



**PENGEMBANGAN SENSOR ANTIOKSIDAN BERBASIS PLASTIK  
UNTUK EKSTRAK HERBAL**

**SKRIPSI**

Oleh:

**Kiki Nur Anggiani**

**NIM 162210101005**

**BAGIAN KIMIA  
FAKULTAS FARMASI  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2020**



**PENGEMBANGAN SENSOR ANTIOKSIDAN BERBASIS PLASTIK  
UNTUK EKSTRAK HERBAL**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Farmasi dan mencapai gelar Sarjana Farmasi

Oleh:

**Kiki Nur Anggiani**

**NIM 162210101005**

**BAGIAN KIMIA  
FAKULTAS FARMASI  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2020**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT. Yang memberi saya kesempatan, nikmat, petunjuk, dan rahmat-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini;
2. Nabi Muhammad SAW. sebagai panutan terbesar dalam hidup saya;
3. Ayah Suprianto, Ibu Siti Nasikah, dan Adik Raysa Arumbi Candramaya, serta anggota keluarga besar yang telah memberi saya doa dan dukungan tiada henti;
4. Guru dan dosen yang telah memberikan ilmu dan membimbing saya selama ini;
5. Almater Fakultas Farmasi Universitas Jember.

**MOTO**

Cobalah untuk tidak menjadi orang sukses, melainkan mencoba menjadi orang yang berharga.

(Albert Einstein)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Kiki Nur Anggiani

NIM : 162210101005

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengembangan Sensor Antioksidan Berbasis Plastik untuk Ekstrak Herbal” adalah benar-benar hasil karya sendiri, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 4 Juli 2020

Yang menyatakan,

(Kiki Nur Anggiani)

NIM 162210101005

**SKRIPSI**

**PENGEMBANGAN SENSOR ANTIOKSIDAN BERBASIS PLASTIK  
UNTUK EKSTRAK HERBAL**

Oleh:

**Kiki Nur Anggiani**

**NIM 162210101005**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M.Sc., PhD.

Dosen Pembimbing Anggota : Dwi Koko Pratoko, S. Farm., M.Sc., Apt.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Pengembangan Sensor Antioksidan Berbasis Plastik untuk Ekstrak Herbal” telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal :

tempat :

Tim Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M.Sc., PhD.  
NIP. 196902011994031002

apt. Dwi Koko Pratoko, S. Farm., M.Sc.  
NIP. 198504282009121004

Tim Penguji :

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

apt. Nia Kristiningrum, S. Farm., M. Farm.  
NIP. 198204062006042001

apt. Mochammad Amrun Hidayat, S.Si., M.  
Farm.  
NIP. 197801262001121004

## RINGKASAN

**Pengembangan Sensor Antioksidan Berbasis Plastik untuk Ekstrak Herbal;**  
Kiki Nur Anggiani; 162210101005; 2020; 109 Halaman; Fakultas Farmasi  
Universitas Jember.

Radikal bebas adalah suatu atom, gugus, senyawa atau molekul yang tidak memiliki elektron bebas pada orbital terluar. Radikal bebas dapat mencari pasangan elektronnya dan membentuk ikatan kovalen sehingga memungkinkan suatu radikal bebas bereaksi dengan radikal bebas lainnya secara berantai dan menghasilkan bentuk radikal bebas baru. Reaksi berantai dapat menimbulkan berbagai gangguan yang berbahaya bagi tubuh (Yuslianti, 2018). Berbagai gangguan tubuh yang akan terjadi karena radikal bebas ialah terjadinya gangguan fungsi sel, berubahnya struktur sel, terbentuknya molekul yang termodifikasi sehingga tidak terdeteksi oleh sel imun, dan terjadinya mutase (Winarsih, 2007). Gangguan tersebut dapat dicegah dengan adanya kandungan antioksidan. (Winarsih, 2007; Yuslianti, 2018). Upaya dalam pencarian senyawa antioksidan alami, maka perlu dilakukan pengujian aktivitas antioksidan pada tanaman yang berkhasiat obat. Pendekatan lain yang dikembangkan untuk menentukan aktivitas antioksidan adalah dengan menggunakan sensor kimia. Sensor ini memiliki beberapa kelebihan yaitu alat yang sederhana, mudah, dan preparasi yang cukup mudah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sensor antioksidan dengan imobilisasi reagen DPPH pada zona mikro plastik polipropilen yang dapat menjadi salah satu metode alternatif deteksi kandungan antioksidan dari sampel ekstrak. Metode ini diharapkan aplikasinya lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan metode yang umum digunakan salah satunya spektrofotometri UV-Vis. Optimasi dilakukan untuk menentukan kondisi optimal pada sensor antioksidan dengan matriks pendukung plastik polipropilen. Berdasarkan hasil optimasi yang telah dilakukan, didapatkan volume reagen yang diimobilisasikan sebesar 14  $\mu$ L pada zona mikro, volume sampel 10  $\mu$ L, konsentrasi reagen DPPH yang digunakan 275 ppm, dan analisis menggunakan aplikasi *ImageJ* warna *green*.



Karakteristik sensor antioksidan dengan matriks pendukung plastik polipropilen terhadap standar asam galat meliputi: waktu respon yang digunakan untuk analisis pada menit ke-1, linieritas terletak pada konsentrasi 5 ppm sampai 18 ppm dengan koefisien korelasi ( $r$ ) 0,998248. Batas deteksi yang diperoleh sebesar batas deteksi (LOD) sebesar 0,998 ppm GAE dan batas kuantitasi (LOQ) sebesar 3,227 ppm GAE. Penentuan presisi dilakukan dengan menghitung standar deviasi relatif (RSD) yang didapatkan sebesar kurang dari 7,3 % Persen *recovery* aktivitas antioksidan yang memenuhi rentang, yaitu 80-110 % dan simpangan *recovery* yang diperoleh kurang dari 7,3%. Sensor antioksidan dengan matriks pendukung plastik polipropilen ini diketahui stabil selama 2 hari pada suhu penyimpanan 2-4° C dan pada suhu kamar selama 50 menit. Sensor ini dapat digunakan untuk mengukur kapasitas antioksidan pada sampel ekstrak metanol daun jati belanda (*Guazuma ulmifolia* (JB)), daun adas (*Foeniculum vulgare* (AP)), daun tempuyung (*Sonchus arvensis* (T)), daun kepel (*Stelechocarpus burahol* (K)), daun pegagan (*Centella asiatica* (P)), kumis kucing (*Orthosiphon stamineus* (KK)), daun seledri (*Apium graveolens* (S)), daun meniran (*Phyllanthus niruri* (M)), jahe (*Zingiber officinale* (J)) dan daun teh hijau (*Camellia sinensis* (TH)) yang diperoleh dari Materia Medika Batu. Hasil pengukuran tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ketika dibandingkan dengan metode spektrofotometri UV-Vis.

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan ridho-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengembangan Sensor Antioksidan Berbasis Plastik untuk Ekstrak Herbal”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tentunya tidak lepas dari bantuan berbagai pihak baik secara lisan maupun tulisan, maka penulis berterima kasih kepada :

1. Allah SWT. Yang telah memberikan nikmatya dan kesempatan luar biasa kepada penulis hingga skripsi ini selesai;
2. Ibu apt. Lestyo Wulandari, S.Si., M. Farm. selaku Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember;
3. Bapak Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M. Sc., PhD. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberi semangat selama penulis menempuh S1 Farmasi;
4. Bapak Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M. Sc., PhD. dan Bapak apt. Dwi Koko Pratoko, S. Farm., M.Sc. selaku dosen pembimbing utama dan anggota yang telah memberikan bimbingan serta arahan sehingga skripsi ini dapat tersusun dengan baik;
5. Ibu apt. Nia Kristiningrum, S. Farm., M. Farm. dan Bapak apt. Mochammad Amrun Hidayat, S. Si. M. Farm. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan kritik dan saran yang membangun dalam penulisan skripsi ini;
6. Seluruh dosen Fakultas Farmasi Universitas Jember yang telah memberi ilmu, pengalaman, dan motivasi penulis;
7. Ayah Suprianto, Ibu Siti Nasikah, Adik Raysa Arumbi Candramaya, serta keluarga besar, terimakasih atas doa dan semangat serta motivasi demi kelancaran dan keberhasilan dalam menempuh studi di Fakultas Farmasi Universitas Jember;

8. Ibu Wayan dan Ibu Hani yang telah membantu penulis saat melakukan penelitian di Laboratorium;
9. Teman Milka, Junita, dan Kris Nugraheni yang selalu memberikan bantuan, support, dan penyamangat dan bantuan selama pengerjaan skripsi ini;
10. Rekan satu Lab. penelitian sensor Akbar, Vinda, Indri, Dayu, Rahma, Silka, dan Eka yang telah banyak bekerja sama dalam menyusun dan menyelesaikan skripsi ini;
11. Teman-teman Fakultas Farmasi Angkatan 2016 yang selalu memberikan semangat dalam penyusunan skripsi ini;
12. Semua pihak yang telah berperan membantu menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih ada kelemahan dan kekurangan baik dalam segi materi maupun teknik penulisan skripsi ini. Peneliti sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca agar skripsi ini menjadi lebih baik.

Jember, 4 Juli 2020

Kiki Nur Anggiani

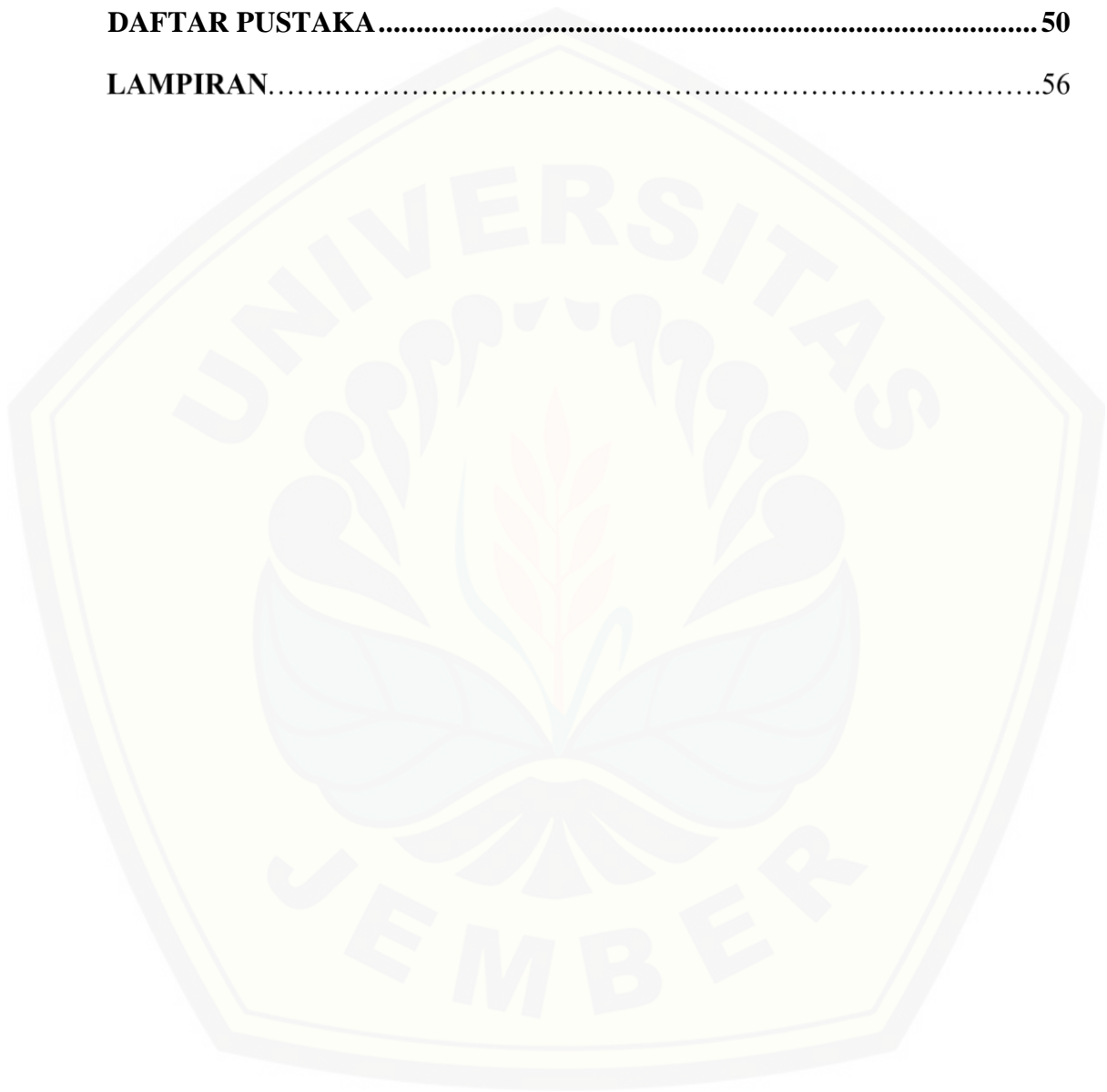
**DAFTAR ISI**

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN_MOTO.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN_PERNYATAAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN_PEMBIMBINGAN .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN_PENGESAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>PRAKATA.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Manfaat Penelitian .....</b>	<b>4</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Tinjauan tentang Antioksidan .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Tinjauan Penentuan Aktivitas Antioksidan .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Tinjauan Metode Kolorimetri.....</b>	<b>11</b>

