

**UNJUK KERJA KOLORIMETRI BERBASIS *SMARTPHONE* DAN
BERBASIS SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS UNTUK UJI ANTIOKSIDAN
EKSTRAK TEH KOMERSIL MENGGUNAKAN METODE *FERRIC
REDUCING ANTIOXIDANT POWER (FRAP)***

(Skripsi)

Oleh

**AGIS ANDRIYANI
NPM 2157011004**



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

UNJUK KERJA KOLORIMETRI BERBASIS *SMARTPHONE* DAN BERBASIS SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS UNTUK UJI ANTIOKSIDAN EKSTRAK TEH KOMERSIL MENGGUNAKAN METODE *FERRIC* *REDUCING ANTIOXIDANT POWER (FRAP)*

Oleh

AGIS ANDRIYANI

Dalam beberapa dekade terakhir, perhatian terhadap aktivitas antioksidan dari berbagai sumber alami termasuk tanaman semakin meningkat. Pengukuran antioksidan menggunakan spektrofotometri UV-Vis telah lama diakui sebagai metode standar dalam analisis kimia. Namun, keterbatasan dalam hal aksesibilitas dan biaya peralatan sering kali menjadi kendala bagi peneliti di lapangan. Maka, dibutuhkan metode baru dalam pengujian antioksidan yang sederhana, cepat, dan murah.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan mendapatkan informasi unjuk kerja kolorimetri berbasis *smartphone* untuk analisa antioksidan pada sampel ekstrak teh komersil menggunakan metode *ferric reducing antioxidant power (FRAP)*. Uji potensi antioksidan ekstrak teh komersil dibandingkan terhadap potensi antioksidan asam askorbat. Unjuk kerja metode analisis meliputi uji linearitas, presisi, akurasi, LoD, dan LoQ.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode kolorimetri berbasis *smartphone* memiliki unjuk kerja yang baik yakni linearitas 0,996; presisi 0,056%; akurasi 1,0% error, LoD 0,102 ppm; dan LoQ 0,34 ppm. Dari hasil perbandingan antara metode spektrofotometri UV-Vis dengan kolorimetri yang diperoleh tidak ada perbedaan signifikan antara mean kedua metode yang dihitung secara statistik melalui uji mean (uji T) dan uji varian (uji F). Dengan ini, kolorimetri menawarkan kemudahan pengukuran dalam analisis, terutama ketika dikombinasikan dengan teknologi modern seperti *smartphone*. Kolorimetri berbasis *smartphone* memiliki potensi sebagai metode analisis antioksidan yang efektif dan efisien.

Kata kunci: uji antioksidan, kolorimetri berbasis *smartphone*, spektrofotometri UV-Vis, ekstrak teh, FRAP

ABSTRACT

PERFORMANCE OF SMARTPHONE-BASED COLORIMETRIC AND UV-VIS SPECTROPHOTOMETRY FOR ANTIOXIDANT ASSAY OF COMMERCIAL TEA EXTRACTS USING THE FERRIC REDUCING ANTIOXIDANT POWER (FRAP) METHOD

Oleh

AGIS ANDRIYANI

In recent decades, attention has increased on the antioxidant activity of various natural sources, including plants. Antioxidant measurement using UV-Vis spectrophotometry has long been recognized as a standard method in chemical analysis. However, limitations in accessibility and equipment cost often hinder researchers in the field. Therefore, new methods for antioxidant testing are needed that are simple, rapid, and inexpensive. This study aimed to study and obtain information on the performance of smartphone-based colorimetry for antioxidant analysis in commercial tea extract samples using the ferric reducing antioxidant power (FRAP) method. The antioxidant potential of commercial tea extract was compared with the antioxidant potential of ascorbic acid. The analytical method's performance included linearity, precision, accuracy, LoD, and LoQ. The results showed that the smartphone-based colorimetric method performed well, with a linearity of 0.996; a precision of 0.056%; an accuracy of 1.0% error, a LoD of 0.102 ppm; and a LoQ of 0.34 ppm. The comparison between UV-Vis spectrophotometry and colorimetry revealed no significant difference between the means of the two methods, calculated statistically using the mean test (T-test) and variance test (F-test). This suggests that colorimetry offers ease of measurement in analysis, especially when combined with modern technology such as smartphones. Smartphone-based colorimetry has the potential to be an effective and efficient antioxidant analysis method.

Keywords: antioxidant assay, smartphone-based colorimetry, UV-Vis Spectrophotometry, tea extract, FRAP

**UNJUK KERJA KOLORIMETRI BERBASIS *SMARTPHONE* DAN
BERBASIS SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS UNTUK UJI ANTIOKSIDAN
EKSTRAK TEH KOMERSIL MENGGUNAKAN METODE *FERRIC
REDUCING ANTIOXIDANT POWER (FRAP)***

Oleh

Agis Andriyani

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

Judul

: **UNJUK KERJA KOLORIMETRI BERBASIS
SMARTPHONE DAN BERBASIS
SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS UNTUK UJI
ANTIOKSIDAN EKSTRAK TEH KOMERSIL
MENGUNAKAN METODE FERRIC REDUCING
ANTIOXIDANT POWER (FRAP)**

Nama Mahasiswa

: **Agis Andriyani**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **2157011004**

Program Studi

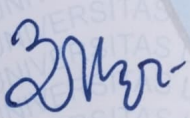
: **Kimia**

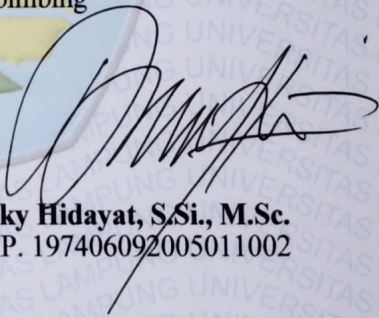
Fakultas

: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

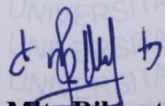
MENYETUJUI

I. Komisi Pembimbing


Dian Septiani Pratama, S.Si., M.Si.
NIP. 198009082009122003


Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.
NIP. 197406092005011002

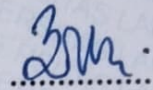
II. Ketua Jurusan Kimia FMIPA Unila


Prof. Dr. Mita Rilyanti, S.Si., M.Si.
NIP. 197205302000032001

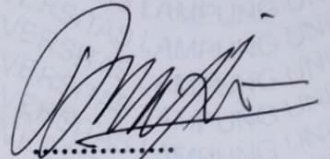
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

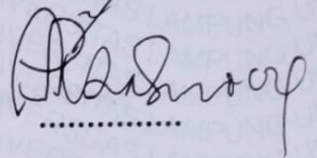
Ketua : Dian Septiani Pratama, S.Si., M.Si.


.....

Sekretaris : Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.


.....

Anggota : Prof. Dr. Noviany, S.Si., M.Si.


.....

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengutahuan Alam


.....

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 18 Juli 2025

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Agis Andriyani
Nomor Pokok Mahasiswa : 2157011004
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Unjuk Kerja Kolorimetri Berbasis *Smartphone* dan Berbasis Spektrofotometri UV-Vis Untuk Uji Antioksidan Ekstrak Teh Komersil Menggunakan Metode *Ferric Reducing Antioxidant Power* (FRAP)” merupakan karya saya sendiri dan bukan karya orang lain. Semua tulisan yang tertulis dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Saya tidak keberatan apabila data di dalam skripsi ini digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan.

Bandar Lampung, 11 Agustus 2024

Yang bertandatangan,


Agis Andriyani
NPM.2157011004

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Tulang Bawang Barat, Lampung pada 27 Juni 2002, sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari bapak Suryono dan ibu Suhartik. Pendidikan taman kanak-kanak (TK) Dharma Wanita Marga Kencana diselesaikan pada tahun 2009, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 03 Marga Kencana pada tahun 2015, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 01 Tulang Bawang Udik pada tahun 2018, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 02 Tulang Bawang Udik pada tahun 2021.

Tahun 2021, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA Unila melalui jalur SMMPTN Barat. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum Kimia Analitik 2 dan aktif di Organisasi Himpunan Mahasiswa Kimia (Himaki) FMIPA Unila sebagai anggota di bidang Kaderisasi dan Pengembangan Organisasi periode 2022 dan 2023.

Pada Januari tahun 2024 penulis melaksanakan KKN di Desa Gebang, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran. Lalu pada tahun yang sama dibulan Juli, penulis juga melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Dinas Lingkungan Hidup Kota Metro dengan judul “Analisis Kualitas Air Sungai Way Raman Pada Wilayah Kota Metro Menggunakan Parameter BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) Sesuai SNI 6989.72:2009”.

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT
Atas segala kemudahan, limpahan Rahmat dan karunia-Nya
Penulis persembahkan karya ini sebagai tanda bakti
Dan kecintaan penulis kepada:

Kedua orangtua penulis, Ayahanda Suryono dan Ibunda Suhartik. Orang hebat yang selalu menjadi penyemangat penulis dan sebagai sandaran terkuat penulis dari kerasnya dunia. Yang selalu memberikan kasih sayang dengan penuh cinta. Terima kasih untuk semua cinta, doa, dan pengorbanan yang tiada henti. Setiap tetes keringat dan doa yang kalian berikan adalah bahan bakar yang menggerakkan penulis untuk terus maju, bahkan saat rintangan terasa berat. Kalian adalah pahlawan tanpa tanda jasa yang selalu ada, tanpa pernah meminta imbalan. Sehat selalu dan tolong hiduplah lebih lama lagi serta bahagia selalu. Penulis berharap dapat membuat kalian bangga, sebagaimana penulis selalu bangga menjadi anak kalian. Terima kasih Ayah dan Ibu, penulis mencintai kalian lebih dari kata-kata yang bisa penulis ungkapkan.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(QS. Al-Baqarah:286)

“Sesungguhnya bersama kesulitan pasti ada kemudahan”
(QS. Al-Insyirah:6)

“Masa depan adalah milik mereka yang percaya pada keindahan mimpi mereka”
(Eleanor Roosevelt)

“Pada akhirnya, ini semua hanyalah permulaan”
(Nadin Amizah)

“Jika tidak hari ini mungkin minggu depan,
jika tidak minggu ini mungkin bulan,
jika tidak bulan ini mungkin tahun depan,
segala harapan kan datang yang kita impikan”
(Batas Senja-Kita Usahakan Lagi)

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya dan tidak lupa iringan shalawat senantiasa kita sanjung agungkan kepada junjungan dan baginda besar kita Nabi Muhammad SAW yang senantiasa diharapkan syafaatnya hingga akhir kelak, sehigga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Unjuk Kerja Kolorimetri Berbasis *Smartphone* dan Berbasis Spektrofotometri UV-Vis Untuk Uji Antioksidan Ekstrak Teh Komersil Menggunakan Metode *Ferric Reducing Antioxidant Power* (FRAP)” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, kritik, saran, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini teriring doa yang tulus penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orangtua penulis, cinta pertama dan panutan penulis Ayahanda Suryono dan pintu surga penulis Ibunda Suhartik, terima kasih atas tetes keringat dan segala pengorbanan untuk penulis bisa sampai di titik ini. Mereka memang tidak sempat merasakan pendidikan bangku perkuliahan, namun mereka bekerja keras serta mendidik, memberikan motivasi, memberikan dukungan, memberikan doa, memberikan kasih sayang, dan mengorbankan banyak hal untuk penulis bisa merasakan pendidikan setinggi mungkin tanpa meminta imbalan. Terima kasih untuk selalu berada di sisi penulis dan menjadi alasan bagi penulis menyelesaikan skripsi ini hingga memperoleh gelar sarjana.

