoviani, T. S. 2019. Skrining Fitokimia dan Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Bubuk Kopi Olahan Tradisional Sungai Penuh-Kerinci Dan

Teh Kayu Aro Menggunakan Metode DPPH (1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl). *Jurnal Farmasi Higea*, 11(2), 105–112.

Azlim A.A., Ahmed J.K., Syed Z.I., Mustafa S.K., Aisyah M.R., dan Kamarul, R.K.. 2010. Total Phenolic Content and Primary Antioxidant Activity of Methanolic and Ethanolic Extract of Aromatic Plants Leaves, *International Food Research Journal*, (17), 1077-1084.

Bae, Mi-Jeong & Kim, Eu & Choi, Hyeon & Byun, Mi & Chung, Kang-Hyun & Yoon, Jin-A & An, Jeung. (2019). Quality Characteristics and Antioxidant Activities of Strawberries according to Various Extraction Methods. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 48. 728-738. 10.3746/jkfn.2019.48.7.728.

Badan Pusat Statistik (BPS). 2016. Tinggi Wilayah di Atas Permukaan Laut daerah di Indonesia.

Badan Pusat Statistik (BPS). 2020. 10 Provinsi Penghasil Stroberi Terbesar di Indonesia.

Badan Standardisasi Nasional. 1992. Cara Uji Makanan dan Minuman (ICS 67.040 No. SNI 01-2891-1992).

Balai Besar Pelatihan Pertanian Lembang (2007) Stroberi, web.Available at: <http://www.bbpp-lembang.info/index.php/arsip/artikel/artikel-pertanian/539-stroberi> (diakses pada tanggal: 4 Desember 2022)

Bendich, A. 1993. Physiological Role of Antioxidants in the Immune System. *Journal of Dairy Science*, 76(9), 2789–2794.

Blainski, A., Cristiny G., dan de Mello J., 2013, Application and Analysis of the Folin Ciocalteu Method for the Determination of The Total Phenolic Content from Limonium Brasiliense L., *J. Mdpi Molecules.*, 18 (6855).

Budiman, S., Saraswati, D. 2008. Berkebun Stroberi Secara Komersial. Depok: Penebar Swadaya. E-book

Buricova, L. Andjelkovic M., Cermakova A., Reblova Z., Jurcek O., Kolehmainen E., Verhe R., & Kvasnicka F. 2011. Antioxidant Capacity and Antioxidants of Strawberry, Blackberry and Raspberry Leaves. *Czech Journal Food Science*, 29(2), 181-189.

Cahyadi, W. 2006. Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Makanan. Jakarta: Penerbit Bumi Aksara.

Cahyono, B. 2011. Sukses Budidaya Stroberi di Pot dan Perkebunan. Lily Publisher. Yogyakarta.

Cahyono, E., Jonas, J. F., Lalenoh, B. A., & Kota, N. 2019. Karakterisasi Kalsium Karbonat (CaCO₃) Dari Cangkang Landak Laut (*Diadema setosum*). *Jurnal Fishtech*, 8(1), 28-34.

Carr, A., & Maggini, S. 2017. *Vitamin C and Immune Function*. *Nutrients*, 9(11), 1211.

Carr A. C., and Frei B. 1999. Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidants and health effects in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 69, 1086-1107.

Chemat, F., Vian, M. A., & Cravotto, G. (2012). Green extraction of natural products: Concept and principles. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(7), 8615–8627. <https://doi.org/10.3390/ijms13078615>

- Coates, J. (2000). Interpretation of infrared spectra, a practical approach. *Encyclopedia of Analytical Chemistry*.
- Cordenunsi, B. R., Genovese, M. I., Oliveira do Nascimento, J. R., Hassimotto, N. M. A., Santos, R. J., & Lajolo, F. M. (2005). Effects of postharvest handling on antioxidant activity of strawberry fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 1996–2001.
- Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313–7352. <https://doi.org/10.3390/molecules15107313>
- Damayanti, E. Kustiyah, L. Khalid, M. Farizal, H. 2010. Aktivitas Antioksidan Bekatul Lebih Tinggi daripada Jus Tomat dan Penurunan Aktivitas Antioksidan Serum setelah Interferensi Minuman Kaya Antioksidan. *Journal of Nutrition and Food*: 5(3).
- Damayanti, E. T., & Kurniawati, P. 2017. Perbandingan metode penentuan vitamin C pada minuman kemasan menggunakan metode spektrofotometer UV-Vis dan iodimetri. In *dalam Seminar Nasoinal Kimia dan Pembelajarannya, Malang* (Vol. 41).
- Darmawan, M., Tazwir dan N. Hak. 2006. Pengaruh Perendaman Rumput Laut Coklat Segar Dalam Berbagai Larutan Terhadap Mutu Natrium Alginat. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan, Balai Besar Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan Perikanan*. 9 (1): 26-38.
- Daud, A., Suriati, S., & Nuzulyanti, N. 2019. Kajian penerapan faktor yang mempengaruhi akurasi penentuan kadar air metode thermogravimetri. *Lutjanus*, 24(2), 11-16.
- Destrianggi, R., & Kautsar, L. 2022. Perbandingan Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Dan Infundasi Daun Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) (Christm. & Panzer) Swingle dengan Metode DPPH. *Jurnal Ilmu Farmasi*, 1(1), 17-23.
- Devianti V, A., Amalia, Anisa R. 2019. Pengaruh Lama Waktu Osmosis Terhadap Kandungan Vitamin C dalam Minuman Sari buah Stroberi dan Apel. *Journal of Pharmacy and Science* Vol. 4, No.1, P-ISSN : 2527-6328, E-ISSN : 2549-3558
- Eko, U. H, 2003. *Review: Ellagitannin; Biosintesis, Isolasi, dan Aktivitas Biologi*, J.Biofarmasi , 1 (1), 25-38.
- Elfariyanti, Irma Zarwinda, Mardiana, Rahmah. 2022. Analisis Kandungan Vitamin C dan Aktivitas Buah-buahan Khas Dataran Tinggi Gayo Aceh. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*. 9(2).
- Ellis, C. L., Edirisinghe, I., Kappagoda, T., & Burton-Freeman, B. 2011. Attenuation of meal-induced inflammatory and thrombotic responses in overweight men and women after 6-week daily strawberry (*Fragaria*) intake: a randomized placebo-controlled trial. *Journal of atherosclerosis and thrombosis*, 1101120336-1101120336.
- Fadli, Rizal. Coronavirus. 2020. Halodoc.Virus Corona - Gejala, Penyebab, dan Pengobatan | Halodoc.
- Febrianti, M. D. P dan Hadi, S. W. 2014. Pengaruh Proporsi BUAH: SUKROSA dan Lama Osmosis Terhadap Kualitas Sari Buah Stroberi (*Fragaria vesca L*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(2): 82-90.
- Fitriani, N, A, Y., Fitri, S, A. 2020. Analisis Kadar Vitamin C pada Buah Jeruk Menggunakan Metode Titrasi Iodometri. *Jurnal Sainteks*, 17 (1): 27 – 32.