2.4	<b>Tinjauan Sensor Kimia</b> .....	11
2.4.1	Imobilisasi Sensor Kimia.....	12
2.4.2	Karakterisasi sensor .....	14
2.5	<b>Tinjauan Ekstrak Herbal</b> .....	15
<b>BAB 3.</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>18</b>
3.1	<b>Jenis Penelitian</b> .....	<b>18</b>
3.2	<b>Waktu dan Tempat Penelitian</b> .....	<b>18</b>
3.3	<b>Definisi Operasional</b> .....	<b>18</b>
3.4	<b>Diagram Alur Penelitian</b> .....	<b>19</b>
3.5	<b>Alat dan Bahan</b> .....	<b>20</b>
3.5.1	Alat .....	20
3.5.2	Bahan.....	20
3.6	<b>Prosedur Kerja</b> .....	<b>20</b>
3.6.1	Preparasi Larutan Induk Asam Galat.....	20
3.6.2	Preparasi Larutan Standar Asam Galat.....	21
3.6.3	Preparasi Larutan DPPH .....	21
3.6.4	Pembuatan Kurva Baku Asam Galat .....	21
3.6.5	Pembentukan Zona Mikro Berbasis Plastik .....	22
3.6.6	Preparasi Sampel .....	22
3.6.7	Prosedur Pengukuran Intensitas .....	22
3.7	<b>Optimasi Sensor</b> .....	<b>23</b>
3.7.1	Optimasi Volume Zona Deteksi Pada Sensor .....	23
3.7.2	Optimasi Volume Sampel .....	23
3.7.3	Penentuan Warna pada Aplikasi <i>ImageJ</i> untuk Pengukuran Aktivitas Antioksidan.....	23

3.7.4 Optimasi reagen DPPH.....	24
<b>3.8 Karakterisasi Sensor .....</b>	<b>24</b>
3.8.1 Waktu respon.....	24
3.8.2 Linieritas .....	25
3.8.3 Batas Deteksi dan Batas Kuantitasi .....	25
3.8.4 Presisi.....	25
3.8.5 Akurasi .....	25
3.8.6 Penentuan Waktu Pakai .....	26
<b>3.9 Aplikasi Sensor .....</b>	<b>26</b>
<b>3.10 Perbandingan Hasil Sensor dengan Spektrofotometri UV-Vis .</b>	<b>27</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1 Fabrikasi Sensor.....</b>	<b>27</b>
<b>4.2 Optimasi Sensor.....</b>	<b>28</b>
4.2.1 Optimasi Volume Reagen DPPH.....	28
4.2.2 Optimasi Volume Sampel .....	30
4.2.3 Penentuan Warna pada Aplikasi <i>ImageJ</i> untuk Pengukuran Aktivitas Antioksidan.....	31
4.2.4 Optimasi Konsentrasi Reagen DPPH .....	33
<b>4.3 Karakterisasi Sensor .....</b>	<b>34</b>
4.3.1 Waktu respon.....	34
4.3.2 Linieritas .....	36
4.3.3 Batas Deteksi dan Batas Kuantitasi .....	37
4.3.4 Presisi.....	38
4.3.5 Akurasi .....	39
4.3.6 Waktu Pakai .....	40

<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>48</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>47</b>
<b>5.2 Saran.....</b>	<b>48</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>50</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>56</b>



**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1	Persamaan reaksi DPPH ( <i>2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl</i> ) dengan antioksidan. (Sumber : Irvibulkovit, Ouanthavong, & Ameenoi, 2018) .....	10
Gambar 2.2	Metode Imobilisasi Adsorpsi (Kuswandi, 2010) .....	12
Gambar 2.3	Model Imobilisasi Entrapment (Kuswandi, 2010).....	13
Gambar 2.4	Model Imobilisasi Ikatan kovalen (Kuswandi, 2010).....	13
Gambar 3.1	Bentuk basis Sensor antioksidan.....	22
Gambar 4.1	Fabrikasi Sensor Aktivitas Antioksidan Berbasis Plastik Polipropilen (a) Sebelum dan (b) Sesudah Ditambahkan Reagen DPPH .....	29
Gambar 4.2	Hasil Kurva Linieritas Pengukuran dengan Warna <i>Red</i> .....	31
Gambar 4.3	Hasil Kurva Linieritas dengan Pengukuran Warna <i>Green</i> .....	32
Gambar 4.4	Hasil Kurva Linieritas dengan Pengukuran Warna <i>Blue</i> .....	32
Gambar 4.5	Hasil Kurva Linieritas dengan Pengukuran Warna <i>Mean RGB</i> ..	32
Gambar 4.6	Kurva Optimasi Reagen DPPH 275 ppm.....	33
Gambar 4.7	Kurva Optimasi Reagen DPPH 300 ppm.....	33
Gambar 4.8	Kurva Optimasi Konsentrasi DPPH 325 ppm.....	34
Gambar 4.9	Kurva Waktu Respon .....	35
Gambar 4.10	Kurva Linieritas Pada Waktu Respon Menit ke-1 .....	35
Gambar 4.11	Kurva Linieritas Pada Waktu Respon Menit ke-20 .....	36
Gambar 4.12	Kurva Kalibrasi Linieritas Pada Sensor Aktivitas Antioksidan Berbasis Plastik Polipropilen.....	37
Gambar 4.13	Persen Kenaikan Nilai Mean Green Pada Penyimpanan Suhu Kamar.....	41



- Gambar 4.14 Persen Kenaikan Nilai Mean Green Pada Penyimpanan Suhu 2<sup>o</sup>  
C - 4<sup>o</sup> C.....41
- Gambar 4.15 Kurva Kalibrasi Linieritas Pada Sprektrofotometri UV-Vis ..... 45



**DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1	Hasil Scan Optimasi Volume Reagen DPPH 275 ppm.....	29
Tabel 4.2	Hasil Scan Optimasi Volume Sampel.....	30
Tabel 4.3	Hasil Pengukuran Nilai <i>Mean Green</i> Untuk Uji Linieritas.....	37
Tabel 4.4	Hasil Pengukuran Nilai Presisi Sampel dalam ppm GAE.....	39
Tabel 4.5	Hasil Pengukuran Nilai Akurasi Pada Asam Galat dan Ekstrak metanol Adas Putih 1% .....	40
Tabel 4.6	Waktu Pakai Sensor Antioksidan Berbasis Plastik Polipropilen dalam Kamar.....	77
Tabel 4.7	Waktu Pakai Sensor Aktivitas Antioksidan Berbasis Plastik Polipropilen pada suhu lemari es (2-4 <sup>o</sup> C).....	77
Tabel 4.8	Data Kandungan Antioksidan Sampel Menggunakan Sensor.....	44
Tabel 4.9	Data Kurva Kalibrasi Pada Spektrofotometri UV-Vis.....	45
Tabel 4.10	Data Kandungan Aktivitas Antioksidan Sampel Dengan Spektrofotometri UV-Vis.....	46
Tabel 4.11	Perbandingan Hasil Analisis Sensor dengan Sptrofotometri UV-Vis.....	47

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 4.1	Penentuan RGB yang Digunakan.....	56
Lampiran 4.2	Optimasi Konsentrasi reagen DPPH.....	60
Lampiran 4.3	Penentuan Waktu Respon.....	63
Lampiran 4.4	Linieritas .....	67
Lampiran 4.5	LOD dan LOQ.....	69
Lampiran 4.6	Presisi .....	70
Lampiran 4.7	Akurasi .....	71
Lampiran 4.8	Waktu Pakai.....	77
Lampiran 4.9	Pengukuran Sampel dengan Sensor Aktivitas Antioksidan Berbasis Plastik Polipropilen.....	78
Lampiran 4.10	Kurva Kalibrasi Standar Asam Galat dengan Spektrofotometri UV-Vis.....	80
Lampiran 4.11	Pengukuran Sampel dengan Spektrofotometri Uv-Vis .....	83
Lampiran 4.12	Signifikasi Perbandingan Pengukuran Metode Sensor Aktivitas Antioksidan dengan Spektrofotometri UV-Vis.....	84
Lampiran 4.13	Kemasan dan Brosur Sensor.....	97

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Radikal bebas adalah suatu atom, gugus, senyawa atau molekul yang tidak memiliki elektron bebas pada orbital terluar. Radikal bebas dapat bereaksi dengan cepat dengan cara menyumbangkan satu elektronnya, atau mengambil satu elektron dari molekul lain yang bersifat non radikal. Molekul radikal bebas dapat bermuatan positif (kation), negatif (anion), atau tidak bermuatan, dan mampu bereaksi melalui proses oksidasi dan reduksi. Radikal bebas dapat mencari pasangan elektronnya dan membentuk ikatan kovalen sehingga memungkinkan suatu radikal bebas bereaksi dengan radikal bebas lainnya secara berantai dan menghasilkan bentuk radikal bebas baru. Jika reaksi berantai ini tidak dihentikan, maka dapat menimbulkan berbagai gangguan yang berbahaya bagi tubuh (Yuslianti, 2018).

Berbagai gangguan tubuh yang akan terjadi karena radikal bebas ialah terjadinya gangguan fungsi sel, berubahnya struktur sel, terbentuknya molekul yang termodifikasi sehingga tidak terdeteksi oleh sel imun, dan terjadinya mutasi. Akibat dari gangguan tersebut dapat memicu timbulnya berbagai penyakit seperti penyakit degeneratif, penyakit autoimun hingga penyakit kanker (Winarsih, 2007). Adanya kandungan antioksidan di dalam tubuh dapat memutuskan reaksi berantai radikal bebas sehingga meminimalisir risiko terjadinya penyakit tersebut (Winarsih, 2007; Yuslianti, 2018).

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat menginaktivasi reaksi oksidasi sehingga tidak terbentuk radikal di dalam tubuh (Winarsih, 2007). Penggunaan antioksidan dalam jumlah tertentu akan menurunkan resiko penyakit degeneratif seperti kardiovaskuler, kanker, aterosklerosis, osteoporosis, dan meningkatkan sistem imun didalam tubuh. Antioksidan dapat berasal dari berbagai sumber, salah satunya adalah dari tumbuh-tumbuhan. Tumbuh-tumbuhan memiliki kandungan senyawa tertentu yang dapat berperan sebagai agen antioksidan seperti  *$\alpha$ -tokoferol* (vitamin E) (Christijanti dan Utami, 2011), asam askorbat (vitamin C) (Rajagukguk dkk., 2014), senyawa fenolik atau polifenolik dari golongan flavonoid (Selawa

dkk., 2013), dan beta karoten (Gumolung, 2017). Senyawa-senyawa tersebut merupakan antioksidan golongan non enzimatis yang dapat mencegah reaksi berantai dari reaksi radikal bebas (Winarsih, 2007).

Senyawa yang berperan sebagai antioksidan dapat dideteksi melalui beberapa metode. Metode yang dapat digunakan ialah spektrofotometri FTIR (Warongan dkk., 2017), spektrofotometri UV-Vis (Bahriul dkk., 2014), dan Kromatografi Lapis Tipis (Oktaviani dkk., 2015). Metode spektrofotometri FTIR dilakukan pada daerah IR tengah (4000- 400  $\text{cm}^{-1}$ ) untuk mengetahui gugus fungsional suatu senyawa antioksidan (Warongan dkk., 2017). Pada metode kromatografi lapis tipis, noda hasil pemisahan KLT dilakukan pemeriksaan senyawa aktif antioksidan dengan menyemprotkan DPPH maka akan terjadi perubahan warna menjadi putih pucat (Oktaviani dkk., 2015). Analisis aktivitas antioksidan dalam metode spektrofotometri dapat menggunakan senyawa DPPH (*1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl*) (Karundeng dkk., 2019), CUPRAC (*Cupric Reducing Antioxidant Capacity*) (Maryam dkk., 2016), ABTS (Rudke dkk., 2019), ORAC (Badarinath dkk., 2014) dan reagen FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) (Selawa dkk., 2013). Metode spektrofotometri UV-Vis menggunakan prinsip pembacaan aktivitas antioksidan melalui absorbansi dari suatu reagen yang dapat bereaksi dengan senyawa antioksidan melalui panjang gelombang yang sesuai (Diachanty dkk., 2017). Metode tersebut memiliki beberapa kekurangan antara lain menggunakan instrument khusus yang mahal, membutuhkan bahan dan sampel yang banyak serta preparasi yang sulit. Kekurangan metode tersebut dapat diatasi dengan metode alternatif lain seperti sensor kimia.

Metode sensor kimia menggunakan alat yang sederhana, mudah, dan preparasi yang cukup mudah. Pada deteksi antioksidan, sensor menggunakan suatu bahan yang dapat memberikan respon adanya aktivitas senyawa antioksidan. Bahan tersebut dapat berupa enzim atau bahan kimia yang sesuai dan dapat memperlihatkan peredaman radikal bebas melalui alat tersebut agar dapat dapat memberikan informasi secara kuantitatif. Pengembangan sensor untuk mendeteksi antioksidan telah mengalami pembaruan meliputi basis, bahan, dan kondisi analisis sensor yang digunakan.

Bedasarkan penelitian sebelumnya, banyak penelitian yang menggunakan sensor berbasis DPPH untuk mendeteksi aktivitas antioksidan. Penggunaan sensor DPPH dapat digunakan dengan berbagai basis, antaranya lempeng KLT (Hua dkk., 2014), sumur mikro (*microwell plate*) (Hidayat dkk., 2017), Blister (Hidayat dkk., 2018), dan kertas laminasi (*paper-based lamination*) (Irivibulkovit dkk., 2018). Pada penelitian ini dilakukan deteksi antioksidan bahan alam menggunakan sensor DPPH dengan matriks pendukung plastik polipropilen.