2. Adik penulis Abid Aqila Algifari yang selalu mendukung, mendoakan, dan memberikan semangat. Tetap bertahan, ada kakakmu disini yang berusaha sekuat tenaga untuk merangkulmu. Tolong hidup lebih baik dengan versimu.
3. Seluruh keluarga besar penulis yang selalu mendukung, memotivasi, mendoakan, dan menjadi tempat berkeluh kesah. Terima kasih untuk selalu memberikan nasihat-nasihat yang baik. Semoga Allah SWT selalu memberikan yang terbaik untuk kalian.
4. Ibu Dian Septiani Pratama, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama terima kasih atas segala kebaikan, saran, kritik, motivasi, bimbingan, doa dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Terima kasih sudah menjadi dosen pembimbing terbaik untuk penulis serta kesediaannya untuk memberikan yang terbaik, semoga selalu dipermudah segala urusan, diberikan kebahagiaan setiap langkahnya, dan selalu dalam lindungan Allah SWT.
5. Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Kedua terima kasih atas segala ilmu, bimbingan, saran, kritik, dan segala kebaikan serta terima kasih atas kesediaan untuk memberikan yang terbaik kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Semoga Allah SWT selalu memberikan rida-Nya dan membalas semua kebaikan yang dilakukan.
6. Prof. Dr. Noviany, S.Si., M.Si. selaku dosen pembahas terima kasih ilmu, saran, kritik dan segala kebaikan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Terima kasih atas kesedian untuk memberikan yang terbaik kepada penulis. Semoga selalu diberikan yang terbaik oleh Allah SWT atas kebaikan yang telah dilakukan.
7. Prof. Wasinton Simanjutak, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing akademik terima kasih atas segala doa, dukungan, ilmu, bimbingan, motivasi, saran, kritik, dan semua kebaikan selama menjalani perkuliahan sejak awal masa studi di jurusan kimia kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Semoga selalu dalam lindungan-Nya dan mendapatkan yang terbaik atas semua kebaikan yang diberikan.

8. Ibu Mita Rilyanti, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah membantu dalam segala hal terkait administrasi dan menyetujui laporan skripsi ini.
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu, pengalaman yang sangat berharga dan bermanfaat, serta memotivasi penulis selama menjadi mahasiswa jurusan kimia.
10. Bapak Mulyono, Ph.D. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kerja Sama FMIPA Universitas Lampung.
11. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. Selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
12. Ibu Dr. Dian Herasari, M.Si. Selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
13. Bapak/Ibu Dosen dan Kepala Laboratorium Jurusan Kimia atas bantuan dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Jurusan Kimia Universitas Lampung.
14. Cindy Verawati dan Nanang Kurniawan kakak sepupu penulis, terima kasih atas segala dukungan yang telah diberikan kepada penulis baik secara material maupun moril, semoga semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan yang lebih baik dari Allah SWT.
15. Muhammad Malik Irawan anak bunda, yang menjadi salah satu alasan penulis juga untuk menyelesaikan pendidikan ini dengan baik, tolong hiduplah dengan baik karena penulis akan menyayangimu selayaknya mamamu menyayangi penulis.
16. Nur Isah Yuliana sahabat baik penulis dari bangku Sekolah Dasar, terima kasih tetap mendukung segala kebaikan yang penulis lakukan hingga saat ini, selalu mendengarkan keluh kesah, memberikan semangat, memberikan motivasi, memberikan hal-hal baik kepada penulis, semoga kesuksesan menjadi milik kita.
17. Diaz Mila Sevia sahabat yang penulis kenal dari bangku SMP, terima kasih atas hal-hal baik yang diberikan, selalu menyayangi, mendukung, memotivasi, dan tidak pernah membiarkan penulis susah sendiri. Terima

kasih telah membantu banyak hal kepada penulis. Semoga selalu bahagia dan dikelilingi hal-hal baik.

18. Nisa Anggraini sahabat yang penulis temui di bangku SMA hingga menjadi *room mate* dimasa awal perkuliahan hingga akhir perkuliahan, terima kasih atas segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis, tidak pernah lelah mendengarkan keluh kesah penulis, tidak pernah menghakimi atas segala kesalahan yang penulis lakukan, selalu memberikan semangat, memotivasi, dan doa baik kepada penulis. Semoga cita-citanya tercapai dan segala urusannya dipermudah Allah SWT.
19. Lutfi Kartika Wulan sahabat penulis dari bangku SMA sampai saat ini, terima kasih sudah mau selalu direpotkan oleh penulis, selalu membantu, memotivasi, memberikan semangat, memberikan doa ikhlas, dan terima kasih sudah membuat hari penulis menjadi lebih berwarna dan bahagia. Semoga selalu diberikan kebahagiaan dimanapun dan kapanpun itu.
20. Dyah Ayu Ambar wati sahabat kecil penulis hingga saat ini, terima kasih sudah melakukan banyak kebaikan kepada penulis, memberikan motivasi dan semangat. Semoga sukses dan selalu dikelilingi hal-hal baik.
21. Sahabat-sahabat penulis selama masa kuliah Alya Salma, Pretty Marita, dan Dina Elviana, terima kasih sudah berjuang bersama dari awal menempuh pendidikan di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung hingga akhir dan terima kasih atas segala kebaikan yang diberikan, tidak pernah merasa tersaingi antara satu sama lain, tetap berbuat baik kepada penulis walaupun penulis belum bisa membalas kebaikan mereka, dan terima kasih telah memberikan pelajaran hidup dimasa perkuliahan penulis, semoga selalu dikelilingi hal-hal baik dan mendapatkan yang terbaik.
22. Teman-teman kimia angkatan 2021 yang tidak bisa disebutkan satu per-satu, terima kasih atas bantuan serta dukungannya. Semoga selalu diberikan kelancaran dalam hal apapun dan kesuksesan kedepannya.
23. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per-satu yang telah memberikan dukungan, doa, nasihat, dan bimbingan dalam penulisan skripsi ini.

24. Terakhir, terima kasih kepada anak perempuan pertama yang memiliki impian besar namun terkadang sulit dimengerti isi kepalanya, yaitu penulis diriku sendiri. Agis, terima kasih telah berusaha keras untuk meyakinkan dan menguatkan diri sendiri bahwa kamu dapat menyelesaikan pendidikan ini sampai selesai sesuai harapan orangtuamu. Agis, rayakan kehadiranmu sebagai berkah di mana pun kamu menapakkan kaki. Jangan sia-siakan usaha dan doa yang selalu kamu langitkan. Allah sudah merencanakan dan memberikan porsi terbaik untuk perjalanan hidupmu, berbuatlah baik kepada siapapun dan berbahagialah selalu dengan dirimu. Semoga Langkah kebaikan selalu menyertaimu, dan semoga Allah selalu meridhai setiap langkahmu dan menjagamu dalam lindungan-Nya.Aamiin.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan skripsi. Namun penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Bandar Lampung, 11 Agustus 2025
Yang menyatakan

Agis Andriyani
NPM. 215701100

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Antioksidan	5
2.2.1 Pengertian Antioksidan	5
2.2.2 Macam-Macam Metode Pengukuran Antioksidan	6
2.2.3 Pengertian Kolorimetri	11
2.3.4 Kolorimetri Berbasis <i>Smartphone</i>	12
2.2 Validasi Metode	14
2.2.1 Linearitas	15
2.2.2 Presisi.....	15
2.2.3 Akurasi.....	16
III. METODE PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.3 Prosedur Penelitian.....	19
3.4 Diagram Alir.....	28

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Pemilihan dan Lokasi Pengambilan Sampel.....	27
4.2 Pengukuran Kapasitas Antioksidan dengan Metode FRAP dengan Kolorimetri berbasis Smartphone	27
4.2.1 Validasi Metode	27
4.3 Pengukuran Kolorimetri Berbasis <i>Smartphone</i> dan Berbasis Spektrofotometri UV-Vis Untuk Uji Antioksidan Ekstrak Teh (<i>Camellia sinensis</i>) Menggunakan metode FRAP	31
4.3.1 Pengukuran Spektrofotometri UV-Vis Untuk Uji Antioksidan Ekstrak Teh (<i>Camellia sinensis</i>) Menggunakan metode FRAP	31
4.3.2 Pengukuran Kolorimetri Berbasis <i>Smartphone</i> Untuk Uji Antioksidan Ekstrak Teh (<i>Camellia sinensis</i>) Menggunakan Metode FRAP	32
V. KESIMPULAN DAN SARAN	34
5.1 Simpulan	34
5.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perbedaan metode pengukuran kapasitas antioksidan	9
2. Penentuan Presisi Kolorimetri Berbasis <i>Smartphone</i>	29
3. Penentuan Uji Akurasi Kolorimetri Berbasis <i>Smartphone</i>	30
4. Penentuan LoD dan LoQ Metode Analisa Berbasis <i>Smartphone</i>	31
5. Hasil Uji Antioksidan Ekstrak Teh Komersil Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis	32
6. Hasil Uji Antioksidan Ekstrak Teh Komersil Menggunakan Kolorimetri Berbasis <i>Smartphone</i>	32
7. Hasil Perbandingan Metode Analisa Antioksidan menggunakan Kolorimetri Berbasis <i>Smartphone</i> dan Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Prinsip Kerja Spektrofotometri UV-Vis	10
2. Prinsip Kerja Kolorimetri Berbasis <i>Smartphone</i>	104
3. Aplikasi spotxel reader pada smartphone	22
4. <i>Setting</i> yang digunakan pada aplikasi <i>spotxel</i>	23
5. <i>Icon</i> kamera pada aplikasi <i>spotxel</i>	24
6. Data yang diperoleh pada aplikasi <i>spotxel</i>	25
7. Penentuan Linearitas Asam Askorbat Kolorimetri Berbasis <i>Smartphone</i>	28

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada beberapa dekade terakhir, perhatian terhadap aktivitas antioksidan dari berbagai sumber alami, termasuk tanaman, semakin meningkat. Antioksidan termasuk senyawa yang dapat menghambat dan menetralkan reaksi oksidasi yang melibatkan radikal bebas. Melalui proses transfer elektron, antioksidan dapat mengikat radikal bebas dan mencegah kerusakan seluler. Tubuh manusia dapat memproduksi antioksidan secara alami, namun jumlah yang dihasilkan sering kali tidak cukup untuk melindungi sel dari dampak negatif radikal bebas yang berlebihan. Antioksidan endogen berperan secara preventif, tetapi sering kali tidak mampu melakukan perbaikan yang memadai terhadap kerusakan yang terjadi, oleh karena itu penting untuk mendapatkan asupan antioksidan dari sumber eksternal seperti makanan dan minuman, khususnya dari tanaman *Camellia sinensis*, yang dikenal kaya akan senyawa polifenol yang memiliki sifat antioksidan yang kuat. Penelitian mengenai potensi antioksidan ekstrak teh ini menjadi relevan mengingat tingginya konsumsi teh di berbagai belahan dunia dan manfaat kesehatan yang dikaitkan dengan konsumsi teh secara teratur. (Ngibad, 2023).