- Fruit Crops. (2018). Strawberry (*Fragaria × ananassa*) cultivars and types.
- Fruits and Veggies, More Matters. 2014. What are phytochemicals. Produce for Better Health Foundation.
- Fuad, F. M., & Don, M. M. 2016. Ultrasonic-assisted extraction of oil from *Calophyllum inophyllum* seeds: optimization of process parameters. *Jurnal Teknologi*, 78(10).
- Gaidhani KA, Harwalkar M, Bhambere D, Nirgude PS. 2015. Lyophilization / *Freeze drying* – A Review, WJPR, vol. 4(8).
- Ghosh, D., dan Konishi, T., 2007, Anthocyanins and Anthocyanin-Rich Extract: Role in Diabetes and Eye Function, *Asia Pac, J. Clin Nutr.* 16 (2). 200- 208.
- Giampieri F, Alvarez-Suarez JM, Tulipani S *et al.* 2012. Photoprotective Potential of Strawberry (*Fragaria x ananassa*) Extract Against UV-A Irradiation Damage on Human Fibroblasts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 60(9):2322-7.
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2012). The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28(1), 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.08.009>
- Godam. 2006. Pengertian dan Definisi Vitamin-Fungsi, Guna, Sumber, Akibat Kekurangan, Macam dan Jenis Vitamin.
- Gunawan, L. W. 2003. Stroberi. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Gwatidzo, Luke, Pamhidzai Dzomba, dan Mkululi Mangena. 2018. TLC Separation and Antioxidant Activity of Flavonoids from *Carissa Bispinosa*, *Ficus Sycomorus*, and *Grewia Bicolor* Fruits. *Nutrire* 43 (1): 3.
- Habibi, N. A., Fathia, S., & Utami, C. T. 2019. Perubahan karakteristik bahan pangan pada keripik buah dengan metode *freeze drying*. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 5(2). 67-76.
- Hacisevki, A. 2009. An Overview Of Ascorbic Acid Biochemistry. *J. Fac. Pharm*, 38(3):233-255.
- Haikal, M & Rahayu, Tintrim & Ervi J, Gatra. 2025. Profil Senyawa Metabolit Sekunder dan Deteksi Antosianin pada Buah Stroberi (*fragaria x ananassa*) Menggunakan Kromatografi Lapis Tipis dan Spektrofotometri Inframerah: Profile of Secondary Metabolite Compounds and Anthocyanin Detection in Strawberry Fruit (*Fragaria x ananassa*) Using Thin-Layer Chromatography and Infrared Spectrophotometry. *Jurnal SAINS ALAMI (Known Nature)*. 8. 1-9. 10.33474/j.sa.v8i1.18812.
- Halliwell, B. 2012. Free Radicals and Antioxidant, Updating a Personal View, *Nitron Review* 70: 257-265.
- Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. C. (2015). *Free radicals in biology and medicine* (5th ed.). Oxford University Press.
- Hammami, C., & René, F. (1997). Determination of freeze-drying process variables for strawberries. *Journal of Food Engineering*, 32(2), 133–154. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(97\)00023-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(97)00023-X).
- Hanani, E., Mun'im, A., dan Sekarini, R. 2005. Identifikasi Senyawa Antioksidan dalam Spons (*Callyspongia* sp.) dari Kepulauan Seribu. *Majalah Ilmu Kefarmasian*. Depok: Departemen Farmasi FMIPA-UI. ISSN: 1693-9883.

- Harborne, J. B., & Self, R. 1987. Malonated cyanidin 3-glucosides in *Zea mays* and other grasses. *Phytochemistry*, 26(8), 2417-2418.
- Hariyadi P. 2013. *Freeze drying* Technology: for Better Quality & Flavor of Dried Products, FoodRev, vol.8(2).
- Harnaning. 2010. Deskripsi dan Komposisi Buah Stroberi. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Harper, Laura J., Suhardjo., Deaton, Brady J., Driskel, Judy A. 1985. Pangan, gizi dan Pertanian. Diterjemahkan oleh Suhardjo. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Harvey. 1980. Remington Pharmaceutical Science, 16th ed. Merck Publishing Co, Pennsylvania.
- Hasanah, U. 2018. Penentuan Kadar Vitamin C Pada Mangga Kweni Dengan Menggunakan Metode Iodometri. *Jurnal keluarga sehat sejahtera*, 16(1), 90-95.
- Hasbullah, R., & Putra, N. S. (2022). Study on the vacuum pressure and drying time of freeze-drying method to maintain the quality of strawberry (*Fragaria virginiana*). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 11(2), 279–291
- Hayati, D., Ranjbar, Z., & Karami, E. 2010. Measuring agricultural sustainability. *Biodiversity, biofuels, agroforestry and conservation agriculture*, 73-100.
- Herrera, M. C., & Luque de Castro, M. D. (2004). Ultrasound-assisted extraction for the analysis of phenolic compounds in strawberries. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 379, 1106–1112. <https://doi.org/10.1007/s00216-004-2684-0>.
- Ihsan, D. 2011. Bioaktivitas Minyak Atsiri Pohon Suren (*Toona sinensis Roemor*) Berdasarkan Uji Brine Shrimp Lethality Test (BSLT). Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Inayah, I. 2019. Uji Total Flavonoid dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Biji Gayam (*Inocarpus fagiferus* (Park.) Forst.) Menggunakan Pelarut Yang Berbeda. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Inggrid, M., dan Santoso. H. 2015. Aktivitas Antioksidan dan Senyawa Bioaktif Dalam Buah Stroberi. Penelitian LPPM Universitas Katolik Parahyangan. Bandung.
- Irnawati. (2010). Penentuan aktivitas antioksidan ekstrak buah beri. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Irmawati. 2014. Keajaiban Antioksidan. Penerbit Padi. Jakarta.
- Jasson, N. 2005. The Determination of Total Phenolic Compounds in Green Tea, <http://folinciocalteu/method/colorimetric>, (diakses pada 28 November 2022).
- Jawetz, E., Melnick G.E. and C.A Adelberg. 2001. Mikrobiologi kedokteran. Edisi I. Diterjemahkan oleh Penerjemah Bagian Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga. Salemba Medika. Surabaya.
- Kader, A. A. (2002). Postharvest technology of horticultural crops (3rd ed.). University of California.
- Karimah, A. U., Sayuti, K., Novelina, & Syukri, D. (2025). Integrated Evaluation of NADES for Green Extraction of Bioactive Compounds from Strawberries: A Study on Anthocyanin,

Antioxidant Activity, Chemometric FTIR Profiling. Trends in Sciences, 23(2), 11388. DOI: 10.48048/tis.2026.11388

Khudaer, Nuha B, dan Zaynab Y Muhammed Hassn. 2016. Purification and Identification of Total Flavonoids Extracted from Moringa Oleifera Leaves in Iraq. *Journal of Biotechnology Research Center*. 10(8).

Kirmacı, V., Usta, H., & Menlik, T. (2010). An experimental study on freeze-drying behavior of strawberries. *Drying Technology*, 28, 1570–1576. <https://doi.org/10.1080/07373930802467037>

Klopotek, Y., Otto, K., & Böhm, V. (2005). Processing strawberries to different products alters contents of vitamin C, total phenolics, total anthocyanins, and antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 5640–5646.

Kusmiyati, M., Sudaryat, Y., Lutfiah, I. A., Rustamsyah, A., & Rohdiana, D. 68 68. 2015. Aktivitas antioksidan , kadar fenol total, dan flavonoid total teh hijau (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) asal tiga perkebunan Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Teh Dan Kina*, (March), 101–106.

Kulisic, T., Radonic, A., Katalinic, V., dan Milos, M. 2006. Use of Different Methods for Testing Antioxidative Activity of Oregano Essential Oil. *Journal Food Chemistry*. 85: 633-640.

Laila, F. N. 2014. Produksi metabolit sekunder steviosida pada kultur kalus stevia (*Stevia rebaudiana* Bert. M.) dengan penambahan ZPT 2, 4-D dan PEG (Polyethylene Glykol) 6000 pada media MS (Murashige & Skoog). El-Hayah: *Jurnal Biologi*, 4(2), 57-65.

Latifah. 2015. Identifikasi Golongan Senyawa Flavonoid dan Uji Aktivitas Antioksidan Pada Ekstrak Rimpang Kencur *Kaempferia Galanga* L. Dengan Metode DPPH (*1,1-difenil-2-pikrilhidrazil*). *Skripsi*. Malang: Jurusan Kimia. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Hal: 38.

Lenan, S. 2013. Resep Resep Ajaib Ala Bidan. Jogjakarta. Flash Books.

Liao, J., Zheng, N., Qu, B. 2016. An Improved Ultrasonic-Assisted Extraction Method by Optimizing the Ultrasonic Frequency for Enhancing the Extraction Efficiency of Lycopene from Tomatoes. *Food Analyze Methods* 9:2288–2298.

Linus. 2014. Pauling Institute, Oregon State University, Corvallis, Oregon.

Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118–126. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902>

Lopez, M., Martinez, F., Del-Valle, C., Ferrit, M., dan Luque, R. 2003. Study of Phenolic Compounds as Natural Antioxidants by a Fluorescence Method, *J. Talanta*, 60, 609-616.