Sensor aktivitas antioksidan ini merupakan pengembangan dari sensor antioksidan berbasis blister. Pemilihan matriks pendukung plastik polipropilen pada penelitian ini karena biaya yang murah, serta fabrikasinya yang mudah, dan sederhana. Pembuatan basis ini dengan dibentuknya sumuran berdiameter 7 mm dengan kedalaman 100 mikro. Pada sensor ini pengamatan perubahan warnanya juga mudah jika menggunakan mata telanjang. Penggunaan matriks pendukung plastik pada sensor dapat memperkecil volume reagen. Konsentrasi reagen DPPH yang digunakan pada sensor ini tidak terlalu tinggi, karena plastik polipropilen tidak menyerap reagen sehingga intensitas warnanya terjaga. Berdasarkan kelebihan tersebut, efektivitas dan kemudahan analisis kapasitas antioksidan dari bahan alam dapat ditingkatkan. Pada sensor ini, pengukuran kapasitas antioksidan melalui ekuivalensi peredaman DPPH dengan asam galat.

Penelitian ini ialah pengembangan sensor antioksidan matriks pendukung plastik polipropilen yang dimobilisasikan dengan reagen DPPH lalu ditambahkan sampel ekstrak cair sehingga terjadi perubahan warna dari ungu menjadi warna yang lebih pucat. Perubahan intensitas warna akan diukur menggunakan perangkat lunak *imageJ*. Pembuatan sensor ini diharapkan dapat mempermudah deteksi kapasitas antioksidan suatu sampel. Sampel yang digunakan pada penelitian adalah bahan alam berupa ekstrak metanol dari beberapa tanaman.

## 1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana kondisi optimal (volume reagen, volume sampel dan konsentrasi reagen) fabrikasi sensor antioksidan dengan reagen DPPH matriks pendukung plastik ?
- b. Bagaimana karakterisasi analisis (waktu respon, linieritas, batas deteksi, batas kuantitas, presisi, akurasi, dan waktu pakai) pada sensor antioksidan terhadap senyawa asam galat ?
- c. Bagaimana aplikasi sensor antioksidan matriks pendukung plastik pada penentuan antioksidan ekstrak tanaman obat dibandingkan metode spektrofotometri ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan kondisi optimal fabrikasi sensor antioksidan dalam penentuan antioksidan terhadap perubahan warna pada sensor antioksidan matriks pendukung plastik.
- b. Menentukan karakteristik analisis (waktu respon, linieritas, batas deteksi, batas kuantitas, presisi, akurasi, dan waktu pakai) sensor antioksidan untuk mendeteksi kapasitas antioksidan pada ekstrak tanaman obat.
- c. Membandingkan hasil penentuan kapasitas antioksidan menggunakan sensor matriks pendukung plastik polipropilen dengan metode spektrofotometri UV-Vis.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang dicapai pada penelitian ini diantaranya :

- a. Pengembangan teknologi sensor antioksidan matriks pendukung plastik polipropilen yang dapat digunakan dengan efektif dan efisien.
- b. Perbandingan analisis kapasitas antioksidan dengan metode sensor dan metode spektrofotometri UV-Vis.

- c. Memberikan data kapasitas antioksidan dari sampel ekstrak dari sensor dengan matriks pendukung plastik polipropilen secara mudah dan sederhana.
- d. Penelitian ini diharapkan menjadi dasar untuk penelitian yang lebih lanjut.





## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 1.1 Tinjauan tentang Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat memutuskan reaksi berantai dari radikal bebas. Antioksidan dapat menghentikan atau mencegah efek yang ditimbulkan dari reaksi radikal bebas. Efek dari radikal bebas ialah penyakit degeneratif, penyakit autoimun, atau penyakit kanker. Mekanisme kerja dari antioksidan yaitu menghambat oksidasi lemak radikal bebas. Tahap dalam oksidasi asam lemak ialah, inisiasi, propagasi, dan terminasi. Radikal asam lemak akan terbentuk pada tahap inisiasi. Pada saat tersebut antioksidan bereaksi dengan radikal asam lemak (Yuslianti, 2018).

Mekanisme kerja dari antioksidan bervariasi tetapi kemampuan antioksidan dalam menghambat radikal bebas dapat ditingkatkan dengan menggabungkan beberapa senyawa antioksidan yang memiliki cara kerja yang berbeda. Antioksidan dapat menghambat reaksi radikal bebas didalam tubuh dengan melalui berbagai cara seperti penghilangan senyawa oksigen reaktif, pembersihan ion logam katalitik, penghilangan radikal bebas yang sebagai inisiator, pemutusan rantai reaksi yang diinisiasi oleh radikal bebas, dan pembersih reaksi oksigen siglet. Antioksidan endogen berasal dari dalam tubuh makhluk hidup sendiri (Yuslianti, 2018). Antioksidan mempunyai beberapa golongan antar lain :

#### 1. Antioksidan Primer

Antioksidan primer memiliki mekanisme pada tahap propagasi dengan cara mencegah pembentukan radikal bebas. Contoh antioksidan ini ialah transferrin, ferritin dan albumin.

#### 2. Antioksidan Sekunder

Antioksidan sekunder mempunyai mekanisme kerja menangkap dan menghentikan radikal bebas. Contoh dari antioksidan sekunder yaitu *Superoxide Dismutase* (SOD), *Glutathion Peroxide* (GPx), dan *katalase*.

### 3. Antioksidan tersier

Antioksidan tersier memiliki mekanisme kerja memperbaiki jaringan tubuh yang telah rusak karena radikal bebas. Contoh antioksidan ini ialah *Metionin sulfosida reduktase, DNA repair enzymes, protease, transferase, dan lipase*.

Antioksidan eksogen memiliki 2 jenis berdasarkan asalnya antara lain :

#### 1. Antioksidan alami

Antioksidan alami adalah bahan alam yang memiliki kandungan senyawa antioksidan. Bahan alam memiliki beberapa senyawa yang mempunyai kemampuan sebagai antioksidan. Bahan alami berasal dari berbagai bagian tanaman dan serbuk sari seperti  $\alpha$ -tokoferol (vitamin E) (Christijanti dan Utami, 2011), asam askorbat (vitamin C) (Rajagukguk dkk., 2014), senyawa fenolik atau polifenolik dari golongan flavonoid (Selawa dkk., 2013) dan beta karoten (Gumolung, 2017).

#### 2. Antioksidan buatan

Antioksidan buatan merupakan senyawa antioksidan yang berasal dari bahan alam tetapi telah dapat disintesis.

## 2.2 Tinjauan Penentuan Aktivitas Antioksidan

Penentuan aktivitas antioksidan dapat menggunakan berbagai reagen. Reagen tersebut ialah CUPRAC, FRAP, ABTS, ORAC, dan DPPH.

Berikut ini adalah penjelasan mengenai reagen tersebut :

#### 1. CUPRAC

Penentuan kadar antioksidan dapat menggunakan reagen CUPRAC. Pada metode penentuan *Cupric ion reducing antioxidant capacity* (CUPRAC) menggunakan reagen Cu (II)-*neocuproine*. Reagen tersebut berfungsi sebagai agen pengoksidasi kromogenik. Cu (II) memiliki sifat yang dapat diukur. Preaksi CUPRAC memiliki nilai potensial reduksi yang rendah. Dalam penentuan kadar antioksidan, pereaksi CUPRAC mengoksidasi tiol dengan cepat. Pereaksi CUPRAC memiliki potensial redoks yang rendah. Analit yang akan dilakukan uji aktivitas antioksidan dapat bersifat hidrofilik dan lipofilik. Pada metode ini

dibutuhkan beberapa reagen antara lain  $\text{CuCl}_2$ , *neocuproine* dan larutan penyangga ammonium asetat pH 7. Pada peraksi CUPRAC dibutuhkan waktu inkubasi 30 menit. Pereaksi yang telah dicampur dengan analit akan dideteksi pada panjang gelombang 40 nm (Maryam dkk., 2016).

## 2. FRAP

Penetapan kadar antioksidan menggunakan FRAP berprinsip pada reduksi Fe (III) menjadi Fe (II) di hadapan antioksidan. Reduksi besi ke besi terjadi dengan cepat dengan semua reduktor dengan potensi reduksi setengah reaksi di atas Fe (III) / Fe (II), nilai-nilai dalam uji. Pereaksi FRAP mengekspresikan konsentrasi yang sesuai dari antioksidan yang mendonasikan elektron. Pengujian FRAP menggunakan antioksidan sebagai reduktor dalam reaksi kolorimetri terkait redoks. Dalam uji FRAP harus memiliki faktor stokiometrik konstan dan linieritas pada rentang yang luas. Pada metode ini tidak bereaksi dengan tiol, karena potensi reduksi untuk tiol umumnya di bawah setengah reaksi Fe (III) / Fe (II). Uji FRAP digunakan untuk mengukur konsentrasi antioksidan total. Pereaksi FRAP ditentukan dalam ekstrak dengan hasil yang didapatkan dari reaksi ini adalah warna biru. Warna biru pekat tersebut dapat dideteksi serapan maksimumnya pada panjang gelombang 593 nm (Halvorsen dkk., 2002).

## 3. ABTS

Aktivitas antioksidan dapat dianalisis dengan reagen ABTS dengan prinsip penghilangan warna radikal kation ABTS karena bereaksi langsung dengan senyawa antioksidan. Penghilangan warna tersebut dari warna hijau-biru menjadi tidak berwarna (Setiawan dkk., 2018). Reagen ABTS+ 2,2-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline – 6 - sulfonic acid) kation radikal garam diammonium dihasilkan dari mereaksikan larutan ABTS dan larutan kalium *persulfat* di tempat gelap dengan suhu kamar selama 16 jam. Larutan ABTS+ encer diencerkan dengan buffer natrium fosfat pH 7,4. Aktivitas antioksidan sampel dianalisis dengan waktu inkubasi 45 menit pada tempat gelap, menggunakan standar Trolox, dan pembacaan absorbansi pada Panjang gelombang 734 nm (Rudke dkk., 2019).

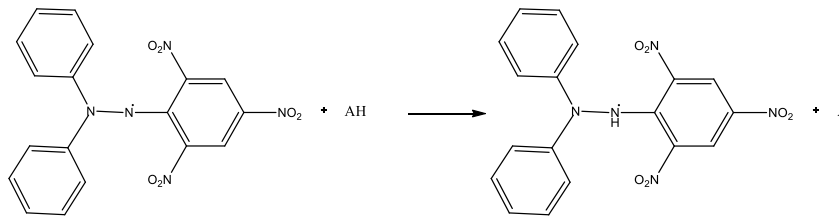
#### 4. ORAC

ORAC adalah analisis aktivitas antioksidan berdasarkan kemampuan zat uji untuk menghambat oksidasi *B-phycoerythrin* oleh spesies oksigen reaktif. Penentuan tes *fase-lag* ORAC dapat dilakukan dengan berbagai radikal. ORAC terbatas pada pengukuran rantai hidrofilik dan mengesampingkan antioksidan lipofilik. Pada analisis ini menggunakan fluorometer. Reprodusibilitas dari analisis ini dipengaruhi oleh suhu (Badarinath dkk., 2014).

#### 5. DPPH

DPPH (*2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*) ialah suatu senyawa radikal. Senyawa radikal ini memiliki sifat lebih stabil dibandingkan senyawa radikal lain yang ditemukan oleh Goldschmidt dan Renn (Goldschmidt dan Renn, 1922). DPPH merupakan senyawa radikal yang memiliki warna yang sangat intensif. DPPH sebagian besar digunakan kedalam penerapan kimia polimer, spektroskopi dan mengevaluasi kemampuan antioksidan suatu bahan kimia maupun bahan alam. DPPH memiliki sifat fisika kelarutan yang baik pada pelarut polar, kurang larut pada pelarut non polar, dan pada akuades signifikan tidak larut, tetapi telah dilaporkan bahwa partikel nano DPPH larut dalam air dan  $\beta$ -siklodekstrin (Chen dkk., 2009; Nakanishi dkk., 2015). Penelitian ini memahami tentang efek air terhadap suatu reaksi yang melibatkan antioksidan. DPPH harus disimpan ada tempat yang gelap. DPPH hadir dalam bentuk monomerik (Foti, 2015).

DPPH bereaksi secara selektif dengan radikal dan donor H-atom di lokasi reaksi yang berbeda, sedangkan radikal biasanya menyerang cincin fenil donor atom H bereaksi dengan atom N divalen. Ruang terbatas di sekitar atom N akan mencegah penambahan radikal. Donor H-atom dapat mendekati atom N dan dapat melepaskan atom H-nya di dalamnya dengan pembentukan hidrazin DPPH – H. Oksigen molekuler dalam keadaan triplet-ground-nya,  $^3O_2$ , meskipun merupakan radikal, tidak bereaksi dengan DPPH atau sangat lambat (Foti, 2015).