Dengan meningkatnya minat masyarakat terhadap gaya hidup sehat, penelitian mengenai kandungan dan efektivitas antioksidan dari makanan maupun minuman terus berkembang. Berbagai metode analisis digunakan untuk mengukur kapasitas antioksidan, sehingga dapat memberikan informasi yang lebih akurat mengenai kesehatan. Metode yang umum digunakan dalam pengukuran antioksidan meliputi

1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), *Ferric Reducing Antioxidant Power* (FRAP), *Oxygen Radical Absorbance Capacity* (ORAC), *Total Phenolics Content*, 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid (ABTS), *Cupric Reducing Antioxidant Capacity* (CUPRAC), *Total Radical Trapping Antioxidant Parameter* (TRAP), dan *Trolox Equivalent Antioxidant Capacity* (TEAC) (Aryanti *et al.*, 2021). Metode FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) adalah salah satu teknik analisis yang paling umum digunakan untuk mengukur tingkat aktivitas antioksidan dalam suatu sampel. Teknik ini bekerja berdasarkan prinsip bahwa senyawa antioksidan mampu mereduksi ion besi dalam keadaan oksidasi +3 (Fe^{3+}) menjadi bentuk yang lebih rendah, yaitu ion besi dalam keadaan +2 (Fe^{2+}). Proses reduksi ini menyebabkan terjadinya perubahan warna pada larutan, biasanya dari warna kekuningan menjadi biru tua, yang dapat diukur secara kuantitatif menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang tertentu, biasanya sekitar 593 nm. Dengan demikian, semakin tinggi kemampuan reduksi suatu sampel, semakin tinggi pula nilai aktivitas antioksidannya yang dapat diukur melalui perubahan warna larutan tersebut. Metode FRAP ini sangat berguna karena memberikan gambaran langsung mengenai potensi antioksidan dari berbagai bahan alami maupun sintetis secara cepat dan reliabel.

Di sisi lain, pada penelitian sebelumnya pengukuran aktivitas antioksidan menggunakan spektrofotometri UV-Vis telah lama diakui sebagai metode standar dalam analisis kimia. Metode ini berfungsi untuk mengukur absorbansi cahaya pada panjang gelombang tertentu, sehingga dapat memberikan informasi kuantitatif mengenai konsentrasi senyawa dalam larutan. Dengan akurasi tinggi dan sensitivitas yang baik, spektrofotometri UV-Vis menjadi pilihan utama dalam penelitian terkait aktivitas antioksidan. Namun, keterbatasan dalam hal aksesibilitas dan biaya peralatan sering kali menjadi kendala bagi peneliti di lapangan (Purwanti dkk, 2020).

Metode analisis kimia yang sederhana, murah, dan mudah diaplikasikan sangat menarik untuk digunakan dalam evaluasi kapasitas antioksidan ekstrak bahan alam. Salah satu metode yang telah berkembang untuk mengukur kapasitas antioksidan adalah kolorimetri. Kolorimetri merupakan teknik yang

membandingkan intensitas warna suatu larutan dengan warna larutan standar, dengan cara mengukur intensitas cahaya yang diteruskan oleh larutan tersebut. Biasanya, sumber cahaya yang digunakan dalam proses ini adalah cahaya putih (Wulandari dan Yulkifli, 2018).

Kolorimetri menawarkan kemudahan dalam pengukuran dan analisis, terutama ketika dikombinasikan dengan teknologi modern seperti *smartphone*. Dengan menggunakan kamera dan sensor berkinerja tinggi yang terdapat pada *smartphone* yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan *type* android, metode ini memungkinkan analisis yang cepat dan portabel. Kolorimetri berbasis *smartphone* semakin populer karena kemudahan penggunaan, biaya rendah, serta kemampuan untuk memberikan hasil yang cepat dan akurat. Dengan karakteristik ini, kolorimetri berbasis *smartphone* berpotensi menjadi alternatif efisien untuk analisis warna dan konsentrasi zat dalam larutan diberbagai bidang (Kristanoko dkk, 2021).

Oleh karena itu, penting untuk mengeksplorasi sejauh mana efektivitas kolorimetri berbasis *smartphone* dapat bersaing dengan spektrofotometri UV-Vis dalam pengukuran aktivitas antioksidan dari minuman ekstrak bahan alam seperti dari ekstrak teh komersil. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi kolorimetri berbasis *smartphone* sebagai metode analisis yang lebih praktis dan ekonomis tanpa mengorbankan akurasi hasil.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan mendapatkan informasi mengenai unjuk kerja uji antioksidan dari ekstrak teh komersil menggunakan metode kolorimetri berbasis *smartphone*.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan setelah melakukan kerja penelitian ini yaitu untuk memberikan informasi mengenai performa atau unjuk kerja dari analisis antioksidan ekstrak teh komersil menggunakan metode kolorimeter berbasis *smartphone*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Antioksidan

2.1.1 Pengertian Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat menyerap atau menetralkan radikal bebas sehingga mampu mencegah penyakit-penyakit degeneratif seperti kardiovaskuler, karsinogenesis, dan penyakit lainnya. Senyawa antioksidan termasuk substansi yang diperlukan tubuh untuk menetralkan radikal bebas dan mencegah kerusakan yang ditimbulkan oleh radikal bebas terhadap sel normal, protein, dan lemak. Senyawa ini memiliki struktur molekul yang dapat memberikan elektronnya kepada molekul radikal bebas tanpa terganggu sama sekali fungsinya dan dapat memutus reaksi berantai dari radikal bebas (Parwata, 2016).

Antioksidan berfungsi untuk melawan radikal bebas dalam tubuh, yang dapat menyebabkan kerusakan sel dan berkontribusi pada berbagai penyakit, termasuk kanker, penyakit jantung, dan penuaan dini. Radikal bebas merupakan molekul yang tidak stabil, yang dapat merusak struktur seluler, DNA, dan membran sel. Dalam konteks kesehatan, konsumsi makanan yang kaya akan antioksidan, seperti buah-buahan dan sayuran, sangat dianjurkan untuk menjaga kesehatan dan mencegah berbagai penyakit. Berbagai jenis antioksidan, baik yang berasal dari sumber alam maupun sintetis, memiliki mekanisme kerja yang berbeda, sehingga penting untuk memahami kontribusi masing-masing dalam menjaga Kesehatan (Halliwell, and Gutteridge, 2015).

Antioksidan alami yang terdapat dalam tumbuh-tumbuhan dan bahan pangan secara kimiawi sebagian besar berasal dari golongan senyawa turunan fenol, khususnya flavonoid seperti kuersetin. Senyawa-senyawa ini memainkan peran penting dalam melindungi sel-sel dari kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas. Secara umum, sistem kerja antioksidan dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu enzimatik dan nonenzimatik. Dalam kelompok enzimatik, terdapat beberapa enzim vital yang berkontribusi dalam mekanisme pertahanan antioksidan, antara lain Superoxide dismutase (SOD), Katalase (CAT), Peroksidase (POX), Asam askorbat peroksidase (APX), glutathion reduktase (GR), dan polifenol oksidase (PPO). Enzim-enzim ini bekerja secara sinergis untuk mengurangi atau menetralkan radikal bebas dalam tubuh.

Sementara itu, antioksidan nonenzimatik mencakup berbagai senyawa penting seperti asam askorbat (vitamin C), senyawa fenolik, karotin, dan α -tokoferol, yang juga memiliki kemampuan untuk melawan stres oksidatif. Diantara senyawa fenolik, asam galat dan kuersetin merupakan dua contoh yang paling aktif sebagai antioksidan alami, dan keduanya banyak ditemukan dalam berbagai jenis tanaman. Keberadaan senyawa-senyawa ini dalam diet sehari-hari sangat penting, karena dapat membantu meningkatkan pertahanan tubuh terhadap kerusakan seluler yang diakibatkan oleh radikal bebas, serta berkontribusi pada kesehatan secara keseluruhan (Maesaroh dkk., 2018).

2.1.2 Macam-Macam Metode Pengukuran Antioksidan

2.1.2.1 *Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)*

Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) merupakan metode yang digunakan untuk menguji antioksidan dalam tumbuh-tumbuhan (Benzie dan Strain, 1996). Metode ini dapat menentukan kandungan antioksidan total dari suatu bahan berdasarkan kemampuan senyawa antioksidan untuk mereduksi ion Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} sehingga kekuatan antioksidan suatu senyawa dianalogikan dengan kemampuan mereduksi dari senyawa tersebut (Halvorsen, *et al.*, 2002).

Kekuatan antioksidan yang diuji menggunakan FRAP, tidak perlu melibatkan perlakuan pre-treatment, karena dianggap konstan dan linear dengan hasil pengujian. Pada pengujian FRAP. Idealnya sampel yang digunakan $>3000\mu\text{M}$ dan dilarutkan pada air ataupun ethanol, dan dilakukan uji pengulangan dengan pengenceran bertahap untuk pengukuran nilai FRAP. FRAP atau Ferric Reducing Antioxidant power adalah salah satu metode penentuan kandungan antioksidan secara spektrofotometri yang berdasarkan pada reduksi analog ferroin, kompleks Fe^{3+} dari tripiridiltriazin $\text{Fe}(\text{TPTZ})^{3+}$ menjadi kompleks Fe^{2+} , $\text{Fe}(\text{TPTZ})^{2+}$ yang berwarna biru intensif oleh anti oksidan pada suasana asam. Metode FRAP adalah metode yang digunakan untuk menguji antioksidan dalam tumbuh-tumbuhan. Kelebihan metode FRAP ini yaitu metodenya murah, reagenya mudah disiapkan dan cukup sederhana dan cepat. Metode ini dapat menentukan kandungan antioksidan total dari suatu bahan berdasarkan kemampuan senyawa antioksidan untuk mereduksi ion Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} sehingga kekuatan antioksidan suatu senyawa dianalogikan dengan kemampuan mereduksi dari senyawa tersebut. Adapun reaksi dari metode ini yaitu $\text{Fe}(\text{TPTZ})^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{TPTZ})^{2+}$ (Maryam dkk., 2021).

2.1.2.2. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) bertindak sebagai radikal bebas yang diredam oleh antioksidan dari bahan uji. DPPH akan ditangkap oleh antioksidan melalui donasi atom hidrogen dari antioksidan sehingga membentuk DPPH-H. Reaksi penangkapan hidrogen oleh DPPH dari zat Antioksidan. Metode ini sering digunakan untuk menguji senyawa yang berperan sebagai free radical scavengers atau donor hidrogen dan mengevaluasi aktivitas antioksidannya, serta mengkuantifikasi jumlah kompleks radikal-antioksidan yang terbentuk (Santi, 2019). Prinsip dari metode DPPH adalah terjadinya interaksi antioksidan dengan DPPH secara transfer elektron atau radikal hidrogen pada DPPH akan menetralkan radikal bebas dari DPPH. Hasil dekolonisasi oleh antioksidan setara dengan jumlah elektron yang tertangkap dan absorbansi yang diukur pada panjang gelombang 517 nm. Adanya atom hidrogen dari senyawa antioksidan

yang berikatan dengan elektron bebas pada senyawa radikal sehingga menyebabkan perubahan dari radikal bebas (*diphenylpicrylhydrazyl*) menjadi senyawa nonradikal (*diphenylpicrylhydrazine*). Hal ini ditandai dengan perubahan warna dari ungu menjadi kuning (senyawa radikal bebas tereduksi oleh adanya antioksidan) (Devitria, 2020).