Madhavi, D. L., Dhespande, S., dan Salunke, D. K. 1996. Food Antioxidant Technological, Toxicological and Health Perspectives. *Journal Food and Chemistry*. New York: Marcel Dekker Inc.

Medina-Torres, N., Ayora-Talavera, T., Espinosa-Andrews, H., Sánchez-Contreras, A., & Pacheco, N. 2017. Ultrasound assisted extraction for the recovery of phenolic compounds from vegetable sources. *Agronomy*, 7(3), 47.

Manalu, Lamhot P dan Adinegoro, Himawan. 2016. Kondisi Proses Pengeringan Untuk Menghasilkan Simplisia Temu Putih Standar. *Jurnal Standardisasi Volume* 18 Nomor 1, Maret 2016: Hal 62 - 68.

- Martin, D.W. 1981. Harper's Review of Biochemistry. 18th, Los Altos, California 94022, Lange Medical Publications.
- Meyers, K.J., Watkins, C.B., Prits, M.P., & Liu, R.H., 2003. Antioxidant and Antiproliferative Activities of Strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(23), 6887-6892.
- Molyneux, P. 2004. The Use of The Stable Free Radical *Diphenylpicrylhydrazyl* (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity Songklanakarin. *Journal Science Technology*, 26(2), 211-219.
- Muchtadi, Deddy. 2014. Pengantar Ilmu Gizi. Bandung. Penerbit Alfabeta.
- Mudalip, S. A., Khatiman, M. N., Hashim, N. A., Man, R. C., & Arshad, Z. I. M. 2021. A short review on encapsulation of bioactive compounds using different drying techniques. *Materials Today: Proceedings*, 42, 288-296.
- Naidu, K.A. 2003 Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. *Nutrition Journal* 2003, 2(7).
- Narins, D.M.C. 1996. Vitamin Dalam Krause's Food, Nutrition and Diet Therapy. Mahlan, L.K. 110-114.
- Nireesha GR, Divya L, Sowmya C, N.Venkateshan, Babu MN, V.Lavakumar. 2013. Lyophilization/Freeze drying - An Review. *IJNTPS*, vol.3(4).
- North Carolina State University. (2024). *Fragaria × ananassa* (strawberry cultivars). <https://plants.ces.ncsu.edu/plants/fragaria-x-ananassa/>
- Ovani, I. 2013. Pengembangan Minuman Emulsi Minyak Bekatul Berflavor Kaya Antioksidan Untuk Pencegahan Penyakit Tidak Menular. *Skripsi*. Bogor:Institut Pertanian Bogor.
- P. Kumar. 2019. "Lyophilization: an important formulation technique," *Int. J. Res.* 7(9), pp. 11—15.
- Paiva, A. R. and Robert, M. R. 1999. Carotene and Carotenoids As Antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition*. Vol. 18(5), 426-233.
- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. 2016. Flavonoids: An overview. *Journal of Nutritional Science*, 5. E47. doi:10.1017/jns.2016.41
- Pangestuti, E. K., & Darmawan, P. 2021. Analysis of Ash Contents in Wheat Flour by The Gravimetric Method: Analisis Kadar Abu dalam Tepung Terigu dengan Metode Gravimetri. *Jurnal Kimia dan Rekayasa*, 2(1), 16-21.
- Patras, A., Brunton, N. P., Da Pieve, S., & Butler, F. (2009). Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and colour of strawberry and blackberry purées. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10, 308–313.
- Prakash, A., Rigelhof, F. & Miller, E. 2001. Antioxidant activity. *Medallion Laboratories: Analytical Programress*, 19(2), 1-4.
- Pratiwi, D., Sirumapea, L. 2012. "Kajian Awal Aktifitas Antioksidan Fraksi Polar Keladi Tikus (*typhonium flagelliforme*. Lodd) Dengan Metode DPPH". *MJoCE*. 2(2):85-88

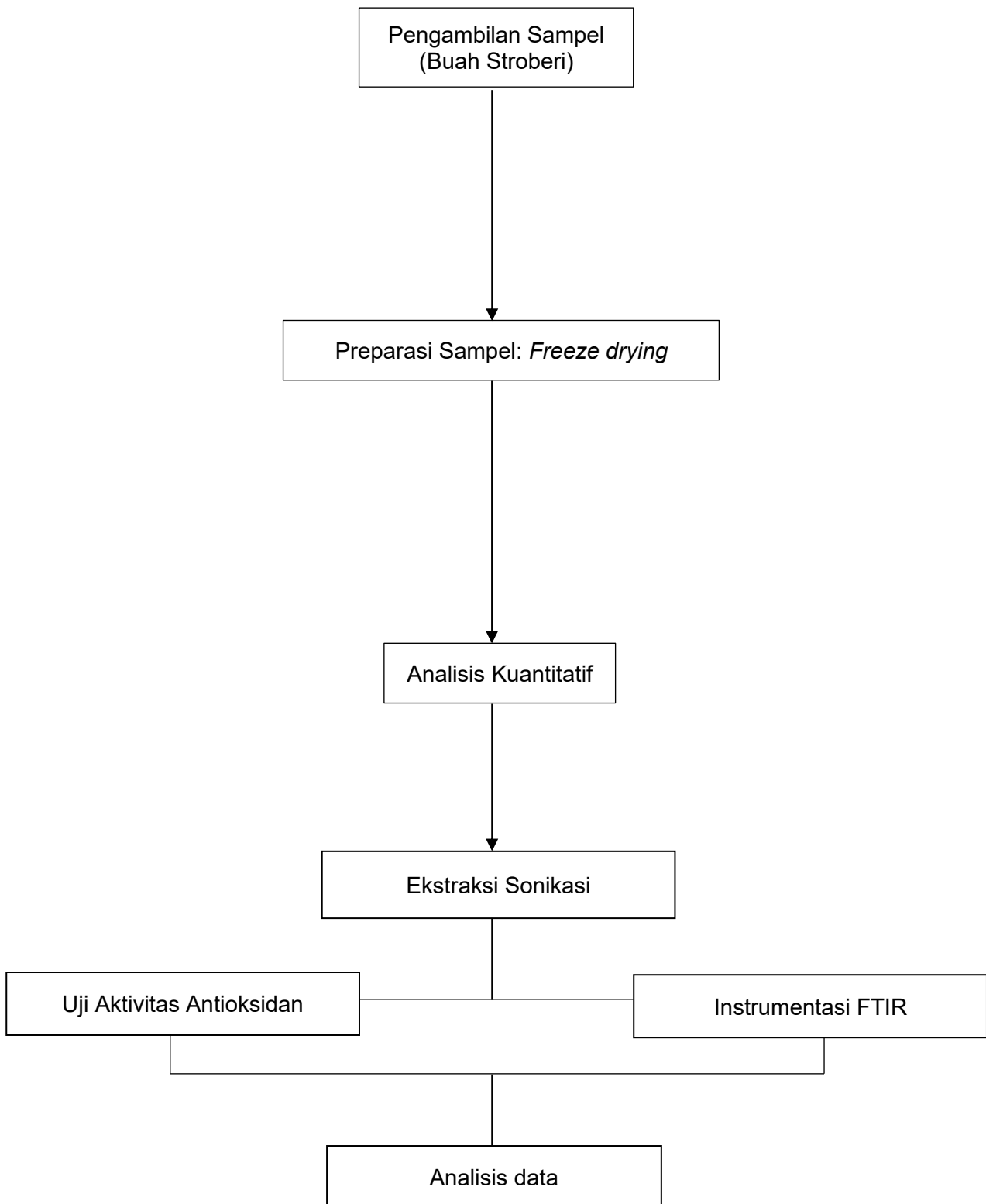
- Prior, R. L., Wu, X, dan Schaich, K., 2005. Standarized Methods for Determination of Antioxidants Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements, *J. Agric. Food Chem*, 55, 2698A-J.
- Proestos, C., Sereli, D., dan Komaitis, M., 2006, Determination of Phenolic Compounds in Aromatic Plants by RP-HPLC and GC-MS, *J. Food Sci*, 95, 44-52.
- Rahman, A., Malik, A., Ahmad, R, A., 2016. Skrining Fitokimia dan Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanolik Buah Buni (*Antidesma bunius* (L.) Spreng. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*. (3): 2.
- R. Anna. 2013. "Function Test of Radiopharmaceutical Freeze Dryer," in Prosiding Seminar BATAN.
- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, 2(4), 152–159. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(97\)01018-2](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(97)01018-2)
- Rizki Rahmah Fauzia *et al.* 2021. Pengaruh Antioksidan jus buah stroberi (*fragaria x ananassa*). *Jurnal Farmasi dan Sains*. 4(2). hal 56-66.
- Rohaeti, E., Karunina, F., & Rafi, M. (2021). FTIR-based *fingerprinting* and chemometrics for rapid investigation of antioxidant activity from *Syzygium polyanthum* extracts. *Indonesian Journal of Chemistry*, 21(1).
- Rohman, A., & Che Man, Y. B. (2012). The use of *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* in combination with chemometrics for rapid authentication of extra virgin olive oil. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(12), 16785–16803.
- Rohmayati, M. 2013. Budidaya Stroberi Dilahan Sempit. Infra Pustaka. Jakarta.
- Sadowska, A., Świdorski, F., & Hallmann, E. (2020). Bioactive, physicochemical and sensory properties as well as microstructure of organic strawberry powders obtained by various drying methods. *Applied Sciences*, 10(14), 4706.
- Sari, W. Y., Yulastuti, D., & Afiaturrahma, A. (2020). Aktivitas antioksidan krim dari fraksi etanol 70% buah stroberi dengan metode DPPH. *Jurnal Farmasetis*, 9(2). <https://doi.org/10.32583/farmasetis.v9i2.997>
- Scherer, R., & Godoy, H. T. (2009). Antioxidant Activity Index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl Method. *Food Chemistry*, 112(3), 654–658. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.026>
- Seleshe, S., Lee, J. S., Lee, S., & Lee, H. J. (2017). Evaluation of Antioxidant and Antimicrobial Activities of Ethanol Extracts of Three Kinds of Strawberries. *Preventive Nutrition and Food Science*, 22(3), 203–210
- Schetman, G. 1989. The Influence of Smoking on Vitamin C Status In Adult. *Am. J. Public Health*. 79,158-162.
- Septyani, L. V. 2021. Pengaruh Waktu dan Suhu Pemanasan terhadap Stabilitas Sediaan Vitamin C Diukur dengan Metode Titrasi Iodometri. *Jurnal Dunia Farmasi*, 5(2), 74-81.
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods. *Journal of Functional Foods*, 18, 820–897. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>
- Shihab, Q. 2002. Tafsir Al-Misbah pesan, kesan, dan Keserasian Al -Quran Vol.7 dan 10. Jakarta: Penerbit Lentera Hati.