Gambar 2.1 Persamaan reaksi DPPH (*2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*) dengan antioksidan. (Sumber : Irvibulkovit, Ouanthavong, & Ameenoi, 2018)

Analisis DPPH umumnya menggunakan metode Spektroskopi UV-Vis. Pada metode spektroskopi UV-Vis analisis DPPH dilakukan pengukuran serapan pada panjang gelombang 515 nm dan didapatkan *band* warna ungu tua. Pada penentuan panjang gelombang serapan DPPH dipilih panjang gelombang yang memberikan absorbansi yang maksimum (Molyneux, 2004). Kemampuan antioksidan dalam suatu senyawa terlihat dari peredaman radikal DPPH dengan transfer atom hidrogen dari H-donor (antioksidan) dengan pembentukan hidrazin DPPH-H. Reaksi DPPH dengan antioksidan dapat tergambar pada persamaan reaksi pada Gambar 2.1. *Band* akan hilang dengan perubahan warna DPPH ungu tua menjadi kuning pucat. Reaksi yang terjadi disebut dengan pengujian DPPH. Pengujian DPPH digunakan untuk melihat atau mengevaluasi kapasitas antioksidan ekstrak alami dari tanaman atau senyawa tunggal (Foti, 2015).

Evaluasi kapasitas antioksidan ekstrak alami atau senyawa tunggal dapat menggunakan presentase pengurangan perendaman DPPH oleh ekstrak alami dari tanaman atau senyawa tunggal. Evaluasi kapasitas antioksidan dapat melalui persamaan sebagai berikut :

$$Q = 100 \frac{A_0 - A_c}{A_0}$$

Q merupakan persentase perendaman DPPH oleh ekstrak alami dari tanaman atau senyawa tunggal.  $A_0$  (kontrol) ialah absorbansi DPPH tanpa penambahan ekstrak alami dari tanaman atau senyawa tunggal.  $A_c$  ialah absorbansi DPPH dengan penambahan ekstrak alami dari tanaman atau senyawa tunggal. Pada metode spektrofotometri UV-Vis konsentrasi DPPH tetap sama antara kuvet kontrol dan kuvet DPPH dengan penambahan ekstrak alami dari tanaman atau senyawa tunggal

(Molyneux, 2004). Metode DPPH dipilih pada penelitian antioksidan ini. Keunggulan dari metode ini ialah mudah, efektif, dan cepat (Badarinath dkk., 2014). Metode DPPH juga tidak membutuhkan pH penyangga.

### 2.3 Tinjauan Metode Kolorimetri

Analisis kolorimetri adalah analisis molekuler yang dapat diubah menjadi perubahan warna, sehingga mudah diamati dengan mata telanjang. Perubahan warna tersebut tergantung pada ukuran, bentuk, tingkat agregasi, dan sensitivitas permukaan. Perubahan warna akan memancarkan resonansi terang dan panjang gelombang tertentu. Analisis ini dapat digunakan untuk nanopartikel dan bersifat kualitatif tetapi dapat dirubah menjadi kuantitatif. Perubahan sifat analisis tersebut menggunakan bantuan perangkat tertentu, salah satunya ialah aplikasi *ImageJ*. Aplikasi ini menganalisis perubahan warna menggunakan intensitas warna. Data intensitas warna akan diolah sehingga menjadi data output dari suatu analisis (Lingxin Chen, 2014).

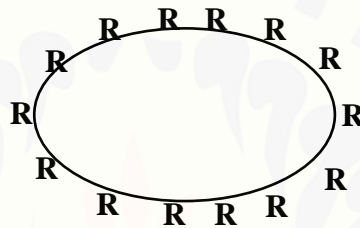
### 2.4 Tinjauan Sensor Kimia

Sensor kimia adalah suatu alat analisis yang menggunakan reagen kimia yang dapat bereaksi dengan analit tertentu dalam larutan atau gas sehingga menghasilkan perubahan fisika-kimia. Perubahan tersebut dirubah menjadi sinyal elektrik proporsional dengan konsentrasi dari analit tersebut. Sensor kimia melibatkan reaksi kimia yang spesifik terhadap analit tertentu dengan instrumentasi, yang mampu merubah (transduser) dari perubahan fisika kimia tersebut menjadi sinyal listrik sehingga mudah dibaca baik secara analog dengan jarum penunjuk maupun secara digital, dengan digital display. Sebuah sensor yang baik adalah sensor yang mampu berinteraksi dengan analit secara reversible, maka sinyal sensor terkontrol dengan mudah secara kinetik mauppun termodinamik (Kuswandi, 2010).

### 2.4.1 Imobilisasi Sensor Kimia

#### a. Adsorpsi

Teknik imobilisasi ini merupakan teknik yang banyak digunakan. Teknik ini dapat digunakan pada reagen organik maupun anorganik. Ikatan hidrogen dan *Van der Waals* terkait dengan teknik imobilisasi ini. Teknik imobilisasi adsorpsi memiliki dua jenis yaitu teknik adsorpsi ionik dan adsorpsi non ionik. Teknik imobilisasi adsorpsi merupakan teknik imobilisasi dimana reagen diserap oleh material pendukung (Kuswandi, 2010).



Gambar 2.2 Metode Imobilisasi Adsorpsi (Kuswandi, 2010)

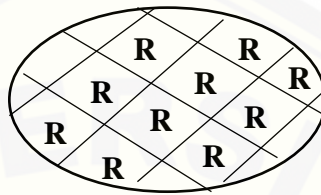
Teknik adsorpsi dibagi menjadi kedalam dua golongan berdasarkan sifatnya yaitu fisik (*fisisorpsi*) dan kimia (*kemisorpsi*). Adsorpsi fisik (*fisisorpsi*) adalah teknik yang terbentuk karena *Van der Waals* atau ikatan hidrogen sehingga ikatan ini biasanya cukup lemah. Adsorpsi kimia (*kemisorpsi*) terdapat ikatan yang terbentuk lebih kuat, karena pada proses ini melibatkan ikatan kovalen (Kuswandi, 2010).

#### b. Enkapsulasi

Teknik imobilisasi enkapsulasi merupakan teknik imobilisasi yang menggunakan membran semipermeable untuk memerangkap reagen kimia didalam permukaan sensor. Material membran yang sering digunakan misalnya Polivinil Klorida (PVC), selulosa asetat, polikarbonat, dan politetra fluoro etilen (*Teflon*). Teknik immobilisasi ini memiliki kestabilan yang cukup baik terhadap perubahan pH, suhu, komposisi kimia, dan kekuatan ion (Kuswandi, 2010).

c. Perangkap (*Entrapment*)

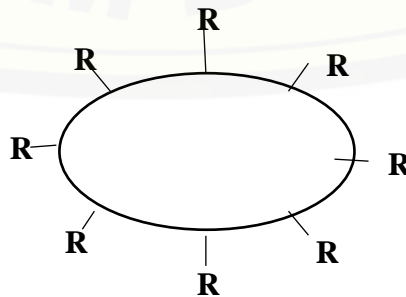
Teknik immobilisasi perangkap merupakan pencampuran reagen dengan larutan monomer, sehingga mengalami polimerisasi untuk membentuk membran. Membran tersebut dapat berupa lapisan tipis film atau gel, maka reagen tersebut dapat terjebak didalamnya (Kuswandi, 2010).



Gambar 2.3 Model Immobilisasi Entrapment (Kuswandi, 2010)

d. Metode Kimia

Teknik immobilisasi ini menggunakan ikatan kovalen antara reagen dengan gugus aktif dari material pendukungnya seperti polimer. Metode ini menghasilkan reagen yang stabil namun harus melalui beberapa langkah pembuatan. Pada metode ini menghasilkan senyawa unimolekuler. Reaksi kimia yang digunakan pada metode ini adalah sililasi dan membuat reagen berikatan kovalen dengan material pendukung secara langsung. Salah satu contohnya ialah material bersilika, dan reaksi *Mannich*, dimana reagen dengan atom hidrogen aktif diikat secara kovalen pada resin gelas pendukung. Contoh immobilisasi secara ikatan kovalen melalui reaksi *Mannich* pada matrik polimer yang memiliki gugus amina. Molekul reagen pada reaksi ini memiliki atom hidrogen aktif sehingga sangat ideal untuk immobilisasi secara kovalen dengan reaksi ini (Kuswandi, 2010).



Gambar 2.4 Model Immobilisasi Ikatan kovalen (Kuswandi, 2010)



## 2.4.2 Karakterisasi sensor

### a. Linieritas

Linieritas merupakan karakteristik dari sensor yang menggambarkan metode analisis yang sebanding terhadap konsentrasi analit dalam sampel. Metode analisis tersebut dapat memberikan respon langsung maupun dengan bantuan pengubah respon menjadi data yang dapat dilihat. Batas terendah dan tertinggi analit yang sudah ditetapkan akan berkaitan dengan linieritas. Batas tersebut ditentukan dengan cermat dan seksm agar linieritas dapat diterima. Parameter linier dinyatakan dengan koefisien korelasi  $r$  pada persamaan regresi linier  $y = a + bx$ . Nilai  $r$  tergantung dari arah garis (Harmita, 2004).

### b. Waktu Respon dan Waktu Pakai

Waktu respon adalah waktu yang dibutuhkan untuk pertama kali sensor direaksikan dengan sampel dan waktu pertama kali menghasilkan sinyal yang stabil (*steady state*). Waktu pakai sensor ialah waktu dimana sensor tersebut memberikan reaksi yang sama dan stabil terhadap suatu analit pada konsentrasi yang sama hingga waktu respon sensor tersebut mengalami penurunan drastis (lebih dari 15% dari respon sensor semula/awal). Cara ini dapat menentukan berapa lama dan berapa kali suatu sensor kimia dapat digunakan untuk pengukuran suatu analit (Kuswandi, 2010).

### c. Batas Kuantitasi dan Batas Deteksi (LOQ dan LOD)

Batas deteksi adalah jumlah terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi yang masih memberikan respon signifikan dibandingkan dengan blangko. Batas deteksi merupakan parameter uji batas. Batas kuantitasi diartikan sebagai kuantitas terkecil analit dalam sampel yang masih dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama. Penentuan batas deteksi suatu metode berbeda-beda tergantung pada metode analisis itu menggunakan instrumen atau tidak. Pada analisis yang tidak menggunakan instrumen batas tersebut ditentukan dengan mendeteksi analit dalam sampel pada pengenceran bertingkat (Harmita, 2004).

## d. Presisi

Kedekatan respon sensor terhadap respon lainnya untuk analit yang sama disebut dengan presisi. Presisi dinyatakan sebagai kesesuaian dalam pengulangan pengukuran. Presisi dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$d_i = |x_i - \bar{x}| \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

$x_i$  : respon sensor

$\bar{x}$  : respon rata-rata sensor

Presisi respon sensor analit dapat dinyatakan dengan reproduibilitas sehingga dapat dinyatakan dalam bentuk standar deviasi ( $s$ ), baik standar relatif ( $RSD$ ) ataupun koefisien variasi ( $CV$ ) (Kuswandi, 2010).

## e. Akurasi

Akurasi adalah kedekatan respon sensor terhadap nilai sebenarnya. Akurasi juga dinyatakan sebagai kesesuaian antara rata-rata respon sensor terhadap nilai yang sebenarnya. Pengukuran akurasi sering menggunakan tingkat kesalahan baik kesalahan absolut ( $E$ ) maupun kesalahan relatif ( $Er$ ) (Kuswandi, 2010).

Kesalahan absolut ( $E$ ) dan kesalahan relatif ( $Er$ ) dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$E = x_i - x_t \dots \dots \dots (2.2)$$

$$Er = \frac{x_i - x_t}{x_t} \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

$x_i$  : nilai individual respon suatu sensor.

$x_t$  : nilai respon yang sebenarnya.

## 2.7 Tinjauan Ekstrak Herbal

Ekstraksi merupakan suatu proses pemisahan kandungan senyawa kimia dari jaringan tumbuhan ataupun hewan dengan menggunakan penyari tertentu. Pelarut yang digunakan harus dapat mengekstrak substansi yang diinginkan tanpa melarutkan material lainnya. Tujuan ekstraksi bahan alam adalah untuk menarik komponen kimia yang terdapat pada bahan alam. Ekstraksi secara umum

digolongkan menjadi dua yaitu ekstraksi padat cair dan ekstraksi cair-cair. Pada ekstraksi cair-cair, senyawa yang dipisahkan terdapat dalam campuran yang berupa cairan, sedangkan ekstraksi padat-cair adalah suatu metode pemisahan senyawa dari campuran yang berupa padatan. Suatu proses ekstraksi akan menghasilkan ekstrak (POM, 1995).

Ekstrak adalah sediaan pekat yang diperoleh dengan cara mengekstraksi zat aktif dengan menggunakan pelarut yang sesuai, kemudian semua atau hampir semua pelarut diuapkan dan massa atau serbuk yang tersisa diperlakukan sedemikian, hingga memenuhi baku yang ditetapkan (POM, 1995). Berdasarkan sifatnya ekstrak dapat dibagi menjadi empat, yaitu ekstrak encer, ekstrak kental, ekstrak kering, dan ekstrak cair. Ekstrak encer merupakan sediaan yang memiliki konsistensi seperti cairan madu yang mudah mengalir. Ekstrak kental merupakan sediaan kental yang apabila dalam keadaan suhu rendah dan kecil kemungkinan bisa dituang. Ekstrak kering adalah sediaan yang memiliki konsistensi kering dan dapat dihancurkan dengan tangan. Ekstrak cair merupakan sediaan dari simplisia nabati yang mengandung etanol sebagai pelarut atau sebagai pengawet atau sebagai pelarut dan pengawet (POM, 2014). Ekstrak herbal adalah ekstrak hasil ekstraksi dari tumbuh-tumbuhan. Ekstrak herbal memiliki kandungan tertentu. Pada penelitian ini menggunakan ekstrak cair karena pembuatan yang mudah, pelarut dapat disesuaikan dengan pelarut reagen pada sensor, dan mempermudah pengujian aktivitas antioksidan pada sensor kimia. Simplisia yang akan dibuat ekstrak harus memiliki standar tertentu. Simplisia berasal dari Materia Medica Batu.