2.1.2.3. Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity (CUPRAC)

Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity (CUPRAC) merupakan metode untuk menentukan adanya aktivitas dan mengukur kapasitas antioksidan dari daun yodium terhadap radikal bebas yang absorbansinya diukur pada spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 450 nm. Pada pengujian CUPRAC (*Cupric ion reducing antioxidant capacity*), reagen Cu (II)-neocuproin (Cu (II)-(Nc)₂) digunakan sebagai agen pengoksidasi kromogenik karena reduksi ion Cu (II) dapat diukur. Pereaksi CUPRAC merupakan pereaksi yang selektif karena memiliki nilai potensial reduksi yang rendah. Metode pengukuran kapasitas antioksidan dengan menggunakan metode CUPRAC memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan metode pengukuran antioksidan yang lain yaitu reagen CUPRAC cukup cepat untuk mengoksidasi tiap jenis antioksidan, pereaksi CUPRAC merupakan pereaksi selektif karena potensi redoksnya lebih rendah. Reagen CUPRAC lebih stabil dan dapat diakses dari reagen kromogenik lainnya (ABTS, DPPH) (Maryam dkk., 2021).

2.1.2.4. 2,2-azinobis-3-Ethylbenzothiazoline-6-Sulfonic Acid (ABTS)

2,2-azinobis-3-Ethylbenzothiazoline-6-Sulfonic Acid (ABTS) merupakan senyawa radikal kation organik yang digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan yang bereaksi pada pH 7,4 berdasarkan waktu dan persentase diskolorasi sebagai bagian dari fungsi konsentrasi. Aktivitas dari ABTS ditandai dengan perubahan warna yang terjadi dari biru atau hijau, menjadi tidak berwarna. Pengukuran ABTS dilakukan, untuk mengukur kemampuan antioksidan dalam mendonorkan radikal

proton, sehingga tercapai kestabilan. Kalorimeter digunakan untuk menghitung secara kuantitatif kemampuan antioksidan tersebut pada panjang gelombang 734 nm. Sama seperti pengukuran lain, pengukuran metode ini menggunakan antioksidan pembanding sebagai kurva standar, seperti alfatocopherol, glutathione, dan uric acid. Kelebihan pada penggunaan metode ABTS atau biasa disebut sebagai TEAC dianggap sebagai metode yang mudah, cepat, dapat digunakan baik pada fasa aqueous ataupun lipid (Fitriana dkk., 2019).

Tabel 1.Perbedaan metode pengukuran kapasitas antioksidan

Metode	Prinsip Metode
FRAP	Reaksi antioksidan dengan kompleks Fe (III)
DPPH	Reaksi antioksidan dengan radikal organik
CUPRAC	Reduksi Cu (II) menjadi Cu(I) oleh antioksidan
ABTS	Reaksi antioksidan dengan radikal kation organik

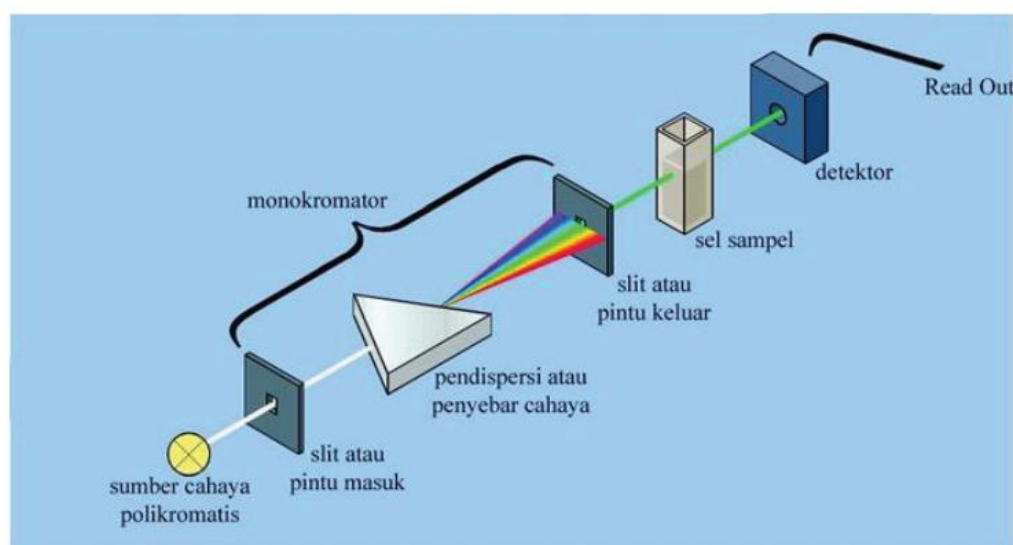
(Munteanu and Constantin, 2021).

2.1.2.5 Spektrofotometri UV-Vis

Cahaya ultraviolet (UV) terbagi menjadi dua kategori yaitu ultraviolet jauh dengan rentang panjang gelombang sekitar 10–200 nm, dan ultraviolet dekat yang memiliki rentang 200–400 nm. Meskipun tidak dapat dilihat oleh manusia, beberapa hewan seperti burung, reptil, dan serangga seperti lebah mampu mendeteksi sinar UV. Interaksi antara senyawa organik dengan sinar UV dan cahaya tampak dapat digunakan untuk menentukan struktur molekul senyawa tersebut. Elektron ikatan dan elektron nonikatan (elektron bebas) adalah bagian dari molekul yang paling responsif terhadap sinar ini. Ketika sinar UV atau tampak mengenai elektron-elektron tersebut, mereka akan tereksitasi dari keadaan dasar ke tingkat energi yang lebih tinggi. Proses eksitasi ini tercatat dalam bentuk spektrum yang menunjukkan panjang gelombang dan absorbansi, tergantung pada jenis elektron dalam molekul yang dianalisis. Semakin mudah elektron tereksitasi, semakin besar panjang gelombang yang diserap; semakin banyak elektron yang tereksitasi, semakin tinggi nilai absorban (Suhartati, 2017).

Pengujian aktivitas antioksidan menggunakan spektrofotometer Visible pada

panjang gelombang 689 nm. Spektrofotometri UV-Vis atau sinar ultra violet dan visible (cahaya tampak), merupakan metode yang didasarkan pada pengukuran energi cahaya oleh suatu zat kimia pada panjang gelombang maksimum tertentu. Sinar ultraviolet (UV) mempunyai panjang gelombang antara 200-400 nm, dan sinar tampak (*visible*) mempunyai panjang gelombang 400-750 nm. Tujuan penentuan panjang gelombang maksimum agar mengetahui daerah serapan yang dapat dihasilkan berupa nilai absorbansi dari larutan baku yang diukur serapannya menggunakan alat spektrofotometri *visible* pada rentang panjang 400-750 nm. Prinsip kerja spektrofotometri yaitu apabila cahaya monokromatik melalui suatu media larutan maka sebagian cahaya tersebut diserap, sebagian dipantulkan dan sebagian lagi dipancarkan. Hukum *Lambert Beer* yaitu bila suatu cahaya monokromatis yang dilewatkan suatu media yang transparan maka intensitas cahaya yang disebarakan sebanding dengan tebal dan kepekatan media larutan yang digunakan (Ilyas dkk, 2023).



Gambar 1. Prinsip Kerja Spektrofotometri UV-Vis

2.1.2.6 Kolorimetri

2.1.2.6.1 Pengertian Kolorimetri

Kolorimetri merupakan salah satu metode analisis kimia yang sangat penting, yang didasarkan pada prinsip kesamaan besaran warna antara larutan sampel dan larutan standar. Dalam proses ini, penggunaan sumber cahaya poliktomatis dan detektor mata memungkinkan peneliti untuk secara akurat mengukur intensitas warna yang dihasilkan, sehingga dapat menentukan konsentrasi senyawa dalam larutan. Metode kolorimetri telah terbukti sangat berguna dalam memantau berbagai golongan senyawa, terutama dalam konteks analisis kapasitas antioksidan. Berbagai pendekatan dalam kolorimetri diterapkan untuk menganalisis senyawa antioksidan, termasuk analisis total senyawa fenolik, analisis flavonoid, serta pengujian yang menggunakan 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) dan 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) untuk menangkap radikal. Selain itu, analisis daya reduksi yang dilakukan dengan kalium ferisianida dan analisis Daya Reduksi Feri (FRAP) juga merupakan metode yang umum digunakan dalam studi ini, sebagaimana diungkapkan dalam penelitian oleh Caramês *et al.* (2020). Keuntungan utama dari teknik analisis kolorimetri ini mencakup sifatnya yang tidak memerlukan penggunaan hewan, biaya yang relatif rendah, serta kesederhanaan dalam pelaksanaan yang tidak memerlukan analisis dengan pelatihan tinggi. Ini membuat kolorimetri menjadi metode yang sangat praktis dan efisien, dengan kemudahan dalam pengoperasian peralatan, sebagaimana dijelaskan oleh Thongsuk *and* Sameenoi (2022). Dengan demikian, kolorimetri tidak hanya berkontribusi dalam bidang penelitian, tetapi juga memiliki potensi aplikasi luas dalam industri dan pengembangan produk yang mengedepankan aspek kesehatan dan keamanan.

2.1.2.6.2 Kolorimetri Berbasis *Smartphone*

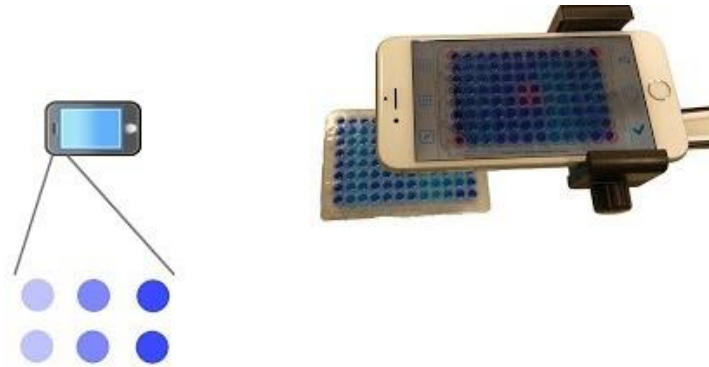
Dalam beberapa tahun terakhir, penerapan teknik kolorimetri untuk analisis senyawa antioksidan telah berkembang seiring dengan kemajuan teknologi pencitraan digital, termasuk telepon pintar, kamera digital, kamera web, dan pemindai, serta perangkat lunak terkini untuk perawatan dan pemrosesan gambar, dimana analisis kolorimetri dilakukan berdasarkan *smartphone* (Bazani *et al.*, 2021). Pendekatan alternatif ini, yang melibatkan penggunaan sumber daya digital, menyederhanakan penilaian berbagai sampel, menjadikannya lebih cepat, lebih praktis, hemat biaya, dapat diakses, dan efisien untuk dilakukan (Al-Nidawi dan Alshana, 2021).