- Shishegharha, F., Makhlof, J., & Ratti, C. (2002). Freeze-drying characteristics of strawberries. *Drying Technology*, 20(1), 131–145. <https://doi.org/10.1081/DRT-120001370>
- Sholihah, M. A., Ahmad, U., & Budiastira, I. W. 2017. Aplikasi gelombang ultrasonik untuk meningkatkan rendemen ekstraksi dan efektivitas antioksidan kulit manggis. *Jurnal keteknik pertanian*, 5(2).
- Shukla S. 2011. *Freeze drying Process: A Review*, IJPS., 2(12).
- Sojka, M., Kolodziejczyk, K., & Milczarek, R. (2013). Polyphenolic and antioxidant properties of strawberry products preserved by different methods. *Food Chemistry*, 141, 350–356.
- Soliha, A., Rosyidah, A., & Nurhidayati. (2022). Pengaruh pupuk organik dan KNO₃ terhadap pertumbuhan stroberi varietas Mencir. *Agronisma*.
- Stahl, E., 1985, Analisis Obat Secara kromatografi dan Mikroskopi, diterjemahkan oleh Kosasih Padmawinata dan Iwang Soediro, 3-17, ITB, Bandung.
- Stuart, B. (2004). *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications*. John Wiley & Sons.
- Suleria, H. A. R., *et al.* (2020). Phenolic compounds and antioxidant activity. *Foods*, 9(10), 1–22.
- Suryana, D. 2018. Manfaat Buah-buahan. Dayat Suryana Independent.
- Szymanska, R., *et al.* (2023). The visibility of changes in the antioxidant compound profiles of strawberry and raspberry fruits subjected to different storage conditions using ATR-FTIR and chemometrics. *Antioxidants*, 12(9), 1719
- Tamaroh, S., Raharjo, S., Murdiati, A., & Anggrahini, S. 2018. Perubahan antosianin dan aktivitas antioksidan tepung uwi ungu selama penyimpanan. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 7(1).
- Taylor, A. 1993. Relationships Between Nutrition and Oxidation. *J. Am. Coll. Nutr.* 12,138-146.
- Temidayo OS, Stefan PS. Diabetes mellitus and male infertility. *Asia Pacific Journal of Reproduction*. 2018. 7(1):6-14.
- Terzić, M., Lončar, B., Petronijević, M., *et al.* (2026). Ultrasound-Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Strawberry Pomace: Optimization and Bioactivity Assessment. *Antioxidants*, 15(1), 50.
- Tian, Y., Cao, Y., Wang, Y., Yang, W., & Feng, J. 2013. Realizing ultrahigh modulus and high strength of macroscopic graphene oxide papers through crosslinking of mussel-inspired polymers. *Advanced materials*, 25(21), 2980-2983.
- Tirtawinata TC. 2006. Makanan dalam Perspektif Al-Qur'an dan Ilmu Gizi. Jakarta: *Balai Penerbit FKUI*. 349.
- 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.

- Utami, A., Pomalingo, D. R., Bastian, I., *et al.* (2024). Formulasi dan uji aktivitas antioksidan masker gel peel-off dari ekstrak buah stroberi (*Fragaria* sp.) dengan metode DPPH. *Pharmaceutical Science Journal*. <https://doi.org/10.52031/phrase.v5i2.1152>
- Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L., & Bates, D. (2008). Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry—A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(2), 161–169. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.04.014>.
- Villamil-Galindo, E., Gastélum-Estrada, A., Chuck-Hernandez, C., *et al.* (2023). Kinetic Ultrasound-Assisted Extraction as a Sustainable Approach for the Recovery of Phenolics Accumulated through UVA Treatment in Strawberry By-Products. *Foods*, 12(16), 2989. <https://doi.org/10.3390/foods12162989>
- Vinatoru, M., Mason, T. J., & Calinescu, I. 2017. Ultrasonically assisted extraction (UAE) and microwave assisted extraction (MAE) of functional compounds from plant materials. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 97, 159-178.
- Wang, J., Wang, J., Ye J, Sai K, V., Raghavan, V. 2019. Influence of high-intensity ultrasound on bioactive compounds of strawberry juice: Profiles of ascorbic acid, phenolics, antioxidant activity and microstructure. *Food Control*.
- Wen, C., Zhang, J., Zhang, H., Dzah, C. S., Zandile, M., Duan, Y., Ma, H., & Luo, X. (2018). Advances in ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from cash crops—A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 48, 538–549. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.07.018>
- Widjanarko, Simon B. 2002. *Analisa Hasil Pertanian*. Universitas Brawijaya.
- Widyastuti, W., Kusuma, A. E., Nurlaili, N., & Sukmawati, F. (2016). Antioxidant and Sunscreen Activities of Ethanol Extract of Strawberry Leaves (*Fragaria × ananassa* A.N. Duchesne). *Jurnal Sains Farmasi & Klinis*, 3(1), 19–24.
- Wilson, T.D. 2000. Human Information Behavior. *Special Issue Information Science Research*. 3(2): 2-3, 49-55.
- Winarsi, H. 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas: Potensi dan Aplikasinya dalam Kesehatan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Yulia, M dan Ranova, R. 2019. Uji Aktivitas Antioksidan Teh Daun Sirsak (*Annona muricata* Linn) Berdasarkan Teknik Pengolahan. *Jurnal Katalisator*. 4(2). 84–90.
- Yuliani, N., Maulinda, N., & Sutamihardja, R. T. M. 2012. Analisis Proksimat Dan Kekuatan Gel Agar “Agar Dari Rumput Laut Kering Pada Beberapa Pasar Tradisional. *Jurnal Sains Natural*, 2(2), 101-115.
- Yurdugul, S. (2008). An evaluation of the retention of quality characteristics in fresh and freeze-dried alpine strawberries. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(5), 865–870.