Beberapa simplisia yang berasal dari material medika dan sudah dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan antara lain jati belanda (*Guazuma ulmifolia*), daun adas (*Foeniculum vulgare*), daun tempuyung (*Sonchus Arvenis*), daun kepel (*Stelechocarpus burahol*), daun pegagan (*Centella asiatica*), kumis kucing (*Orthosiphon stamineus*), daun seledri (*Apium graveolens*), daun meniran (*Phyllanthus niruri*), dan daun teh hijau (*Camellia sinensis*).

Jati belanda (*Guazuma ulmifolia*) memiliki senyawa tanin, saponin, dan flavonoid dan memiliki aktivitas antioksidan yang kuat dengan nilai IC<sub>50</sub> 10,13

$\mu\text{g/mL}$  (Malik dkk., 2017). Adas (*Foeniculum vulgare*) memiliki aktivitas antioksidan dengan nilai EC50 terhadap radikal bebas sebesar  $0.0031 \pm 0.0008$  (Roby dkk., 2013). Daun tempuyung (*Sonchus Arvenis*) mempunyai aktivitas antioksidan dengan ekstrak 1% (b/v) memiliki nilai kapasitas antioksidan sebesar  $443,18 \pm 4,44$  mg/mL (Kusumawati dkk., 2015). Daun kepel (*Stelechocarpus burahol*) diperoleh 5 isolat yang memiliki aktivitas antioksidan (Hook dkk., 2007). Pada fraksi methanol daun pegagan (*Centella asiatica*) menunjukkan adanya peredaman radikal bebas oleh metabolit sekunder yang dimiliki (Wientarsih dkk., 2013). Kumis kucing (*Orthosiphon stamineus*) difraksimnasi didapatkan 6 fraksi. Sebagian dari fraksi tersebut memiliki aktivitas antioksidan dengan nilai EC50 205  $\mu\text{g/ml}$ , 172  $\mu\text{g/ml}$ , dan 147  $\mu\text{g/ml}$  (Hong Ho, 2010). Ekstrak methanol daun seledri memiliki aktivitas antioksidan sebesar  $63,28\% \pm 0,86\%$  dan minyak esensialnya dapat digunakan dalam industri makanan dan obat-obatan (Kooti dan Daraei, 2017). Daun meniran (*Phyllanthus niruri Linn*) memiliki aktivitas antioksidan terbaik dibandingkan dengan *T. vulgaris*, *C. asiatica*, dan *Apium graveolens L.* (Da dkk., 2016). Ekstrak dari daun meniran jika diisolasi mendapatkan senyawa kuersetin yang memiliki aktivitas antioksidan lebih tinggi daripada Vitamin E (Da dkk., 2016). Jahe (*Zingiber officinale Roscoe*) dapat meredam radikal DPPH sebesar  $79,0 \pm 0,6\%$ , sehingga jahe memiliki aktivitas antioksidan. Teh hijau juga memiliki aktivitas antioksidan (Warongan dkk., 2017). Mimin Kusmiyanti dkk. (2015) melaporkan hasil aktivitas antioksidan dengan nilai IC50 21,44  $\mu\text{g/ml}$  dan kandungan fenol total sebesar  $334,68 \pm 0,89$  mgGAE/100 g sampel (Kusmiyati dkk., 2015).

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah *experimental laboratories*.

### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

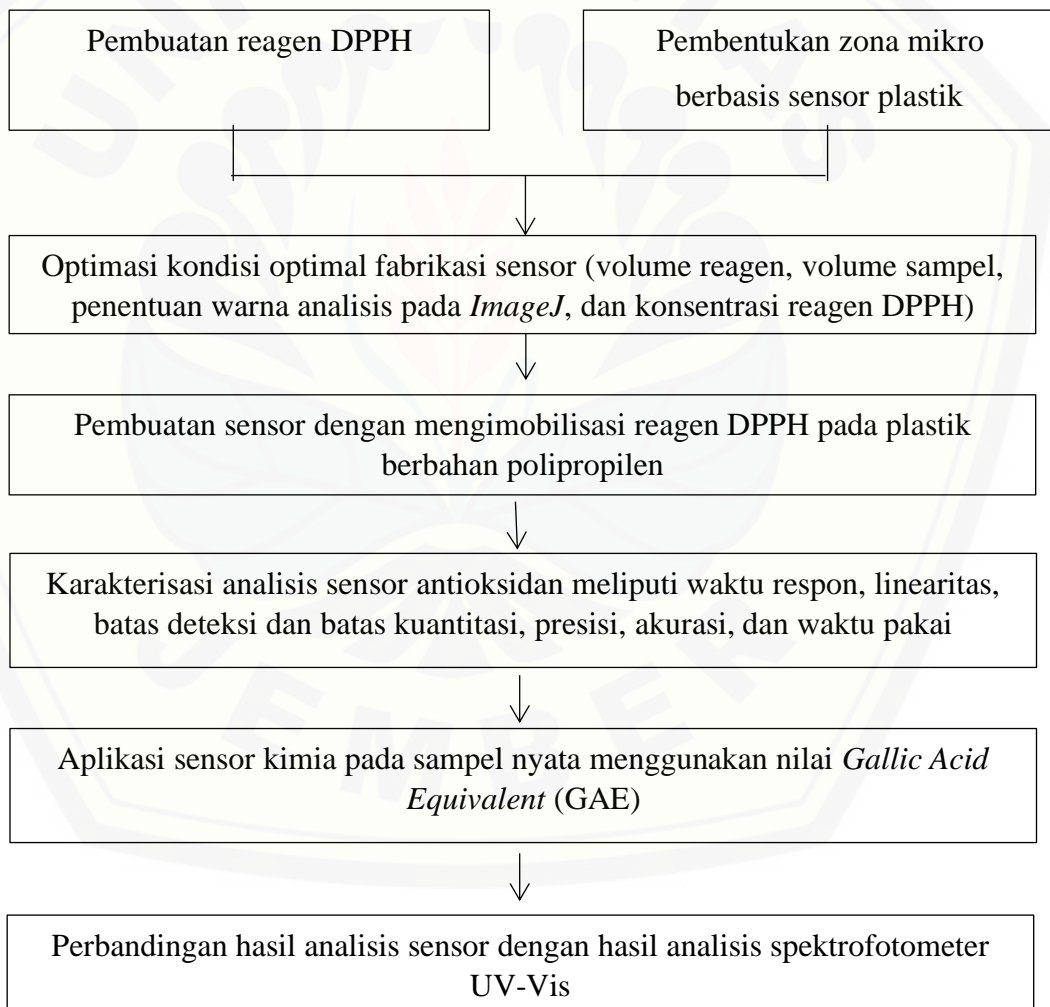
Penelitian ini dimulai pada bulan September 2019. Penelitian ini dilakukan bertempat di Laboratorium Analisis instrument Fakultas Farmasi Universitas Jember.

### 3.3 Definisi Operasional

- a. Metode DPPH adalah suatu metode menggunakan reagen DPPH yang dilarutkan dengan *methanol pa*.
- b. Sensor antioksidan berbasis plastik merupakan sensor yang diimobilisasikan pada plastik polipropilen yang dibuat seperti sumuran tipis.
- c. Zona mikro adalah sumuran berukuran mikro liter yang digunakan untuk imobilisasi reagen DPPH.
- d. Reagen kering DPPH adalah hasil pengeringan larutan DPPH dengan konsentrasi tertentu.
- e. Aktivitas antioksidan digambarkan dengan kemampuan merubah warna ungu pada reagen kering DPPH.
- f. Aktivitas antioksidan diukur menggunakan satuan ppm–ekuivalen Asam Galat (GAE).
- g. GAE adalah pengukuran aktivitas antioksidan dari zat-zat tertentu, dibandingkan dengan standar asam galat.
- h. Pengambilan gambar perubahan warna larutan uji pada mika menggunakan *scanner*.

- i. RGB (*Red, Green, Blue*) adalah warna pada aplikasi *ImageJ* untuk melihat perubahan warna yang terjadi pada saat pereaksi DPPH direaksikan dengan senyawa antioksidan.
- j. *Mean green* adalah rata-rata nilai warna *green* dari tiga replikasi yang dilakukan.
- k. Respon sensor berupa intensitas warna dalam suatu piksel menggunakan nilai *mean green*.

### 3.4 Diagram Alur Penelitian



### 3.5 Alat dan Bahan

#### 3.5.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian antara lain *ball pipet*, *scanner* (Canon Lide 120 Canoscan), ultrasonikasi (Elmasonic E 30H), mikropipet 10-100  $\mu$  (D-Lab), pipet volume, botol timbang, neraca analitik, plastik Laminating berbahan polipropilen (E-Print® Glossy F4 225x 340 mm, No. Sert. JKT 6009021), *yellow tip*, stopwatch, kuvet, spektrofotometer UV-Vis (HITACHI H-1800), sentrifugasi (HERMLE), *software ImageJ*, dan seperangkat alat gelas.

#### 3.5.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian meliputi asam galat dari Sigma-Aldrich, DPPH (*2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*) dari Sigma-Aldrich, metanol p.a dari Merck Germany, akuades, serbuk daun jati belanda (*Guazuma ulmifolia* (JB)), daun adas (*Foeniculum vulgare*), daun tempuyung (*Sonchus arvensis*), daun kepel (*Stelechocarpus burahol*), daun pegagan (*Centella asiatica*), kumis kucing (*Orthosiphon stamineus*), daun seledri (*Apium graveolens*), daun meniran (*Phyllanthus niruri*), jahe (*Zingiber officinale*) dan daun teh hijau (*Camellia sinensis*) yang diperoleh dari Materia Medika Batu.

### 3.6 Prosedur Kerja

#### 3.6.1 Preparasi Larutan Induk Asam Galat

Larutan induk asam galat dengan konsentrasi 1000 ppm dibuat dengan menimbang asam galat sebanyak 25 mg. Asam galat yang ditimbang dimasukkan kedalam labu ukur 25 ml, lalu dilarutkan dengan metanol p.a sampai tanda batas. Larutan asam galat dihomogenkan. Standar induk diencerkan menjadi standar induk 1 dan standar induk 2. Standar induk 1 konsentrasi 100 ppm dibuat dengan memipet 1 ml standar asam galat 1000 ppm ditambahkan metanol p.a 10 ml. Standar induk 2 konsentrasi 300 ppm dibuat dengan memipet 3 ml standar asam galat 1000 ppm ditambahkan metanol p.a 10 ml.

### 3.6.2 Preparasi Larutan Standar Asam Galat

Larutan standar asam galat dibuat dengan konsentrasi 1 ppm sampai 18 ppm. Dari larutan induk dibuat pengenceran 8 macam konsentrasi asam galat dalam metanol p.a, yaitu, konsentrasi 1 ppm dengan memipet 0,1 mL larutan induk 1 ditambahkan metanol ad 10 mL, konsentrasi 3 dengan memipet 0,1 mL larutan induk 2 ditambahkan metanol ad 10 mL, konsentrasi 5 ppm dengan memipet 0,5 mL larutan induk 1 ditambahkan metanol ad 10 mL, konsentrasi 7 ppm dengan memipet 0,7 mL larutan induk 1 ditambahkan metanol ad 10 mL, konsentrasi 10 ppm dengan memipet 1 mL larutan induk 1 ditambahkan metanol ad 10 mL, konsentrasi 12 ppm dengan memipet 0,4 mL larutan induk 2 ditambahkan metanol ad 10 mL, konsentrasi 15 ppm dengan memipet 1,5 mL larutan induk 1 ditambahkan metanol ad 10 mL, dan konsentrasi 18 ppm dengan memipet 0,6 mL larutan induk 2 ditambahkan metanol ad 10 mL.

### 3.6.3 Preparasi Larutan DPPH

Reagen DPPH dibuat 3 macam konsentrasi, yaitu 275 ppm, 300 ppm, dan 325 ppm dengan menimbang 1,375 mg, 1,5 mg, dan 1,625 mg pada neraca analitik, kemudian dilarutkan dalam metanol p.a pada labu ukur 5 ml hingga tanda batas. Larutan DPPH dipastikan homogen menggunakan ultrasonik.

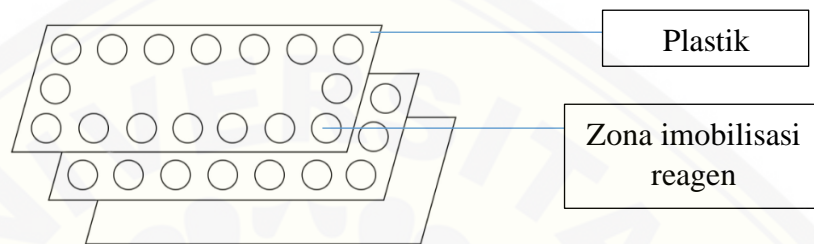
### 3.6.4 Pembuatan Kurva Baku Asam Galat

Kurva baku asam galat menggunakan tujuh titik zona deteksi dengan tiga kali replikasi setiap titiknya. Pada enam titik asam galat menggunakan konsentrasi yang berbeda dan satu titik menggunakan blanko. Larutan asam galat delapan konsentrasi dipipetkan sejumlah tertentu, ditambahkan dalam setiap area deteksi yang telah berisi reagen DPPH. Kemudian dilakukan pengukuran intensitas perubahan warna yang terjadi pada area deteksi. Data yang diperoleh adalah kurva baku menggunakan regresi linier antara konsentrasi asam galat dengan waktu dalam menit).