Kolorimetri berbasis *smartphone* merupakan teknologi yang memanfaatkan kamera *smartphone* untuk mengukur konsentrasi zat warna dalam larutan. Prinsip kerjanya berfokus pada analisis intensitas cahaya yang diserap oleh larutan. Ketika cahaya mengenai larutan yang mengandung pigmen tertentu, sebagian cahaya akan diserap dan sisanya dipantulkan atau ditransmisikan. Dengan menggunakan aplikasi khusus, kamera *smartphone* dapat menangkap warna yang dihasilkan dan mengukur intensitas cahaya yang diterima. Data ini kemudian dibandingkan dengan kurva kalibrasi yang telah ditentukan sebelumnya, sehingga dapat dihitung konsentrasi zat tersebut (Lee, J., and Shin, H. 2021). Teknologi ini menawarkan beberapa keuntungan, seperti portabilitas dan kemudahan penggunaan tanpa memerlukan alat laboratorium yang mahal. Selain itu, aplikasi *smartphone* dapat memberikan hasil yang cepat dan akurat, menjadikannya alat yang berguna dalam berbagai bidang, termasuk analisis kualitas air, pengujian makanan, dan penelitian lingkungan. Dalam penelitian terbaru, penggunaan kolorimetri berbasis *smartphone* telah terbukti efektif dan dapat diandalkan, dengan akurasi yang sebanding dengan metode laboratorium konvensional (Zhang, X., and Chen, L., 2022).

Teknik kolorimetri berbasis *smartphone* telah semakin banyak diterapkan untuk analisis berbagai macam analit, termasuk dalam sampel kunyit dan teh, dan iodat

dalam sampel garam dapur (Caleb *et al.*, 2021). Selain itu, teknik kolorimetri berbasis *smartphone* juga telah diterapkan untuk penentuan ion merkuri dalam air minum (Firdaus *et al.*, 2019) dan ion besi dalam formulasi farmasi (Santos *et al.*, 2021).

Pengolahan data analisis dari penelitian yang menggunakan kolorimetri berbasis *smartphone* melibatkan beberapa langkah penting, mulai dari pengambilan gambar larutan hingga analisis data menggunakan aplikasi khusus. Setelah larutan yang akan diuji ditempatkan dalam wadah transparan, kamera *smartphone* mengambil gambar dengan pencahayaan yang konsisten. Aplikasi kemudian memanfaatkan algoritma pemrosesan citra untuk mengekstrak informasi warna dari gambar tersebut. Data warna yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan kurva kalibrasi untuk menentukan konsentrasi analit dalam larutan. Metode ini tidak hanya cepat, tetapi juga memungkinkan analisis yang lebih mudah dan aksesibilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan teknik laboratorium tradisional. Dalam beberapa penelitian, hasil yang diperoleh dari kolorimetri berbasis *smartphone* dibandingkan dengan metode analisis konvensional, menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi. Penelitian-penelitian ini juga menyoroti potensi penggunaan teknologi ini dalam berbagai bidang, seperti monitoring kualitas air, deteksi polutan, dan analisis makanan. Dengan kemajuan dalam pengolahan citra dan algoritma pembelajaran mesin, aplikasi *smartphone* dapat terus ditingkatkan untuk memberikan hasil yang lebih presisi dan mendetail, sehingga membuka peluang baru dalam penelitian dan aplikasi praktis (Kumar dan Gupta., 2020).



Gambar 2 Prinsip Kerja Kolorimetri Berbasis *Smartphone*

2.1. Validasi Metode

Validasi metode analisis merupakan langkah yang sangat krusial dan tidak dapat diabaikan dalam setiap penelitian ilmiah maupun aplikasi laboratorium, karena proses ini memastikan bahwa metode yang digunakan benar-benar mampu memberikan hasil yang akurat, konsisten, dan dapat diandalkan dengan tingkat kualitas yang tinggi. Dalam pelaksanaan validasi metode tersebut, terdapat beberapa aspek penting yang harus dievaluasi secara menyeluruh dan sistematis, antara lain adalah linearitas yang mengukur sejauh mana respons metode berbanding lurus dengan konsentrasi analit dalam rentang tertentu, limit deteksi yang menentukan kemampuan metode untuk mendeteksi konsentrasi terendah dari analit, akurasi yang menilai kedekatan hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya, serta presisi yang mengukur konsistensi dan reproduktifitas hasil pengukuran ketika dilakukan pengulangan dalam kondisi yang sama maupun berbeda. Evaluasi menyeluruh terhadap aspek-aspek ini sangat penting untuk memastikan bahwa metode analisis yang dikembangkan atau digunakan benar-benar sesuai dengan standar kualitas yang diharapkan dan dapat diaplikasikan secara efektif dalam berbagai kondisi pengujian. (Emea, 1995).

2.2.1 Linearitas

Linearitas suatu prosedur analisis merujuk pada kemampuan metode tersebut untuk menghasilkan hasil pengujian yang berbanding lurus dengan konsentrasi atau jumlah analit dalam sampel dalam rentang tertentu. Penting untuk mengevaluasi hubungan linier ini di seluruh rentang prosedur analitis yang diterapkan, karena hal ini menjamin bahwa hasil yang diperoleh dapat diandalkan dan valid. Evaluasi linearitas dapat dilakukan dengan dua pendekatan utama. Pertama, hubungan linier dapat ditunjukkan secara langsung pada zat aktif dengan melakukan pengenceran larutan stok standar, di mana variasi konsentrasi dapat dianalisis untuk memastikan respons yang konsisten. Kedua, analisis dapat dilakukan melalui penimbangan terpisah dari campuran sintetik komponen produk, menggunakan prosedur yang diusulkan. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk menguji linearitas dalam konteks aplikasi praktis. Selain itu, aspek terakhir dari linearitas ini dapat dipelajari selama penyelidikan jangkauan, yang memberikan wawasan lebih lanjut tentang batasan metode analisis dalam menangkap variasi konsentrasi analit. Dengan demikian, pemahaman yang mendalam tentang linearitas tidak hanya meningkatkan keakuratan hasil analisis, tetapi juga memperkuat kepercayaan pada validitas metode yang diterapkan dalam penelitian dan industri (Emea, 1995).

2.2.2 Presisi

Ketepatan suatu prosedur analisis menggambarkan kedekatan hasil yang diperoleh dari serangkaian pengukuran yang dilakukan pada beberapa pengambilan sampel dari sampel homogen yang sama, dilakukan di bawah kondisi yang ditentukan. Tingkat ketepatan ini sangat penting untuk memastikan bahwa hasil analisis dapat diandalkan dan konsisten. Presisi dalam analisis dapat dibedakan menjadi tiga tingkatan: keterulangan, presisi menengah, dan reproduktifitas. Keterulangan merujuk pada konsistensi hasil yang diperoleh ketika pengukuran dilakukan secara berulang dalam kondisi yang sama, sedangkan presisi menengah mencakup variasi yang terjadi ketika pengukuran dilakukan pada waktu yang berbeda, tetapi dengan metode dan kondisi yang

serupa. Reprodutifitas mencakup pengulangan pengukuran yang dilakukan oleh laboratorium atau operator yang berbeda, yang mencerminkan kemampuan prosedur untuk memberikan hasil yang konsisten dalam berbagai konteks.

Untuk memastikan presisi yang akurat, penyelidikan harus dilakukan menggunakan sampel yang homogen dan otentik, karena ini memberikan gambaran yang lebih realistis mengenai performa metode analisis. Namun, jika tidak memungkinkan untuk memperoleh sampel homogen, penggunaan sampel buatan atau larutan juga dapat dilakukan untuk tujuan investigasi. Ketepatan suatu prosedur analitis biasanya dinyatakan dalam bentuk varians, standar deviasi, atau koefisien variasi dari serangkaian pengukuran. Dengan memahami dan mengukur ketepatan ini, peneliti dapat mengevaluasi seberapa baik metode analisis dapat diandalkan, serta mengidentifikasi potensi sumber kesalahan yang mungkin mempengaruhi hasil akhir. Hal ini sangat penting dalam konteks penelitian dan aplikasi industri, di mana ketepatan hasil analisis dapat berdampak signifikan pada keputusan yang diambil (Emea, 1995).

2.2.3 Akurasi

Akurasi suatu prosedur analisis menggambarkan kedekatan antara nilai yang diperoleh dengan nilai sebenarnya, yang dapat berupa nilai konvensional yang diterima atau nilai referensi yang diakui. Dalam konteks ini, akurasi sering kali disebut sebagai "kebenaran" karena mencerminkan sejauh mana hasil analisis mencerminkan realitas atau kondisi yang ada. Untuk menilai akurasi, penting untuk menetapkan pengukuran dalam rentang prosedur analisis yang telah ditentukan, sehingga hasil yang diperoleh dapat dibandingkan secara konsisten dengan nilai referensi. Dengan demikian, pengujian akurasi tidak hanya menjamin validitas hasil, tetapi juga memberikan keyakinan bahwa metode analisis yang digunakan dapat diandalkan dalam berbagai aplikasi. Memahami tingkat akurasi suatu prosedur analisis sangat penting, terutama dalam bidang penelitian dan industri, di mana keputusan sering kali didasarkan pada hasil pengujian yang presisi dan akurat (Emea, 1995).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2024-April 2025, bertempat di Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas laboratorium, pH meter (Violab, pH 60), termometer, neraca analitic *AND*, batang pengaduk, Spektrofotometri UV-Vis (Shimadzu UV-1708), *microplate* 96 well, dan kolorimetri berbasis *smartphone* dilakukan dengan menggunakan android merk Oppo tipe A12 dan *software spotxel reader version 2.2.3* oleh SICASYS software GmbH.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan bahan kimia for analysis grade (p.a.) yaitu asam askorbat (*Merck*), $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (*Merck*), 2,4,6-Triz (2 Pyridyl)-s-Triazine (TPTZ) for spectrophotometric det.Fe >98% (*Sigma Aldrich*), Asam asetat tri hidrat ($\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2\text{Na} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) (*Merck*), CH_3COOH (*Pudak Scientific*), akuades, dan teh celup komersil dengan komposisi teh hitam dengan merk a yang diproduksi oleh PT Unilever Indonesia TBK.

3.3 Prosedur Penelitian

Selain menggunakan metode kolorimetri berbasis *smartphone*, pada penelitian ini dilakukan pula uji antioksidan ekstrak teh komersil menggunakan spektrofotometri UV-Vis untuk membandingkan hasilnya dengan menggunakan metode FRAP.

3.3.1. Pembuatan Larutan Standar Asam Askorbat

3.3.1.1. Pembuatan Larutan Induk

Larutan standar induk atau baku induk asam askorbat 1000 ppm disiapkan dengan cara menimbang asam askorbat sebanyak 0,1 gram menggunakan timbangan analitik kemudian dimasukkan dalam gelas beaker kemudian dilarutkan dengan aquades 25 ml, diaduk hingga larut dan dimasukkan ke labu ukur 100,0 mL kemudian ditambahkan aquades sampai tanda batas, lalu dihomogenkan (Hasan dan Fernanda, 2022).

3.3.1.2 Pembuatan Larutan Kerja

Larutan baku kerja untuk kurva kalibrasi dibuat dari larutan induk Asam Askorbat 1000 ppm untuk konsentrasi 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm, dan 100 ppm. Pengenceran dilakukan dengan rumus $M_1 V_1 = M_2 V_2$. Adapun prosedur pengenceran larutan asam askorbat 1000 ppm adalah sebagai berikut:

1. Larutan asam askorbat 20 ppm
Pipet larutan induk asam askorbat 1000 ppm sebanyak 2 mL lalu dimasukkan ke labu ukur 100 mL dan ditambahkan aquades sampai tanda tera lalu dihomogenkan.