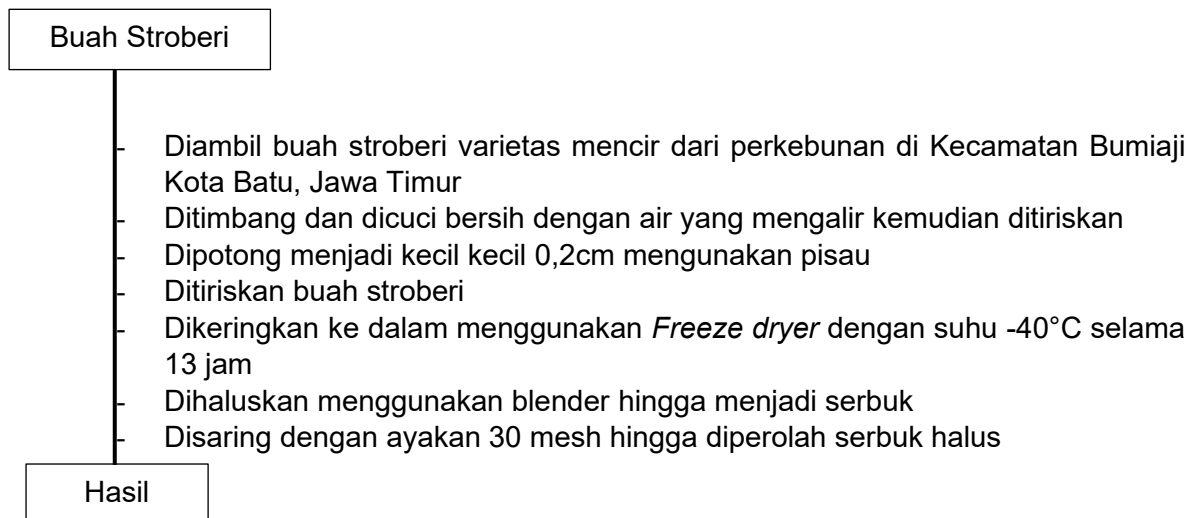
LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian



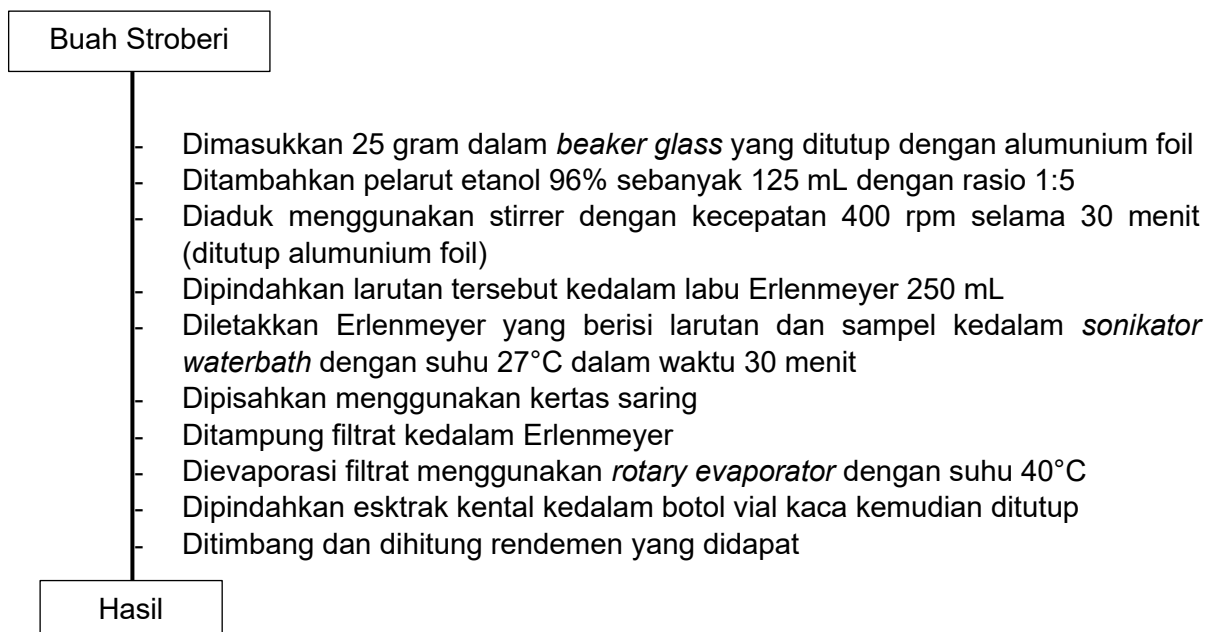
Lampiran 2. Diagram Alir Penelitian

L.2.1 Preparasi Sampel

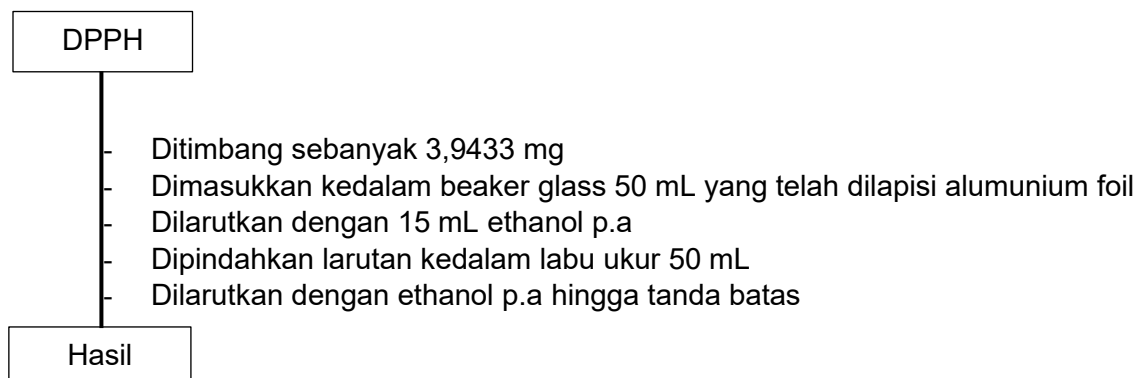


L.2.2. Analisis Kuantatif Aktivitas Antioksidan

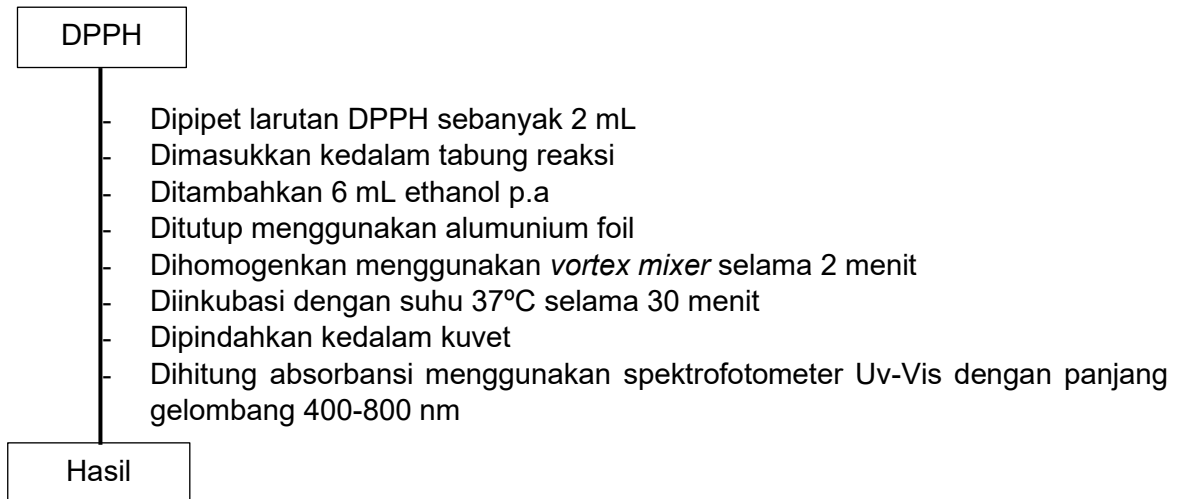
L.2.2.1 Ekstraksi Sampel (Rahman, 2016)