### 3.6.5 Pembentukan Zona Mikro Matriks Pendukung Plastik Polipropilen

Pada pembuatan sensor ini, plastik yang digunakan adalah plastik polipropilen yang dilubangi dengan panjang 7 cm dan lebar 4 cm. Setiap lembar plastik polipropilen terdiri dari 16 sumuran dan 3 baris zona mikro, dengan diameter masing-masing lubang 7 mm. Zona deteksi berada dalam tiap lubang yang telah diimobilisasi dengan reagen kering DPPH.



Gambar 3.1 Bentuk basis Sensor antioksidan

### 3.6.6 Preparasi Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah filtrat dari proses ekstraksi. Preparasi sampel dilakukan dengan menimbang 100 mg serbuk simplisia dan ditambahkan 10 ml metanol p.a untuk mendapatkan konsentrasi 1 %. Kemudian sampel di ultrasonik selama  $\pm 60$  menit hingga larut dan disaring dengan kertas saring, sehingga didapatkan residu dan filtrat. Filtrat dari sampel tersebut di sentrifuge selama  $\pm 30$  menit, dan filtrat hasil sentrifugasi siap digunakan untuk analisis penentuan aktivitas antioksidan. Pada prosedur ini didapatkan konsentrasi sampel sebesar 1 %. Kemudian sampel dapat diencerkan kembali untuk menyesuaikan dengan rentang kurva baku yang didapatkan selama proses optimasi konsentrasi dengan menggunakan standar asam galat.

### 3.6.7 Prosedur Pengukuran Intensitas

Perubahan warna pada sensor antioksidan menghasilkan warna akhir setelah direaksikan. Pembacaan warna sensor antioksidan dianalisis dengan program lunak *ImageJ*. Pengujian kandungan antioksidan menggunakan sensor antioksidan

berbasis plastik polipropilen dilakukan dengan mengimobilisasi reagen DPPH pada plastik polipropilen, kemudian sampel diuji dengan tiga replikasi. Setelah itu, dilakukan pemeriksaan intensitas warna yang dihasilkan dan diperoleh data *mean green*.

### **3.7 Optimasi Sensor**

#### **3.7.1 Optimasi Volume Zona Deteksi Pada Sensor**

Optimasi volume zona deteksi dilakukan dengan beberapa volume larutan reagen DPPH (konsentrasi 300ppm) yakni pada volume 10  $\mu$ l, 11  $\mu$ l, 12 $\mu$ l, 13 $\mu$ l, 14  $\mu$ l, dan 15 $\mu$ l. Setiap volume reagen DPPH tersebut diimobilisasikan ke dalam sensor antioksidan berbasis plastik polipropilen, kemudian diamati volume larutan dan warna yang dihasilkan memenuhi, melebihi, dan atau kurang memenuhi seluruh area permukaan setiap sumuran pada basis sensor.

#### **3.7.2 Optimasi Volume Sampel**

Optimasi volume sampel dilakukan dengan beberapa volume larutan asam galat (konsentrasi 10 ppm) yakni pada volume 8  $\mu$ l, 9  $\mu$ l, dan 10  $\mu$ l. Setiap volume standar asam galat (konsentrasi 10 ppm) tersebut diimobilisasikan ke dalam sensor antioksidan berbasis plastik, kemudian diamati volume larutan dan warna yang dihasilkan memenuhi, melebihi, dan atau kurang memenuhi seluruh area permukaan setiap zona mikro pada basis sensor.

#### **3.7.3 Penentuan Warna pada Aplikasi *ImageJ* untuk Pengukuran Aktivitas Antioksidan**

Penentuan warna pada aplikasi *ImageJ* dilakukan untuk memastikan warna yang tepat untuk mengukur aktivitas antioksidan pada sensor berbasis plastik polipropilen ini. Penentuan warna ini dilakukan dengan reagen DPPH 275 ppm dimasukkan pada zona mikro sebanyak 14  $\mu$ l dan ditunggu hingga kering. Larutan standar asam galat menggunakan 6 konsentrasi antara 5-18 ppm. Larutan asam galat

ditambahkan pada reagen kering DPPH yang berada pada zona mikro. Lalu dilakukan pengukuran perubahan warna yang terjadi setiap rentang waktu tertentu dengan menggunakan scanner. Replikasi dilakukan sebanyak tiga kali. Perubahan intensitas warna dihitung menggunakan aplikasi *ImageJ* dan dihasilkan persamaan regresi pada setiap warna (*red, green, blue, dan mean RGB*). Warna yang dipilih adalah warna yang menghasilkan nilai slope dan *r* yang baik.

#### 3.7.4 Optimasi reagen DPPH

Penentuan konsentrasi optimal pada reagen DPPH untuk menentukan keefektifan sensor dibuat menjadi tiga macam konsentrasi DPPH, yaitu 275 ppm, 300 ppm, dan 325 ppm. Reagen DPPH tersebut dimasukkan pada zona mikro sebanyak 14  $\mu$ l dan ditunggu hingga kering. Larutan standar asam galat menggunakan 6 konsentrasi antara 5-18 ppm. Larutan asam galat ditambahkan pada reagen kering DPPH yang berada pada zona mikro. Lalu dilakukan pengukuran perubahan warna yang terjadi setiap rentang waktu tertentu dengan menggunakan scanner. Replikasi dilakukan sebanyak tiga kali. Konsentrasi reagen DPPH yang terpilih berdasarkan perubahan warna ungu yang dihasilkan dari variasi konsentrasi standar asam galat. Konsentrasi reagen DPPH yang terpilih ialah konsentrasi yang memberikan warna ungu signifikan dan mempunyai nilai slope dan *r* yang baik.

### 3.8 Karakterisasi Sensor

#### 3.8.1 Waktu respon

Waktu respon sensor adalah waktu yang digunakan sampel (standar) yang digunakan dapat bereaksi dengan reagen DPPH sampai terjadi perubahan warna yang optimum. Pada prosedur ini larutan standar asam galat yang digunakan adalah 10 ppm dan direplikasi tiga kali. Pengukuran intensitas perubahan warna dilakukan pada setiap rentang waktu tertentu hingga reagen DPPH dapat bereaksi secara optimum dan stabil. Penentuan waktu respon dengan membuat kurva antara waktu

(menit) vs nilai RGB. Waktu respon dipilih saat pertama kali respon reagen DPPH dapat bereaksi secara optimum dan menghasilkan sinyal yang baik.

### 3.8.2 Linieritas

Linieritas ditentukan dengan cara menguji reagen DPPH kering pada standar asam galat dengan konsentrasi 5 ppm sampai dengan 18 ppm. Parameter dalam penentuan linieritas adalah hubungan linieritas digunakan sebagai koefisien korelasi antara konsentrasi standar dengan lintensitas warna. Linieritas menggunakan parameter koefisien korelasi. Koefisien korelasi dihitung menggunakan regresi linier  $y = bx + a$ , dimana hubungan linier akan ideal bila harga  $r$  mendekati 1.

### 3.8.3 Batas Deteksi dan Batas Kuantitasi

Batas deteksi dan batas kuantitasi ditentukan dengan mereaksikan standar asam galat pada konsentrasi 1 ppm - 18 ppm dengan reagen kering DPPH, lalu diukur intensitas warna dengan menentukan nilai *mean green*. Perhitungan LOD dan LOQ berasal dari kurva baku linearitas.

### 3.8.4 Presisi

Penentuan presisi menggunakan standar asam galat konsentrasi tengah dari 1 ppm- 18 ppm yang direaksikan dengan reagen kering DPPH sebanyak enam kali pengulangan. Kemudian diukur intensitas warna pada tiap pengulangan, lalu dihitung kedekatan pengukuran dari nilai %RSD (Harmita, 2004).

### 3.8.5 Akurasi

Penentuan akurasi dilakukan dengan cara menghitung persen recovery dari 3 kali penambahan analit standar sebesar 30 %, 45 %, 60 % sampel ekstrak herbal. Metode penentuan akurasi ini menggunakan metode adisi. Pengukuran intensitas

warna akan didapatkan hasil kadar pengukuran alat yang kemudian dibagi kadar penambahan standar berdasarkan persamaan *% recovery* (Harmita, 2004).

### 3.8.6 Penentuan Waktu Pakai

Penentuan waktu pakai dilakukan untuk mengetahui lama kemampuan sensor dapat mempertahankan kesetabilan warnanya hingga mengalami penurunan sebanyak 15%. Waktu pakai sensor dilakukan dengan mengamati sensor yang telah dimobilisasi dengan reagen DPPH pada suhu kamar  $\pm 25^{\circ}\text{C}$  dan suhu lemari es  $2-4^{\circ}\text{C}$ . Penentuan waktu pakai dilakukan dengan mengukur intensitas warna dengan penambahan salah satu konsentrasi dari 8 macam konsentrasi standar asam galat, yaitu dengan konsentrasi 10 ppm sebanyak volume tertentu dari pertama kali disimpan. Pengukuran intensitas warna dilakukan setiap rentang waktu tertentu dalam menit untuk penentuan waktu pakai pada suhu kamar  $25^{\circ}\text{C}$  dan pengamatan setiap 24 jam pada suhu lemari es  $2-4^{\circ}\text{C}$  sampai diketahui sudah tidak layak digunakan. Penentuan waktu pakai dilakukan berdasarkan kurva hubungan antara waktu dan intensitas warna (Hidayat dkk., 2018).

## 3.9 Aplikasi Sensor

Sampel yang sudah dipreparasi dalam metanol diambil sejumlah 10 $\mu\text{l}$ , lalu ditetaskan pada sumuran plastik polipropilen yang telah diimobilisasi dengan reagen kering DPPH dan replikasi sebanyak tiga kali. Reagen kering DPPH yang direaksikan dengan sampel ditunggu beberapa waktu agar dapat bereaksi secara optimal. Kemudian dilakukan pengukuran perubahan intensitas warna pada reagen DPPH menggunakan bantuan scanner. Hasil dari scanner dianalisis menggunakan aplikasi lunak *ImageJ*. Data yang diperoleh dari *ImageJ* adalah data *mean green*.

### 3.10 Perbandingan Hasil Sensor dengan Spektrofotometri UV-Vis

Penentuan kadar antioksidan dalam sampel ekstrak dapat menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis. Dalam metode ini dilakukan dengan cara menambahkan sampel ekstrak dalam sebuah konsentrasi tertentu kedalam reagen DPPH, lalu dibiarkan bereaksi. Volume sampel ekstrak yang ditambahkan ialah 100  $\mu\text{L}$ . Volume reagen DPPH yang direaksikan dengan sampel ekstrak sebesar 800  $\mu\text{L}$ . Panjang gelombang yang dipakai untuk analisis reagen DPPH adalah 515-517 nm. Kapasitas antioksidan dinyatakan sebagai setara asam galat dalam mg/L (mg/L GAE), berdasarkan aktivitas antioksidan yang diperoleh dari kurva baku dengan kondisi yang sama. Kurva baku berasal dari konsentrasi asam galat terhadap absorbansi yang terbentuk sehingga didapatkan persamaan regresi. Aktivitas antioksidan sampel ekstrak yang didapatkan dari metode spektrofotometri UV-Vis dibandingkan dengan metode sensor antioksidan matriks pendukung Plastik polipropilen menggunakan metode analisis T-Test dari program SPSS.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Sebuah metode sensor aktivitas antioksidan berbasis plastik polipropilen merupakan pengembangan dari sensor berbasis blister. Metode sensor ini menggunakan deteksi kolorimetri dengan *scanner* dan bantuan perangkat lunak *ImageJ*. Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kondisi optimal operasional sensor antioksidan dengan matriks pendukung plastik polipropilen memerlukan penggunaan volume reagen larutan DPPH 14 $\mu$ l dan sampel 10 $\mu$ l. Konsentrasi reagen lauran DPPH yang optimal pada konsentrasi 275 ppm. Pengukuran perubahan intensitas warna karena aktivitas antioksidan menggunakan warna *Green*.
2. Karakterisasi analisis sensor aktivitas antioksidan berbasis plastik polipropilen terhadap asam galat meliputi :
  - a. Waktu respon yang diperoleh pada menit ke-1.
  - b. Linieritas yang diperoleh dari 6 macam konsentrasi asam galat 5-18 ppm menggunakan persamaan regresi  $y = 1,4181x - 6,9667$  dengan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) adalah 0,998248 dan  $Vx0$  2,878%.
  - c. Reagen kering DPPH pada sensor aktivitas anttioksidan ini memiliki batas deteksi (LOD) sebesar 0,998 ppm GAE dan batas kuantitasi (LOQ) sebesar 3,227 ppm GAE.
  - d. Presisi yang dihasilkan pada sensor aktivitas antioksidan ini dapat dikatakan baik karena memperoleh nilai  $RSD \leq 7,3\%$ .
  - e. Akurasi yang dihasilkan pada sensor aktivitas antioksidan ini telah memenuhi rentang % *Recovery* (80-110 %) dan simpangan recovery (RSD)  $\leq 7,3\%$ .
  - f. Waktu pakai pada sensor aktivitas antioksidan ini diketahui stabil selama 2 hari keika disimpan pada 2-4°C, sedangkan pada suhu kamar stabil selama 50 menit.