2. Larutan asam askorbat 40 ppm
Pipet larutan induk asam askorbat 1000 ppm sebanyak 4 mL lalu dimasukkan ke labu ukur 100 mL dan ditambahkan aquades sampai tanda tera lalu dihomogenkan.
3. Larutan asam askorbat 60 ppm
Pipet larutan induk asam askorbat 1000 ppm sebanyak 6 mL lalu dimasukkan ke labu ukur 100 mL dan ditambahkan aquades sampai tanda tera lalu dihomogenkan.
4. Larutan asam askorbat 80 ppm
Pipet larutan induk asam askorbat 1000 ppm sebanyak 8 mL lalu dimasukkan ke labu ukur 100 mL dan ditambahkan aquades sampai tanda tera lalu dihomogenkan.
5. Larutan asam askorbat 100 ppm
Pipet larutan induk asam askorbat 1000 ppm sebanyak 10 mL lalu dimasukkan ke labu ukur 100 mL dan ditambahkan aquades sampai tanda tera lalu dihomogenkan.

3.3.1.3. Pembuatan Larutan Buffer Asetat pH 3,6

Larutan buffer asetat pH 3,6 dibuat dengan cara memasukkan ke dalam labu ukur 100 ml larutan asam asetat 1,32 mL dan 0,1436 g sodium asetat yang dilarutkan menggunakan 25 mL aquades. Kemudian ditambahkan aquades sampai tanda tera dan dihomogenkan. Cek pH larutan menggunakan pH meter (Theafelicia dan Wulan, 2023).

3.3.1.4. Pembuatan Larutan FRAP

Larutan 2,4,6-Triz (2 Pyridyl)-s-Triazine (TPTZ) 10 mM dibuat dengan cara menimbang 0,0781 g TPTZ dan dilarutkan dalam 25 mL HCl 40 mM. Larutan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 20 mM dibuat dengan cara menimbang 0,135 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan dilarutkan dalam 25 ml aquades. Kemudian campurkan 1 mL larutan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 20 mM dan 1ml larutan TPTZ 10 mM dalam labu ukur 100 mL lalu, ditambahkan

larutan buffer asetat pH 3,6 sampai tanda tera. Larutan ini disimpan dalam botol gelap. Ketika akan digunakan larutan dipanaskan pada temperatur 37°C (Theafelicia dan Wulan, 2023).

3.3.2. Pembuatan Ekstrak Teh

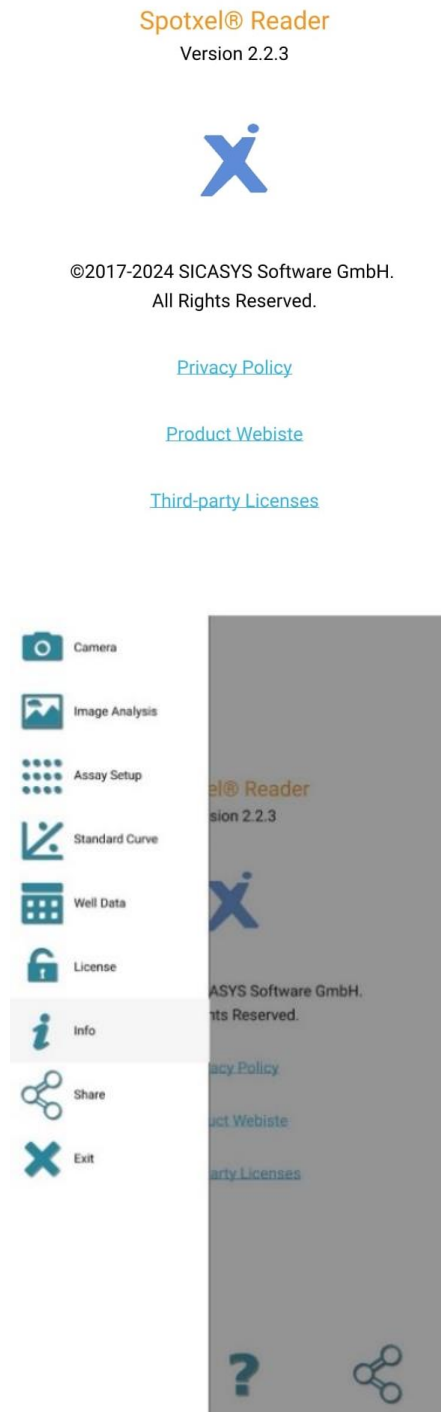
Sebanyak 1,4gram teh ditimbang menggunakan neraca analitik. Kemudian diekstrak menggunakan 250 mL aquades yang sudah dipanaskan sampai suhu 100°C selama 5 menit untuk memastikan ekstraksi senyawa aktif yang optimal. Kemudian disaring menggunakan kertas saring (Theafelicia dan Wulan, 2023).

3.3.2.1. Uji Antioksidan Pada Ekstrak Teh Menggunakan Kolorimeter Berbasis *Smartphone*

Uji antioksidan dilakukan terhadap larutan standar dan larutan sampel ekstrak teh. Larutan standar dan sampel masing-masing 0,15 mL dimasukkan ke tabung reaksi. Kemudian, ditambahkan sebanyak 2,85 mL reagen FRAP dan dihomogenkan. Setelah itu larutan dipepet 0,33 mL ke *microplate* 96 *well* dan diinkubasi selama 30 menit pada temperatur ruang dan kondisi tertutup dan gelap (Theafelicia dan Wulan, 2023). Larutan dianalisa menggunakan aplikasi kolorimetri berbasis *smartphone* (*spotxel reader*). Penting untuk memperhatikan pencahayaan dan sudut pengambilan gambar agar warna larutan dapat terdeteksi dengan jelas dan akurat (Qin *et al.*, 2023).

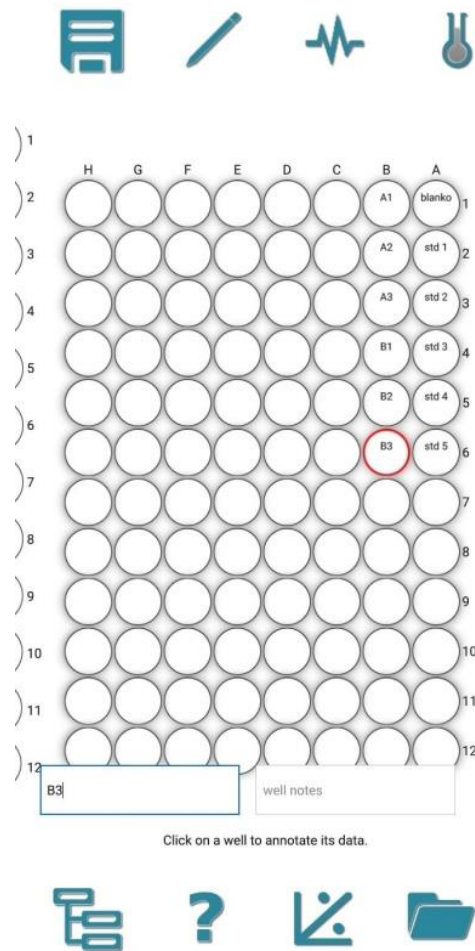
Berikut langkah-langkah pengoperasian kolorimetri berbasis *smartphone* menggunakan aplikasi *spotxel reader*

- a. Buka aplikasi spotxel reader pada smartphone.



Gambar 3 Aplikasi spotxel reader pada smartphone

- b. *Setting* untuk keterangan disetiap sampel yang akan diuji



Gambar 4 *Setting* yang digunakan pada aplikasi *spotxel*

Bagian assay setup pada aplikasi digunakan untuk memberikan keterangan pada setiap *microplate 96 well* sesuai dengan masing-masing larutan standar dan larutan sampel. Dengan demikian, dapat dipastikan bahwa data yang diperoleh dari *Spotxel Reader* dapat diinterpretasikan dengan benar, serta memudahkan dalam menganalisis hasil analisis.

- c. Kemudian klik ikon *camera* pada aplikasi dan arahkan langsung pada *microplate 96 well* yang telah disiapkan



Gambar 5 Icon kamera pada aplikasi *spotxel*

Letakkan *microplate 96 well* di bawah kamera *smartphone* dan pilih opsi untuk mengambil gambar *microplate*. Kamera diarahkan ke *microplate 96 well*, pastikan seluruh *microplate* terlihat jelas pada layar *smartphone*, dan pastikan kamera terfokus pada *microplate* sehingga gambarnya jelas. Dengan demikian, aplikasi *Spotxel* dapat memproses gambar dan menganalisis hasil berdasarkan assay setup yang telah diatur sebelumnya, sehingga dapat memperoleh hasil analisis yang akurat dan tepat.

- d. Data analisis akan muncul dalam bentuk signal dan konsentrasi, data disimpan dalam bentuk file csv.

Row	Col.	Na...	Signal	Conc. ...	Notes
C	9		22.57		
C	10		21.55		
C	11		22.27		
C	12		22		
B	1		20.63		
B	2		20.8		
B	3		21.31		
B	4		22.05		
B	5		22.25		
B	6		22.12		
B	7		21.9		
B	8		21.35		
B	9		22.64		
B	10		22.12		
B	11		22.4		
B	12		20.87		
A	1		2.33		
A	2		13.48		
A	3		19.33		
A	4		27.13		
A	5		30.57		
A	6		34.51		
A	7		22.34		
A	8		21.73		
A	9		21.76		
A	10		21.57		
A	11		21.83		
A	12		20.54		

Gambar 6 Data yang diperoleh pada aplikasi *spotxel*

Setelah proses analisis selesai, data hasil analisis akan muncul dalam bentuk signal dan konsentrasi pada aplikasi *Spotxel Reader*. Data signal ini merupakan hasil pengukuran langsung dari *microplate*, sedangkan konsentrasi merupakan hasil perhitungan berdasarkan kurva standar yang telah diatur sebelumnya. Data ini dapat disimpan dalam bentuk file CSV (*Comma Separated Values*) yang dapat dibuka dan diolah lebih lanjut menggunakan perangkat lunak *spreadsheet* seperti *Microsoft Excel*. Dengan demikian, dapat dilakukan analisis lanjutan, membuat grafik, dan membanding

kan hasil analisa dengan lebih mudah dan fleksibel.

3.3.4. Validasi Metode Kolorimetri Berbasis *Smartphone*

3.3.4.1. Linearitas

Linearitas ditentukan dengan membuat kurva kalibrasi blanko dan larutan standar asam askorbat dengan variasi konsentrasi 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm, dan 100 ppm. Data absorbansi dan konsentrasi standar asam askorbat diplot regresi linear untuk mendapatkan persamaan regresi linear dan nilai koefisien determinasi (R^2).

3.3.4.2. Presisi

Pada penentuan presisi digunakan larutan standar asam askorbat konsentrasi 60 ppm sebanyak 6 replikat standar. Setelah itu nilai absorbansi (signal) yang terukur diolah menjadi data konsentrasi menggunakan persamaan regresi linear. Data tersebut dihitung rata-rata, standar deviasi (SD), dan % standar deviasi relative (%RSD) dengan rumus $RSD = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\%$.

3.3.4.3. Akurasi

Pada penentuan akurasi digunakan larutan standar asam askorbat konsentrasi 60 ppm sebanyak 6 replikat standar. Setelah itu nilai absorbansi (signal) yang terukur diolah menjadi data konsentrasi menggunakan persamaan regresi linear. Data tersebut dihitung rata-rata konsentrasi terukur dan dibandingkan dengan konsentrasi sesungguhnya untuk mengetahui %error dengan tingkat kepercayaan 95% menggunakan rumus $\bar{x} \pm t_{n-1} s / \sqrt{n}$.