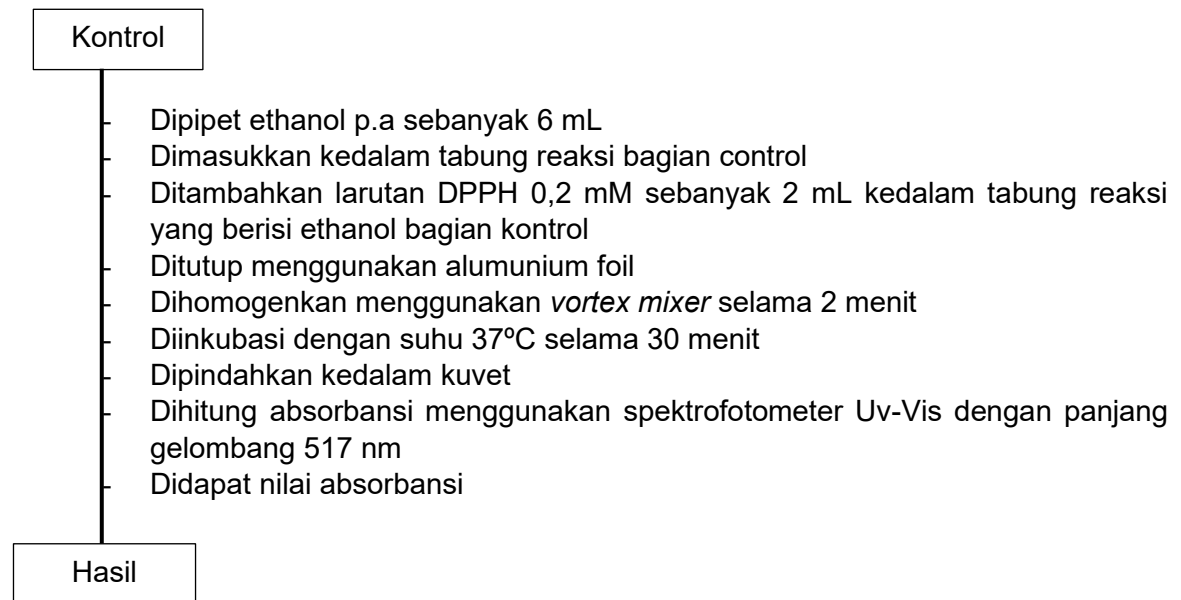
L.2.2.2 Pembuatan Larutan Stok DPPH 0,2 mM (Destrianggi dan Kautsar, 2022)



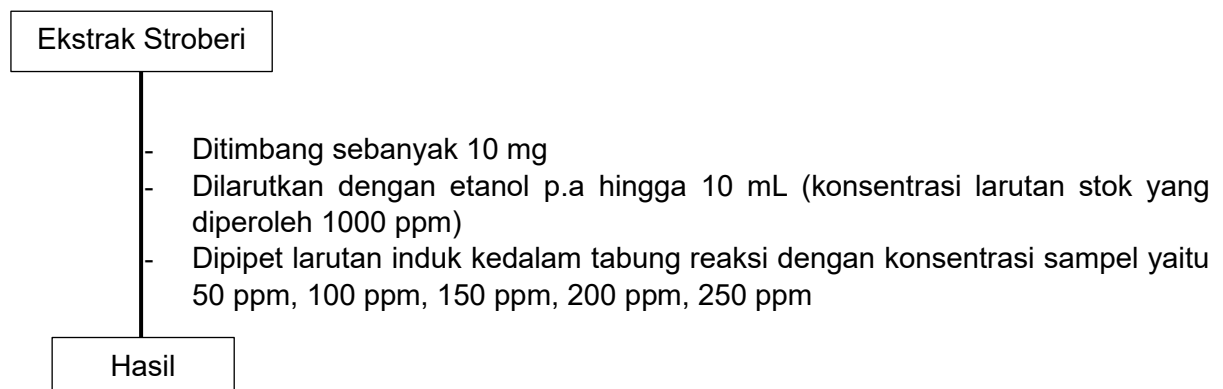
L.2.2.3 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum DPPH



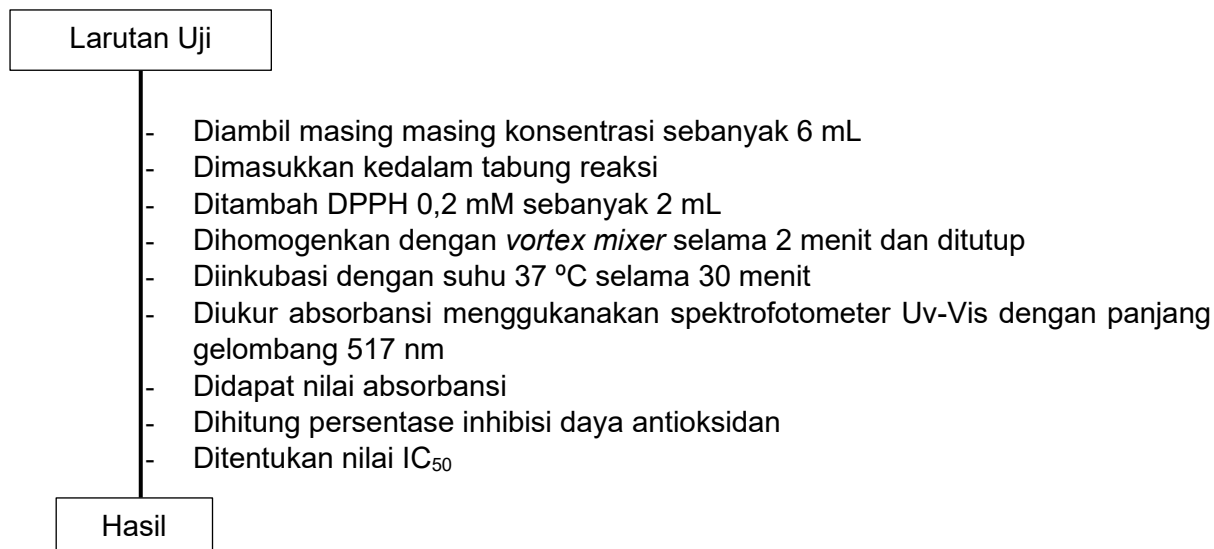
L.2.2.4 Pembuatan Larutan Kontrol (Inayah, 2019)



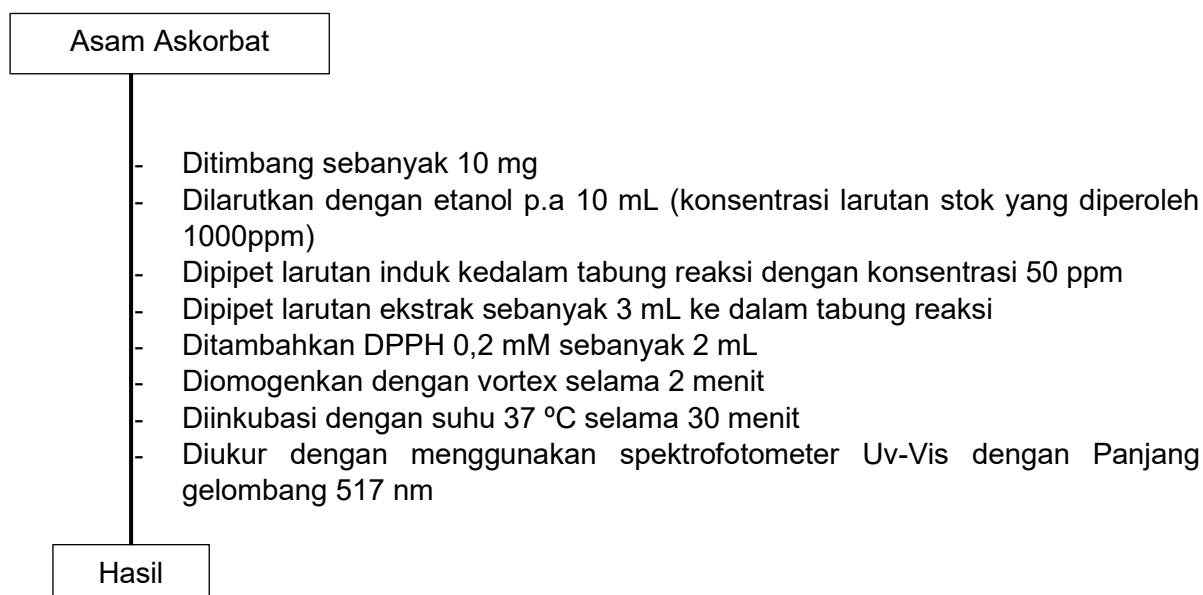
L.2.2.5 Pembuatan Larutan Uji Ekstrak Stroberi (*Fragaria* sp.)