3. Sensor antioksidan dengan matriks pendukung plastik polipropilen ini dapat diaplikasikan pada sampel ekstrak tanaman obat karena penentuan aktivitas antioksidan dengan menggunakan metode sensor antioksidan dengan matriks pendukung plastik polipropilen sebanding dengan metode spektrofotometri UV-Vis. ( $p > 0,05$ )

## 5.2 Saran

Penelitian tentang “Pengembangan Sensor Antioksidan Berbasis Plastik untuk Ekstrak Herbal” masih diperlukan studi lebih lanjut mengenai modifikasi immobilisasi sensor dan pembuatan larutan standar serta sampel, sehingga dapat dengan mudah dan pasti dalam mengidentifikasi aktivitas antioksidan dalam ekstrak tanaman obat.



## DAFTAR PUSTAKA

- Alshawsh, M. A., M. A. Abdulla, S. Ismail, Z. A. Amin, S. W. Qader, H. A. Hadi, dan N. S. Harmal. 2012. Free radical scavenging, antimicrobial and immunomodulatory activities of *Orthosiphon stamineus*. *Molecules*. 17(5):5385–5395.
- Bellik, Y. 2014. Total antioxidant activity and antimicrobial potency of the essential oil and oleoresin of *Zingiber officinale Roscoe*. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 4(1), 40-44.
- Badarinath, A. V, K. M. Rao, C. M. S. Chetty, S. Ramkanth, T. V. S. Rajan, dan K. Gnanaprakash. 2014. Costing systems for use in public universities: the brazilian and international context. *Int. J. Educ. Res.* 2(2):1276–1285.
- Bahriul, P., N. Rahman, dan A. W. M. Diah. 2014. Antioxidant activity test of bay leave (*Syzygium polyanthum*) extract using 1,1-diphenyl-2-picrilhidrazil. *J. Akademika Kim.* 3(3):368–374.
- Chen, O., J. Zhuang, F. Guzzetta, J. Lynch, A. Angerhofer, dan Y. C. Cao. 2009. Synthesis of water-soluble 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl nanoparticles: a new standard for electron paramagnetic resonance spectroscopy. *Journal of the American Chemical Society*. 131(35):12542–12543.
- Christijanti, W. dan N. R. Utami. 2011. Efek pemberian antioksidan vitamin c dan e terhadap kualitas spermatozoa tikus putih terpapar allethrin. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*. 2(1):18–26.
- Da, M., A. S. Wahyuni, I. T. Dk, T. Azizah, A. Suhendi, dan A. Saifudin. 2016. Antioxidant activity of *Phyllanthus niruri L.* herbs : in vitro and in vivo models and isolation of active compound. 6(1):32–37.
- Diachanty, S., Nurjanah, dan A. Abdullah. 2017. Aktivitas antioksidan berbagai jenis rumput laut coklat dari perairan kepulauan seribu. *Jurnal Pengolahan Hasil Ikan Indonesia*. 20(2):305–318.

- Foti, M. C. 2015. Use and abuse of the dpph• radical. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 63(40):8765–8776.
- Goldschmidt, S. dan K. Renn. 1922. Zwei- wertiger stickstoff aber das a,a-diphenyl-8-trinitrophenyl- hydrazyl. (iv. mitteilung fiber amin-oxydation.). 628–643.
- Gumolung, D. 2017. Analisis beta karoten dari ekstrak jonjot buah labu kuning ( Cucurbita moschata ). 2(2):69–71.
- Halvorsen, B. L., K. Holte, M. C. W. Myhrstad, I. Barikmo, E. Hvattum, S. F. Remberg, A.-B. Wold, K. Haffner, H. Baugerød, L. F. Andersen, Ø. Moskaug, D. R. Jacobs, dan R. Blomhoff. 2002. A systematic screening of total antioxidants in dietary plants. *The Journal of Nutrition*. 132(3):461–471.
- Harmita, H. 2004. Petunjuk pelaksanaan validasi metode dan cara perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*. 1(3):117–135.
- Hidayat, M. A., A. Fitri, dan B. Kuswandi. 2017. Scanometry as microplate reader for high throughput method based on dpph dry reagent for antioxidant assay. *Acta Pharmaceutica Sinica B*. 7(3):395–400.
- Hidayat, M. A., P. Sari, dan B. Kuswandi. 2018. Simple scanometric assay based on dpph immobilized on pharmaceutical blister for determination of antioxidant capacity in the herbal extracts. *Marmara Pharmaceutical Journal*. 22(3):450–459.
- Hook, B., T. Sunarni, dan S. Pramono. 2007. Flavonoid antioksidan penangkap radikal dari daun kepel ( stelechocarpus burahol ( bl .) hook f . & th .) antioxidant – free radical scavenging of flavonoid from the. *Majalah Farmasi Indonesia*. 18(3):111–116.
- Hua, D., D. Zhang, B. Huang, P. Yi, dan C. Yan. 2014. Structural characterization and dpph• radical scavenging activity of a polysaccharide from guara fruits. *Carbohydrate Polymers*. 103(1):143–147.

- Huber, L. 2007. *Validation and Qualification in Analytical Laboratories. Validation and Qualification in Analytical Laboratories.*
- Irivibulkovit, K. S., S. N. Ouanthavong, dan Y. S. Ameenoi. 2018. Sirivibulkovit k et al 2018. *Analitical Siences.* 34:795–800.
- Kooti, W. dan N. Daraei. 2017. A review of the antioxidant activity of celery (*Apium graveolens L.*). *Journal of Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.* 22(4):1029–1034.
- Kusmiyati, M., Y. Sudaryat, I. A. Lutfiah, A. Rustamsyah, dan D. Rohdiana. 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.
- Kuswandi, B. 2010. *Sensor Kimia Teori, Praktek Dan Aplikasi.* Jember: Jember University Press.
- Lingxin Chen, et al. 2014. *Novel Optical Nanoprobes for Chemical and Biological Analysis.* New York: Springer International Publishing.
- Malik, A., A. R. Ahmad, dan A. Najib. 2017. Pengujian aktivitas antiokidan ekstrak terpurifikasi daun teh hijau dan jati belanda. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia.* 4(2):238–240.
- Maryam, S., R. Pratama, N. Effendi, dan T. Naid. 2016. 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.
- Molyneux, P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicryl-hydrazyl (dpph) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarinn Journal of Science and Technology.* 26(December 2003):211–219.
- Nakanishi, I., K. Ohkubo, K. Imai, M. Kamibayashi, Y. Yoshihashi, K. I. Matsumoto, K. Fukuhara, K. Terada, S. Itoh, T. Ozawa, dan S. Fukuzumi.

2015. Solubilisation of a 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical in water by  $\beta$ -cyclodextrin to evaluate the radical-scavenging activity of antioxidants in aqueous media. *Chemical Communications*. 51(39):8311–8314.
- Oktaviani, N., W. C. Prabowo, dan L. Rijai. 2015. Analisis profil kromatografi lapis tipis dan aktivitas antioksidan metabolit sekunder dari ekstrak etil asetat herba kerokot (*Lygodium microphyllum cav. r. br*). *Prosiding Seminar Nasional Kefarmasian Ke-1*. 85–90.
- POM, D. 1995. *Materia Medika Indonesia, Jilid VI*. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Rajagukguk, R., S. Kosim, dan M. Tamam. 2014. Pemberian vitamin c sebagai antioksidan terhadap fragilitas osmotik eritrosit pada thalassemia mayor. *Medica Hospitalia : Journal of Clinical Medicine*. 2(2):98–104.
- POM, D. 2014. *Farmakope Indonesia Edisi V*. Jakarta: Depkes RI.
- Magdalena<sup>1</sup> R, dan Krisanti M.R. 2019. Analisis Penyebab dan Solusi Rekonsiliasi Finished Goods Menggunakan Hipotesis Statistik dengan Metode Pengujian Independent Sample T-Test di PT.Merck, Tbk. *Jurnal TEKNO*. 16 (1): 2655-8416.
- Roby, M. H. H., M. A. Sarhan, K. A. H. Selim, dan K. I. Khalel. 2013. Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare L.*) and chamomile (*Matricaria chamomilla L.*). *Industrial Crops and Products*. 44:437–445.
- Rudke, A. R., S. Mazzutti, K. S. Andrade, L. Vitali, dan S. R. S. Ferreira. 2019. Optimization of green ple method applied for the recovery of antioxidant compounds from buriti (*Mauritia flexuosa L.*) shell. *Food Chemistry*. 298(June):125061.
- Selawa, W., M. Revolta, J. Runtuwene, G. Citraningtyas, P. Studi, F. Fmipa, dan U. Manado. 2013. Kandungan flavonoid dan kapasitas antioksidan total ekstrak etanol daun binahong [*Anredera cordifolia(ten.)steenis.*]. *Pharmacon*.

2(1):18–23.

Setiawan, F., O. Yunita, dan A. Kurniawan. 2018. Uji aktivitas antioksidan ekstrak etanol kayu secang dan frap. *Jurnal Media Pharmaceutica Indonesiana*. 2(2):82–89.

Shahat, A. A. dan and M. A. Abeer Y. Ibrahim , Saber F. Hendawy, Elsayed A. Omer, Faiza M. Hammouda, Fawzia H. Abdel-RahmanSaleh. 2011. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of essential oils from organically cultivated fennel cultivars. 1366–1377.

Sunarni, T., Pramono, S., & Asmah, R. 2007. Antioxidant–free radical scavenging of flavonoid from The Leaves of *Stelechocarpus burahol* (Bl.) Hook f. & Th. *Indonesian Journal of Pharmacy*. 18(3) 111-116.

Unachukwu, U. J., S. Ahmed, A. Kavalier, J. T. Lyles, dan E. J. Kennelly. 2010. White and green teas (*Camellia sinensis* var. *sinensis*): variation in phenolic, methylxanthine, and antioxidant profiles. *Journal of Food Science*. 75(6)

Warongan, M. N., S. Sudewi, dan A. Yudistira. 2017. Analisis fingerprint daun gedi hijau (*Abelmoschus manihot* L.) untuk memprediksi aktivitas antioksidan menggunakan kombinasi spektroskopi ir dengan partial least square regression. *Pharmacon Jurnal Ilmiah Farmasi*. 6(4):157–164.

Wientarsih, I., I. M. Hamzah, L. Farmasi, dan D. Klinik. 2013. Program studi kimia sekolah tinggi mipa bogor. 3(2)

Winarsih, H. 2007. Antioksidan Alami Dan Radikal Bebas. Cetakan Kelima. 2007.

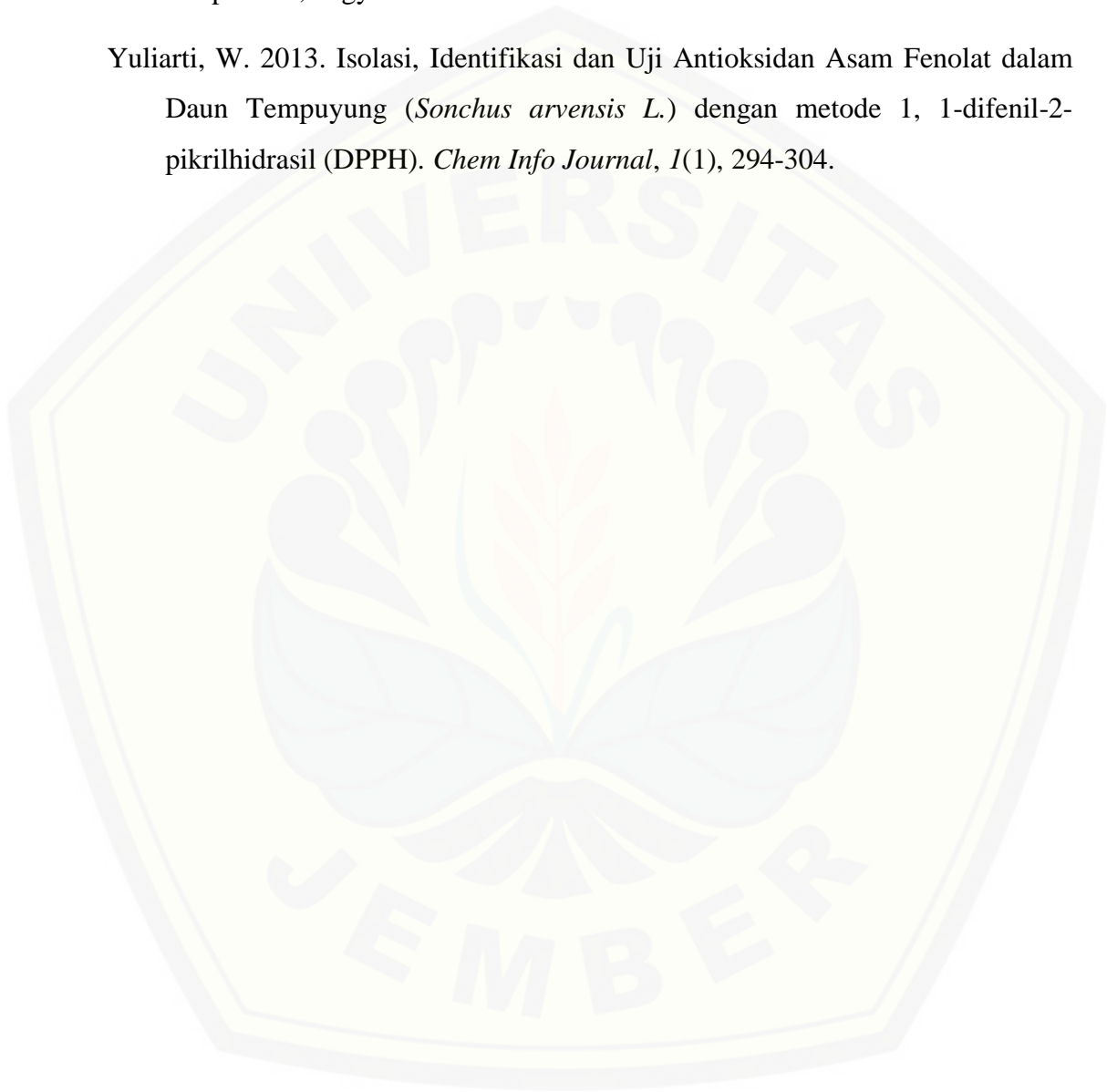
G. W. Karundeng, H. E. Simbala, dan I. Jayanto. 2019. Identifikasi Fitokimia, Uji Aktivitas Antioksidan dengan Metode *1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl* (DPPH), dan Toksisitas dengan Metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) dari Ekstrak Etanol Tangkai Buah Pinang Yaki (*Areca vestiaria* Giseke). *Pharmacon Jurnal Ilmiah Farmasi*. 8(3) : 2302 - 2493