3.3.4.4. Limit Deteksi (LoD) dan Limit Kuantifikasi (LoQ)

Pada penentuan LoD dan LoQ digunakan larutan standar asam askorbat konsentrasi 60 ppm sebanyak 6 replikat standar. Setelah itu nilai absorbansi (signal) yang terukur diolah menjadi data konsentrasi menggunakan rumus: $S = \pi \times (d/2)^2$. Kemudian dihitung standar deviasi, LoD ($3 \times SD$), dan LoQ ($10 \times SD$).

3.3.4.5. Uji Antioksidan Pada Ekstrak Teh Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis Metode FRAP

Uji antioksidan dilakukan terhadap larutan standar dan larutan uji ekstrak teh sebanyak 0,15 ml dan masing-masing dimasukkan tabung reaksi. Kemudian, ditambahkan sebanyak 2,85 ml reagen FRAP. Setelah itu, tabung reaksi dihomogenkan dan diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang. Untuk mendapatkan data panjang gelombang maksimum (λ_{maks}) dilakukan *scanning* panjang gelombang terhadap salah satu larutan standar asam askorbat (80 ppm) dari panjang gelombang 500-750 nm. Data panjang gelombang maksimum yang diperoleh digunakan untuk pengukuran uji antioksidan pada standar dan sampel ekstrak teh. Untuk uji antioksidan metode FRAP diukur absorbansi standar dan sampel pada panjang gelombang maksimum 605 nm.

3.3.4.6. Perbandingan Uji Antioksidan Menggunakan Kolorimetri Berbasis Smartphone dan Spektrofotometri UV-Vis

Hasil yang diperoleh dari uji antioksidan ekstrak teh menggunakan kolorimetri berbasis smartphone dan spektrofotometri UV-Vis dilakukan tes signifikansi terhadap nilai mean dan standar deviasi. Nilai rata-rata (mean) diuji menggunakan uji t dan standar deviasi kedua metode diuji dengan uji F

Uji t dilakukan dengan membandingkan t hitung dengan t tabel, dengan rumus t

hitung: $t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$ uji dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95%.

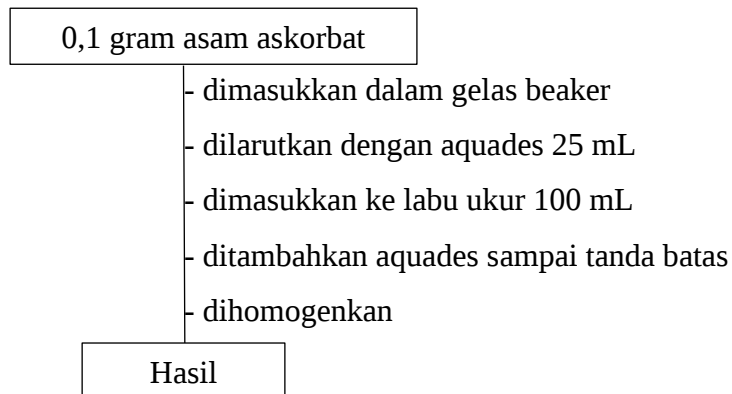
Uji F dilakukan dengan membandingkan F hitung dengan F tabel, dengan rumus F

hitung: $F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$ uji dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95%.

3.4 Diagram Alir

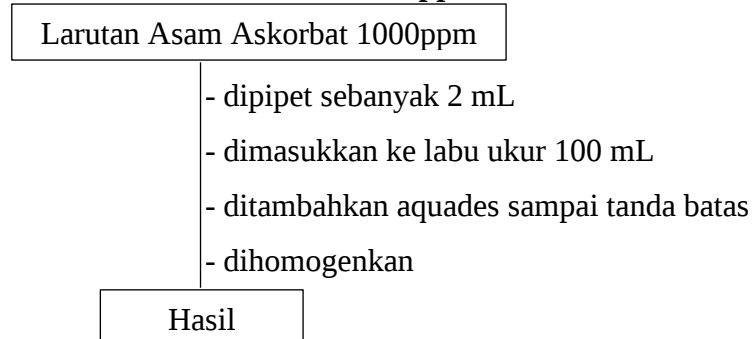
3.4.1 Pembuatan Larutan Standar Asam Askorbat

3.4.1.1 Pembuatan Larutan Induk

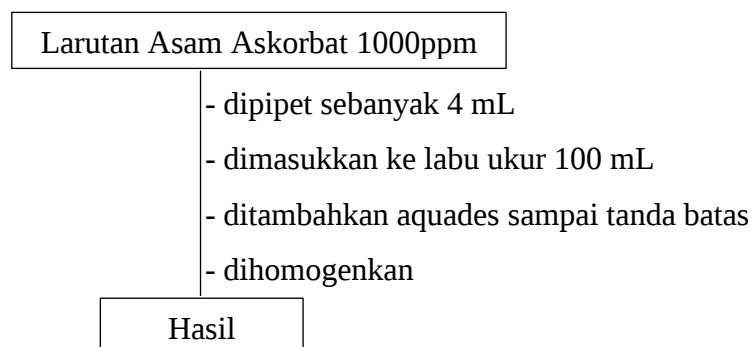


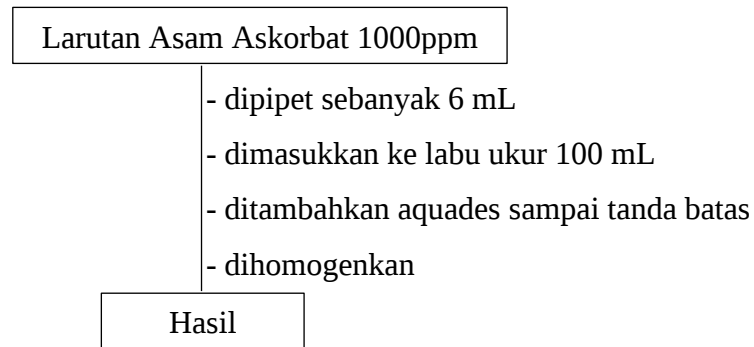
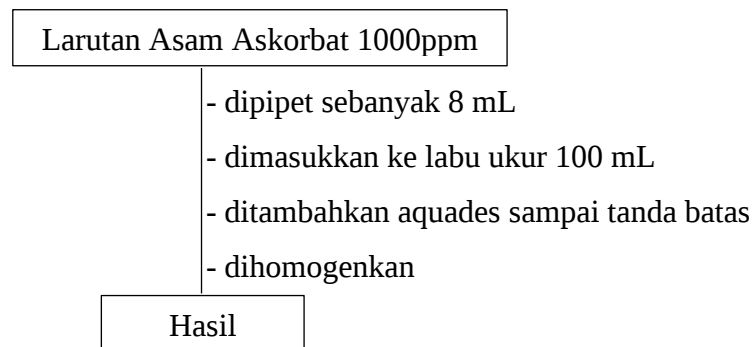
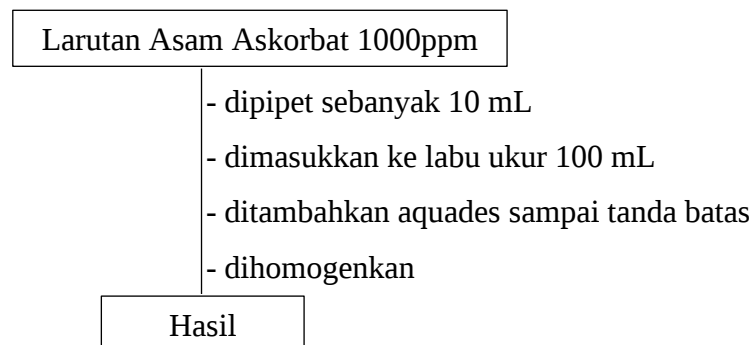
3.4.1.2 Pembuatan Larutan Kerja

1. Larutan Asam Askorbat 20 ppm

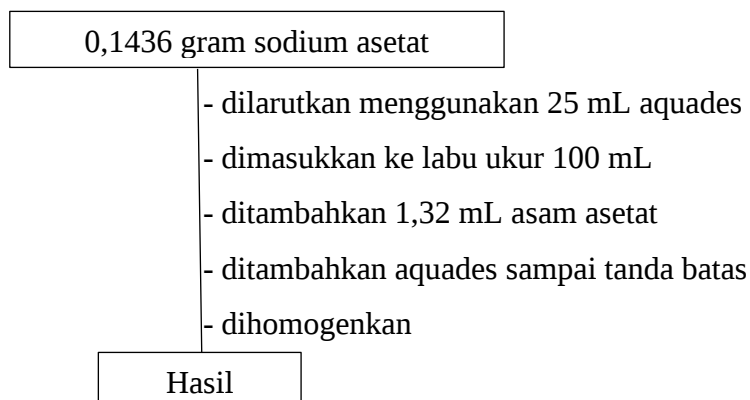


2. Larutan Asam Askorbat 40 ppm

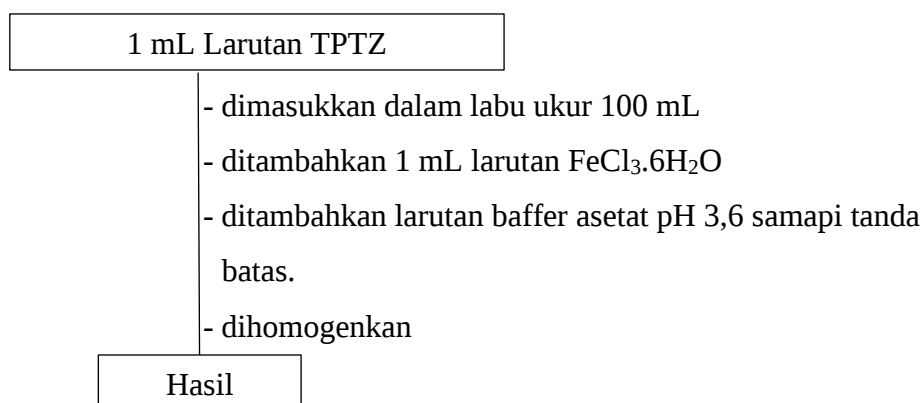


3. Larutan Asam Askorbat 60 ppm**4. Larutan Asam Askorbat 80 ppm****5. Larutan Asam Askorbat 100 ppm**

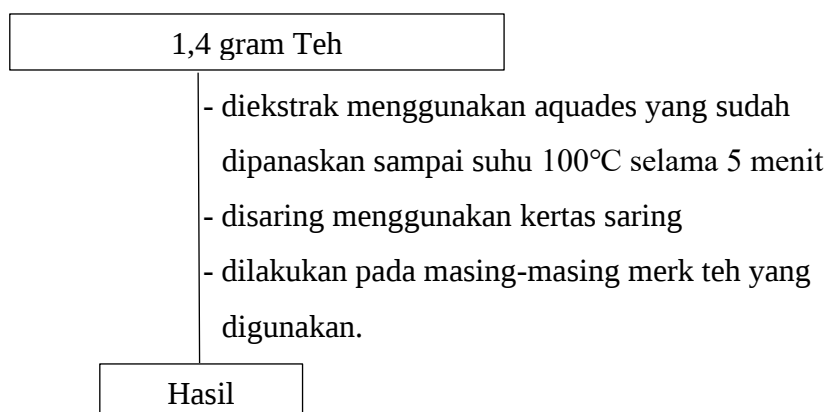
3.4.2. Pembuatan Larutan Buffer Asetat pH 3,6