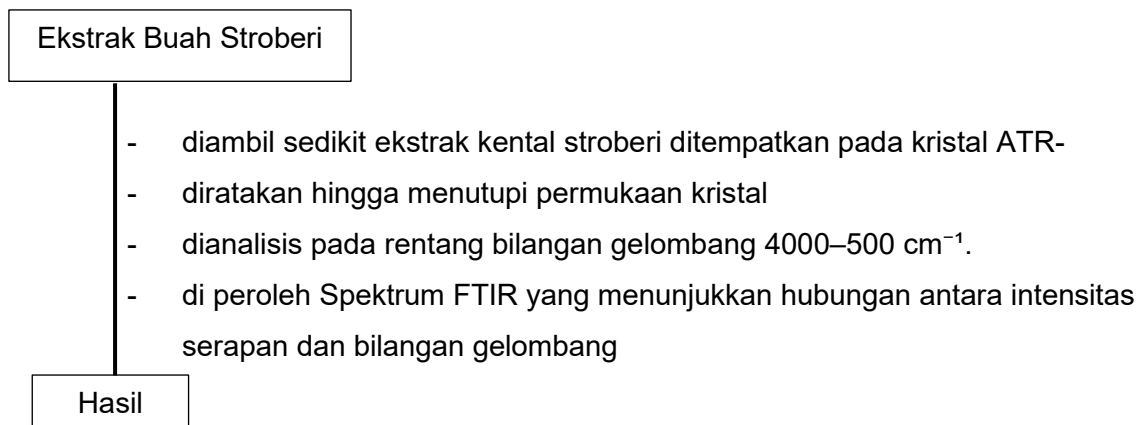
L.2.2.6 Pengukuran Absorbansi Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis



L.2.2.7 Pembuatan Larutan Pembanding



L.2.2.8 Karakterisasi FTIR Sampel Ekstrak Stroberi



Lampiran 3. Perhitungan Pembuatan Reagen Dan Larutan

L 3.1 Preparasi Sampel

$$\begin{aligned}
 \% \text{ yield} &= \frac{\text{Berat ekstrak yang diperoleh (g)}}{\text{Berat Sampel awal (g)}} \times 100 \% \\
 &= \frac{4,58 \text{ gram}}{25 \text{ gram}} \times 100 \% \\
 &= 18,32 \%
 \end{aligned}$$

L 3.2 Uji Kuantitatif

3.2.1 Uji Aktivitas Antioksidan Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis

1. Pengenceran Larutan/Reagen

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

2. Pembuatan Larutan DPPH 0.2mM

DPPH 0,2 mM dalam 50 mL etanol p.a

Mr DPPH = 394,33 g/mol

$$\begin{aligned}
 \text{Mol DPPH} &= 50 \text{ mL} \times 0,2 \text{ mM} \\
 &= 50 \text{ mL} \times 0,2 \text{ mM} / 1000 \text{ mL} \\
 &= 0,01 \text{ mmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bobot DPPH (mg)} &= 0,01 \text{ mmol} \times \text{Mr DPPH} \\
 &= 0,01 \text{ mmol} \times 394,33 \text{ g/mol} \\
 &= 3,9433 \text{ mg} \\
 &= 0,00394 \text{ g}
 \end{aligned}$$

3. Pembuatan Seri Konsentrasi Ekstrak dari Larutan Induk

a. Pembuatan Larutan stok sampel 1000ppm dalam 10 mL

$$1000\text{ppm} = \text{berat sampel (mg)} / 0,01 \text{ L}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat sampel (mg)} &= 1000 \text{ ppm} \times 0,01 \text{ L} \\
 &= 10 \text{ mg}
 \end{aligned}$$

b. Pembuatan larutan stok asam askorbat 1000ppm dalam 10 mL

$$1000\text{ppm} = \text{berat sampel (mg)} / 0,01 \text{ L}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat sampel (mg)} &= 1000 \text{ ppm} \times 0,01 \text{ L} \\
 &= 10 \text{ mg}
 \end{aligned}$$

b. Pembuatan larutan uji ekstrak dalam 10mL

$$\text{Berat (mg)} = \text{Konsentrasi (ppm)} \times \text{Volume (L)}$$

1. 50 ppm

$$V_1 \times K_1 = V_2 \times K_2$$

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 10 \text{ mL} \times 50 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{10 \text{ mL} \times 50 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 0,5 \text{ mL}$$

2. 100 ppm

$$V_1 \times K_1 = V_2 \times K_2$$

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 10 \text{ mL} \times 100 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{10 \text{ mL} \times 100 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

3. 150 ppm

$$V_1 \times K_1 = V_2 \times K_2$$

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 10 \text{ mL} \times 150 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{10 \text{ mL} \times 150 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 1,5 \text{ mL}$$

4. 200 ppm

$$V_1 \times K_1 = V_2 \times K_2$$

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 10 \text{ mL} \times 200 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{10 \text{ mL} \times 200 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

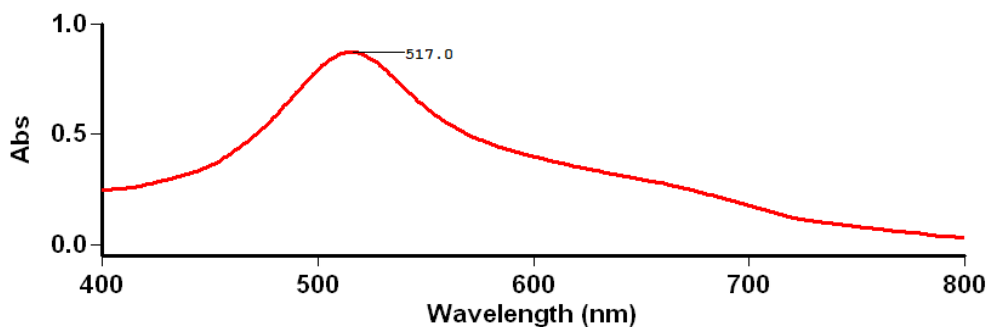
5. 250 ppm

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 10 \text{ mL} \times 250 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{10 \text{ mL} \times 250 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 2,5 \text{ mL}$$

c. Penentuan panjang gelombang



4. Penentuan Persentase Inhibisi

$$\%inhibisi = \frac{A1 - A2}{A1} \times 100\%$$

Keterangan:

A1 = absorbansi kontrol

A2 = absorbansi sampel

Buah Stroberi Mencir

1. Konsentrasi 50ppm

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{0.1783 - 0.1711}{0.1783} \times 100\% = 4.03\%$$

2. Konsentrasi 100ppm

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{0.1771 - 0.1408}{0.1771} \times 100\% = 20.50\%$$

3. Konsentrasi 150ppm

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{0.1764 - 0.1255}{0.1764} \times 100\% = 28.85\%$$

4. Konsentrasi 200ppm

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{0.1756 - 0.0619}{0.1756} \times 100\% = 64.75\%$$

5. Konsentrasi 250ppm

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{0.1750 - 0.0647}{0.1750} \times 100\% = 63.03\%$$

6. Asam Askorbat

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{0.3140 - 0.0172}{0.3140} \times 100\% = 94.52\%$$