3.4.3. Pembuatan Larutan FRAP

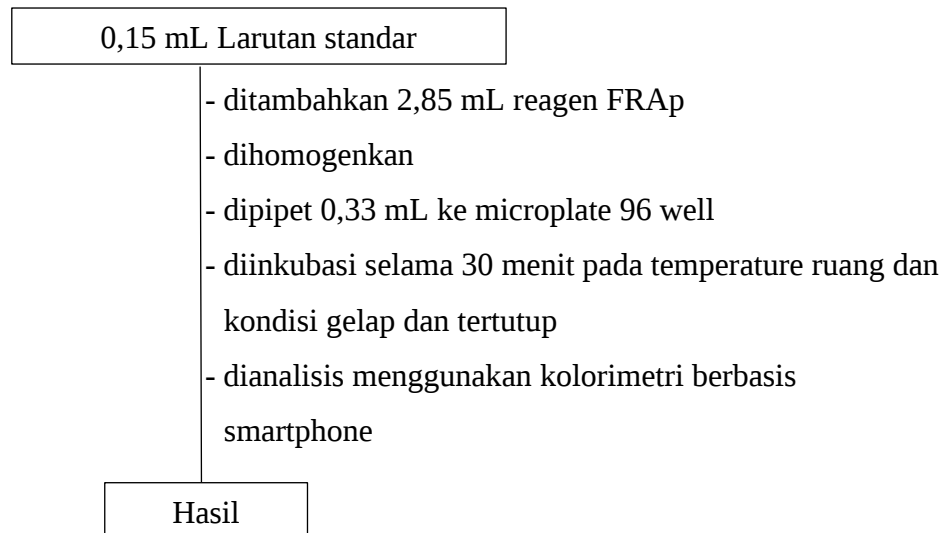


3.4.4. Pembuatan Ekstrak Teh

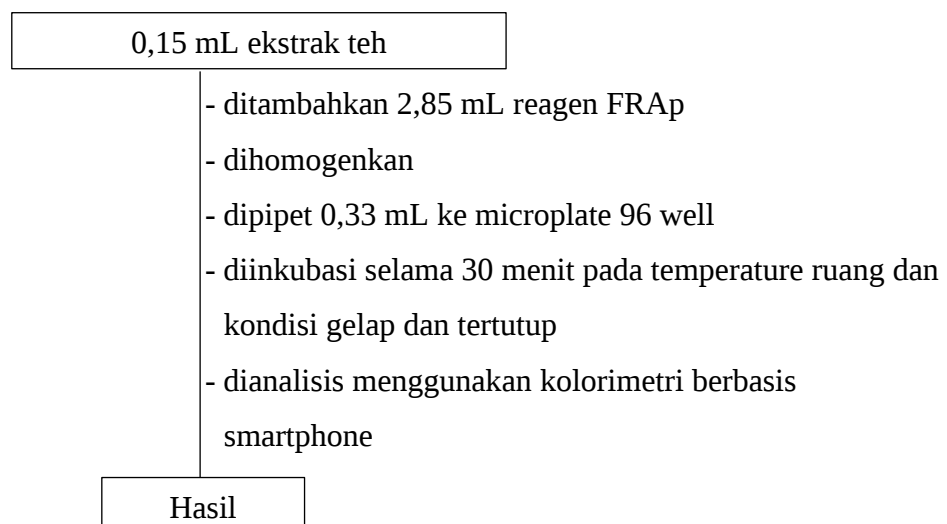


3.4.5. Uji Antioksidan Ekstrak Teh Menggunakan Kolorimetri Berbasis *Smartphone*

a. Larutan Standar Asam Askobat



b. Ekstrak Teh



5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Kolometri berbasis *smartphone* menunjukkan hasil yang baik sehingga dapat digunakan untuk analisis uji antioksidan ekstrak teh menggunakan metode *Ferric Reducing Antioxidant Power* (FRAP).
2. Validasi metode menunjukkan bahwa parameter linieritas menghasilkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9996; presisi %RSD 0,056%; akurasi memiliki %Error relative 1,0%, LoD 0,102, dan LoQ 0,34.
3. Hasil uji T menunjukkan t -hitung (1,562) < t -tabel (4,300), sehingga tidak ada perbedaan signifikan antara mean antara metode antioksidan menggunakan kolorimetri berbasis *smartphone* dan spektrofotometri UV-Vis. Sedangkan hasil uji F menunjukkan F -hitung (1,740) < F -tabel (19), sehingga tidak ada perbedaan signifikan antara varians kedua metode.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini, disarankan agar penelitian selanjutnya menggunakan kolorimetri berbasis *smartphone* dapat dikembangkan untuk uji kuantitatif lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Nidawi, A. A., dan Alshana, A. M. 2021. Evaluation of Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Herbal Plant Extracts Using Spectrophotometric Methods. *Journal of Herbal Medicine*. 27(100404).
- Bazani, E. J. O. *et al.* 2021. Smartphone Application for Total Phenols Content and Antioxidant Determination in Tomato, Strawberry, and Coffe Employing Digital Imaging. *Food Analytical Method*. 14(4). 631-640.
- Benzie, I. F dan Strain. J. J. 1996. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of Antioxidant Power. *Purchase Research Article*. 239(1). 70-76.
- Caleb, J. *et al.* 2021. Smartphone digital image colorimetry combined with solidification of floating organic drop-dispersive liquid-liquid microextraction for the determination of iodate in table salt. *Food Chmistry*. 336(127708).
- Carames, E. T. S. *et al.* 2020. Near infrared spectroscopy and smartphone based imaging as fast alternatives for the evaluation of the bioactive potential of freeze-dried acai. *Food Research International*. 140, 109792.
- Devitria, R. 2020. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Daun Ciplukan Menggunakan Metode 2,2-Diphenyl 1- Picrylhydrazyl (DPPH). *Jurnal Penelitian Farmasi Indonesia*, 9(1):31–36
- Emea. 1995. *ICH Topic Q2 (R1) Validation of Analytical Procedures: Text and Methodology*. European Medicines Agency

Eurachem Working Group. 1998. *Eurachem Guide: The Fitness for Purpose of Analytical Methods – A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics*. Eurachem. Teddington.

Firdaus, M. L. et al. 2019. Smartphone Coupled with a Paper-Based Colorimetric Device for Sensitive and Portable Mercury Ion sensing. *Chemosensors*. 7(2).

Fitriana, Wiwit, D., Sri, F., dan Taslim, E. 2015. Uji Aktivitas Antioksidan Terhadap DPPH Dan ABTS Dari Fraksi-Fraksi. *Snips*. 657–660.

Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. C. (2015). *Free Radicals in Biology and Medicine*. Oxford University Press.

Halvorsen, B.I. et al. 2002. A Systematic Screening of Total Antioxidants in Dietary Plants'. *The Journal of Nutrition*. 134(3). 461-471.

Hasan, D.A., dan Fernanda, H.F. 2022. Perbedaan Kandungan Asam Askorbat Buah Nanas dan Keripik Nanas yang Beredar di Pasar Wonokusumo Menggunakan Metode Spektrofotometri Ultra Violet. *Borneo Journal of Pharmascientech*. 06(02).

Ilyas, F.M., Dwijayanri, E., Bariun, H. 2023. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Kembang Telang (*Clitoria ternatea* L.) dengan Metode Frap. *Journal of Chemical Science*. 5(1). 1-8.

Kristanoko, H., Kusnandar, F., dan Herawati, D. 2021. Analisis Warna Berbasis Smartphone Android dan Aplikasinya dalam Pendugaan Umur Simpan Konsentrat Apel. *Jurnal agriTECH*. 41(3). 211-219.

Kumar, A., & Gupta, S. (2020). Colorimetric analysis using smartphones for monitoring environmental parameters. *Journal of Environmental Management*. 2(60). 110-143.

Lee, J., & Shin, H. (2021). Smartphone-based colorimetric detection of analytes in aqueous samples. *Analytical Chemistry*. 93(5). 2412-2420.

Maesaroh, K., Dikdik, K., dan Jamaludin, A. 2018. Perbandingan Metode Uji Aktivitas Antioksidan DPPH, FRAP Dan FIC terhadap Asam Askorbat, Asam Galat dan Kuersetin. *Chimica et Natura Acta*. 6(2):93–102.

- Maryam, -S., Pratama, -R., Effendi, -N., Naid, T. 2021. Analisis aktivitas antioksidan ekstrak etanolik daun yodium (*Jatropha Multifida* L.) dengan metode cupric ion reducing antioxidant capacity (Cuprac). *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*. 2(1), 90–93.
- Miller, J.N. and Miller, J.C. 2010. *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry*. Pearson Education Limited. England.
- Munteanu, I.G. and Constantin, A. 2021. Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity. *International Journal of Molecular Sciences*. 22(7):3380–3390.
- Ngibad, K. 2023. Aktivitas Antioksidan, Kadar Fenolik, dan Kadar Flavonoid Total Daun Jati Cina (*Senna Alexandrinna*). *Lantanida Journal*. 11(1).
- Parwata, M.O. A. 2016. *Antioksidan Kimia Terapan Program Pascasarjana Universitas Udayana*. Unud. Denpasar.
- Purwanti, L., Dasuki, U.A., dan Imawan, A.R. 2020. Perbandingan Aktivitas Antioksidan dari Seduhan E Merk Teh Hitam (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze Dengan Metode Seduhan Berdasarkan SNI 01-1902-1995. *Jurnal Ilmiah Farmasi Farmasyifa*. 2(1). 19-25
- Qin, N. et al. 2023. Promosing Instrument-Free Detection of Varios Analytes Using Smartphone with Spotxel Reader. *Analytical Sciences*. 39. 139-148
- Santi, S. dan Sisilia, T.R.D. 2019. Penentuan Aktivitas Antioksidan Secara In Vitro Dari Ekstrak Etanol Propolis Dengan Metode DPPH. *Media Farmasi*.
- Santos, S. D. C., et al. 2021. Colorimetric determination of iron content in pharmaceutical formulations using a smartphone camera associated with color measurement applications. *Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia*. 13. 197-207.
- Suhartati, T. 2017. *Dasar-dasar spektrofotometri UV-Vis dan spektrometri massa untuk penentuan struktur senyawa organik*. Cv anugerah pratama raharja: Bandar Lampung. 1-17.

- Theafelicia, Z., dan Wulan, S. N. 2023. Perbandingan berbagai metode pengujian aktivitas antioksidan (DPPH, ABTS dan FRAP) pada teh hitam (*Camellia sinensis*). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 24(1), 35-44.
- Thongsuk, P., dan Sameenoi, Y. 2022. Colorimetric Determination of Radical Scavenging Activity of Antioxidants Using Fe₃O₄ Magnetic Nanoparticles. *Arabian Journal of Chemistry*. 15(12).
- Wulandari, D.a., dan Yulkifli. 2018. Studi Awal Rancang Bangun Colorimeter Sebagai Pendeteksi pada Pewarna Makanan Menggunakan Sensor Photodiode. *Jurnal Pillar of Physics*. 11(2). 81-87.
- Zhang, X., & Chen, L. 2022. Advancements in mobile colorimetric sensors: A new era of portable analysis. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 3(54). 131-134.