Konsentrasi (ppm)	Inhibisi (%)
50	4.03
100	20.50
150	28.85
200	64.75
250	63.03
Asam askorbat	94.52

5. Perhitungan IC₅₀

- Nilai IC₅₀ dengan regresi linear, $y = 50$

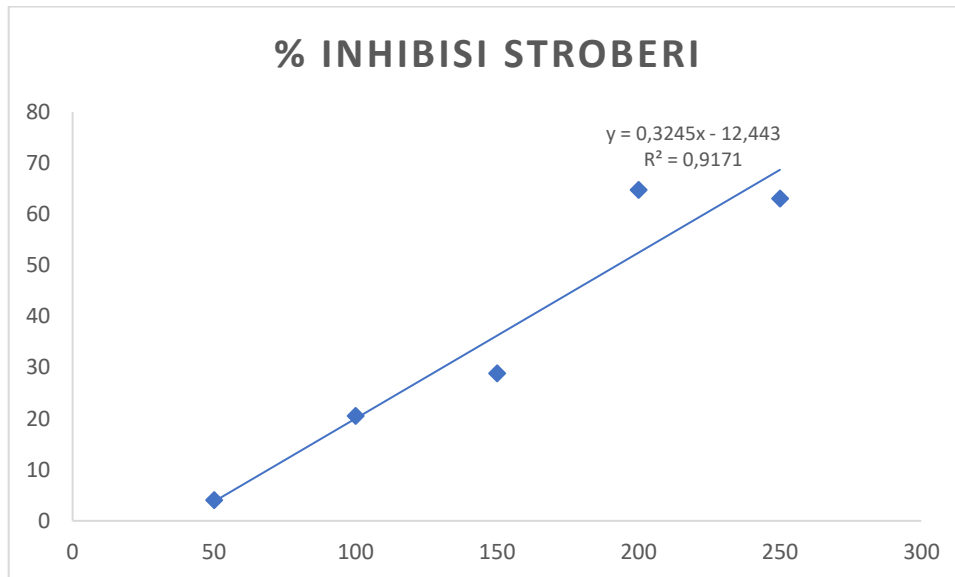
$$y = 0,3245x - 12,443$$

$$50 = 0,3245x - 12,443$$

$$x = \frac{50 + 12,443}{0,3245}$$

$$x = 192,43 \text{ ppm}$$

- Grafik buah stroberi



- Nilai AAI (Antioxidant Activity Index) berdasarkan nilai IC₅₀ menggunakan rumus:

$$AAI = \frac{\text{Konsentrasi DPPH (ppm)}}{IC_{50} \text{ (ppm)}}$$

$$\text{ppm DPPH} = \frac{\text{Berat sampel}}{\text{volume larutan}}$$

$$= \frac{3,9433 \text{ mg}}{0,05 \text{ l}}$$

$$= 78,86 \text{ mg/L}$$

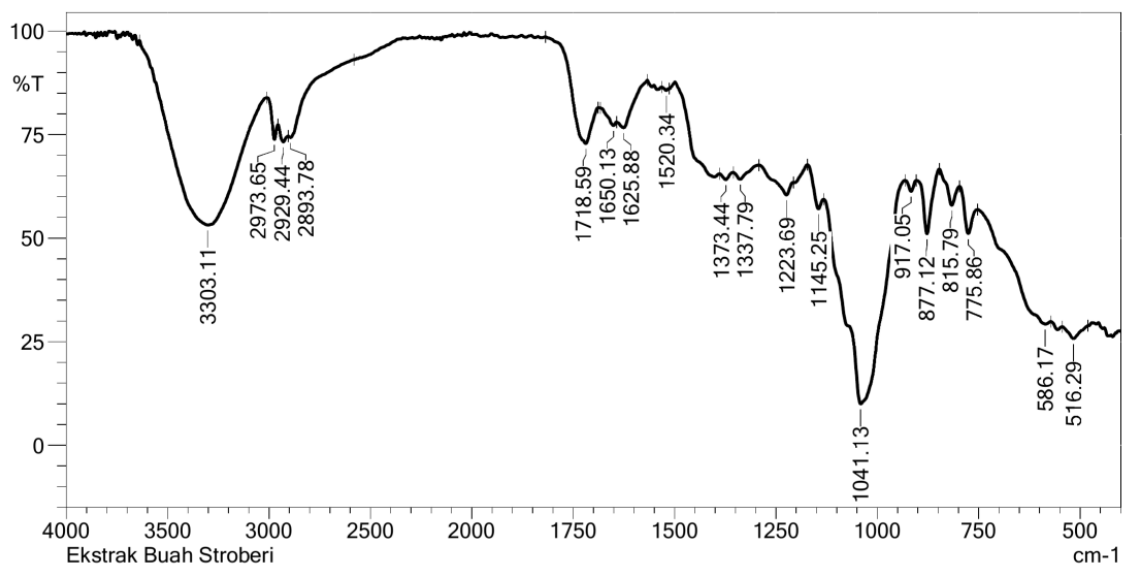
$$AAI = \frac{\text{Konsentrasi DPPH (ppm)}}{IC_{50} \text{ (ppm)}}$$

$$= \frac{78,86 \text{ ppm}}{192,43 \text{ ppm}}$$

$$= 0,410$$

3.2.2 Pengujian Ekstrak Buah Stroberi Menggunakan Instrumentasi FTIR

- Hasil FTIR Ekstrak Buah Stroberi



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	516.29	25.74	3.00	543.39	480.63	4561.163	90.119	
2	586.17	29.25	2.72	753.04	571.91	10560.725	303.935	
3	775.86	51.09	8.70	797.25	753.04	1949.177	167.144	
4	815.79	57.97	6.08	847.17	797.25	1900.396	132.889	
5	877.12	51.04	14.22	904.22	847.17	2282.644	304.303	
6	917.05	61.32	2.63	931.32	904.22	1009.775	32.699	
7	1041.13	10.00	51.46	1132.41	931.32	12942.691	5233.701	
8	1145.25	57.07	5.00	1172.35	1132.41	1541.952	86.463	
9	1223.69	60.45	3.85	1292.15	1206.58	3100.357	152.528	
10	1337.79	64.22	2.12	1354.90	1292.15	2140.729	53.944	
11	1373.44	64.14	1.54	1389.13	1354.90	1197.665	23.657	
12	1520.34	85.66	0.61	1531.75	1513.21	258.861	5.166	
13	1625.88	76.67	3.66	1643.00	1567.41	1371.630	93.865	
14	1650.13	77.23	1.40	1682.93	1643.00	832.866	23.521	
15	1718.59	72.87	12.58	1818.42	1688.63	1771.806	481.442	
16	2893.78	74.27	1.03	2905.19	2581.44	4166.665	-1050.790	
17	2929.44	73.25	2.70	2956.54	2905.19	1305.465	74.615	
18	2973.65	73.85	5.62	3010.73	2956.54	1147.311	99.480	
19	3303.11	53.17	37.15	3639.69	3010.73	18795.555	13012.737	

Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian



Kebun Buah Stroberi Batu



Buah Stroberi MEncir



Freeze drying



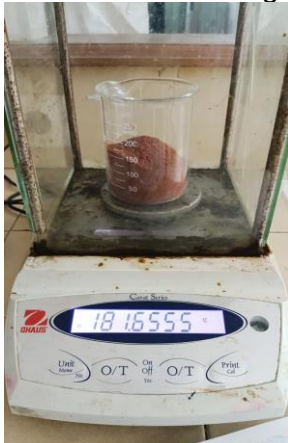
Buah stroberi kering



Blender buah stroberi kering



Pengayakan



Penimbangan



Ekstraksi menggunakan sonikasi waterbath



Hasil ekstraksi



Penyaringan



Rotary evaporator



Ekstrak kental buah stroberi



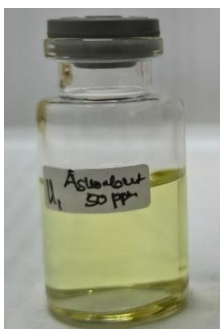
Larutan stok DPPH



Vortex



Inkubasi sampel



Larutan pembanding asam askorbat



Uji Antioksidan Menggunakan spektrofotometer UV-Vis