Yulianti, et. a. 2020. Aktivitas antioksidan daun pegagan (*Centella asiatica*

*l.urban*) dan bunga krisan (*Crhysanthemum sp.*) pada tiga variasi suhu pengeringan. *Pasundan Food Technology Journal*. 6(3)

Yuslianti, E. R. 2018. Pengantar Radikal Bebas Dan Antioksidan. Deepublish;Yogyakarta. 2018.

Yuliarti, W. 2013. Isolasi, Identifikasi dan Uji Antioksidan Asam Fenolat dalam Daun Tempuyung (*Sonchus arvensis L.*) dengan metode 1, 1-difenil-2-pikrilhidrasil (DPPH). *Chem Info Journal*, 1(1), 294-304.



## LAMPIRAN

## Lampiran 4.1 Penentuan RGB yang Digunakan

1. Warna *Red* pada Konsentrasi DPPH 275 ppm

	Blanko	Konsentrasi Standar Asam Galat (ppm)					
		5,02	7,028	10,04	12,048	15,06	18,072
<i>Red</i>	195,968	198,141	200,046	202,057	202,427	205,407	207,595
<i>Red</i>	195,176	198,772	200,126	203,936	203,758	205,066	208,296
<i>Red</i>	196,659	198,796	200,061	203,964	204,935	205,024	207,727
<i>Mean Red</i>	195,934	198,570	200,078	203,319	203,707	205,166	207,873
$\Delta$ Red		2,635	4,143	7,385	7,772	9,231	11,938
SD	0,742	0,371	0,042	1,093	1,255	0,21	0,304
RSD (%)	0,379	0,187	0,021	0,538	0,616	0,102	0,146

2. Warna *Green* pada Konsentrasi DPPH 275 ppm

	Blanko	Konsentrasi Standar Asam Galat (ppm)					
		5,02	7,028	10,04	12,048	15,06	18,072
<i>Green</i>	165,084	165,63	168,57	172,987	174,957	181,004	183,551
<i>Green</i>	165,728	165,97	167,801	173,395	175,584	180,083	184,367
<i>Green</i>	166,066	165,908	168,671	173,18	175,75	181,01	183,736
<i>Mean Green</i>	165,626	165,836	168,347	173,121	175,430	180,699	183,885
$\Delta$							
<i>Green</i>		0,21	2,521	7,495	9,804	15,071	18,259
SD	0,499	0,181	0,476	0,214	0,418	0,533	0,428
RSD (%)	0,03	0,11	0,282	0,124	0,238	0,295	0,233

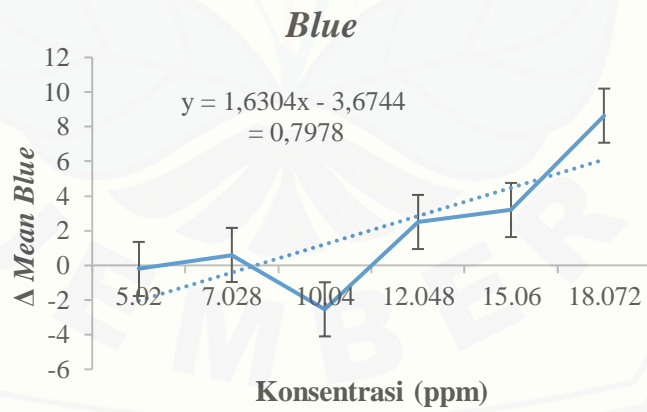
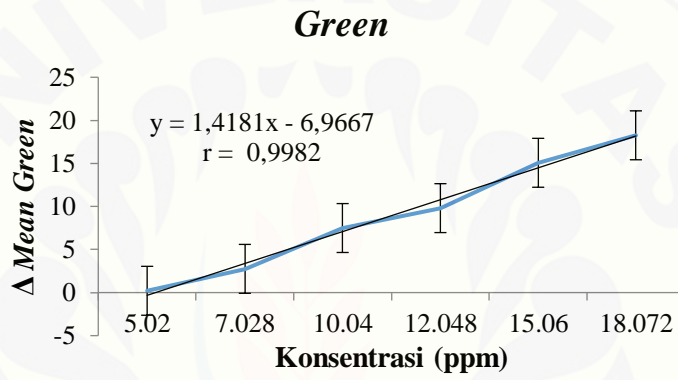
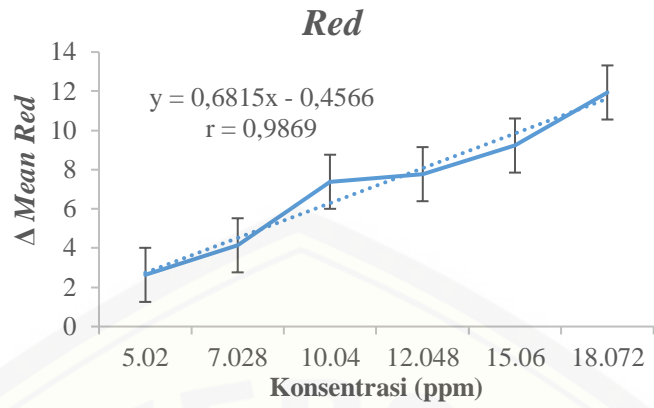
3. Warna *Blue* pada Konsentrasi DPPH 275 ppm

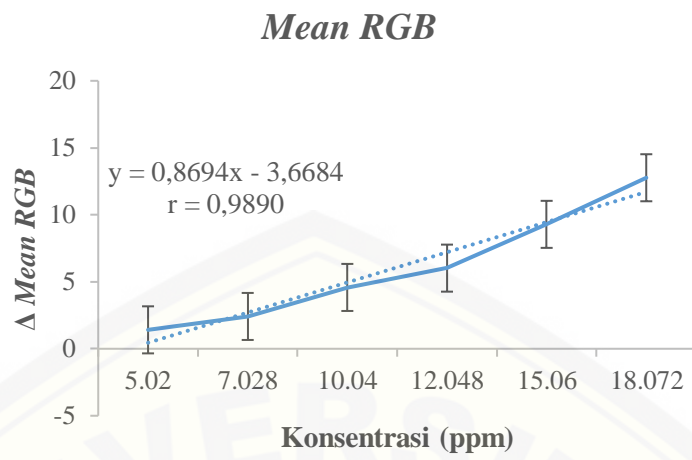
	Blanko	Konsentrasi Standar Asam Galat (ppm)					
		5,02	7,028	10,04	12,048	15,06	18,072
<i>Blue</i>	184,57	185,761	185,748	182,602	186,513	186,644	194,978
<i>Blue</i>	185,062	183,002	185,34	181,923	189,326	188,612	194,05
<i>Blue</i>	185,19	185,432	185,538	182,681	186,495	189,149	191,712
<i>Mean</i>							
<i>Blue</i>	184,941	184,732	185,542	182,402	187,445	188,135	193,58
$\Delta$ <i>Blue</i>		-0,209	0,601	-2,539	2,504	3,194	8,639
SD	0,327	1,507	0,204	0,417	1,629	1,319	1,683
RSD (%)	0,177	0,816	0,111	0,229	0,869	0,701	0,869

4. Warna *Mean RGB* pada Konsentrasi DPPH 275 ppm

	Blanko	Konsentrasi Standar Asam Galat (ppm)					
		5,02	7,028	10,04	12,048	15,06	18,072
<i>Mean RGB</i>	181,874	183,572	183,415	185,042	187,364	191,449	195,287
<i>Mean RGB</i>	182,046	182,288	185,296	187,190	189,301	189,824	194,297
<i>Mean RGD</i>	181,612	183,909	184,062	187,035	186,924	192,117	194,242
Rata-rata							
<i>Mean RGB</i>	181,844	183,256	184,258	186,422	187,863	191,13	194,609
$\Delta$							
<i>Mean RGB</i>		1,412	2,414	4,578	6,019	9,286	12,765
SD	0,218	0,855	0,956	1,198	1,265	1,179	0,588
RSD (%)	0,12	0,466	0,519	0,643	0,673	0,617	0,302



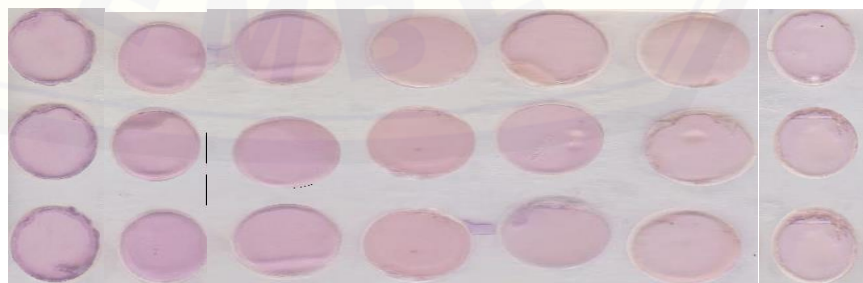
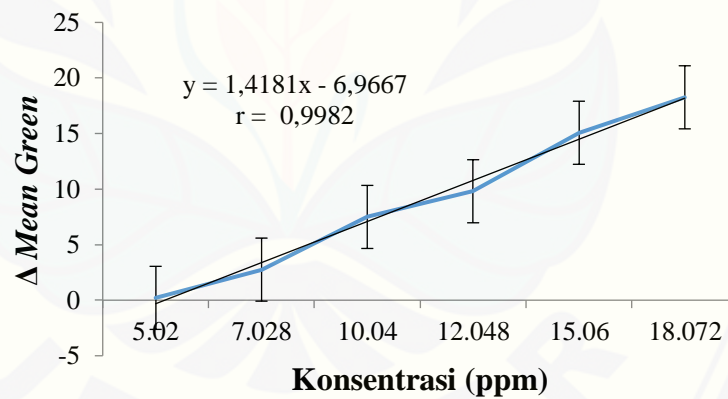




### Lampiran 4.2 Optimasi Konsentrasi reagen DPPH

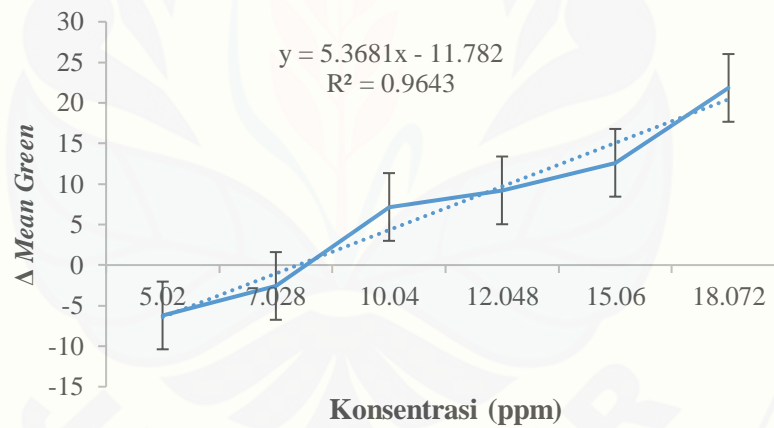
#### 1. Konsentrasi DPPH 275 ppm

	Blanko	Konsentrasi Standar Asam Galat (ppm)					
		5,02	7,028	10,04	12,048	15,06	18,072
<i>Green</i>	165,084	165,63	168,57	172,987	174,957	181,004	183,551
<i>Green</i>	165,728	165,97	167,801	173,395	175,584	180,083	184,367
<i>Green</i>	166,066	165,908	168,671	173,18	175,75	181,01	183,736
<i>Mean</i>							
<i>Green</i>	165,626	165,836	168,347	173,121	175,430	180,699	183,885
$\Delta$							
<i>Green</i>		0,21	2,521	7,495	9,804	15,071	18,259
SD	0,499	0,181	0,476	0,214	0,418	0,533	0,428
RSD	0,03	0,11	0,282	0,124	0,238	0,295	0,233



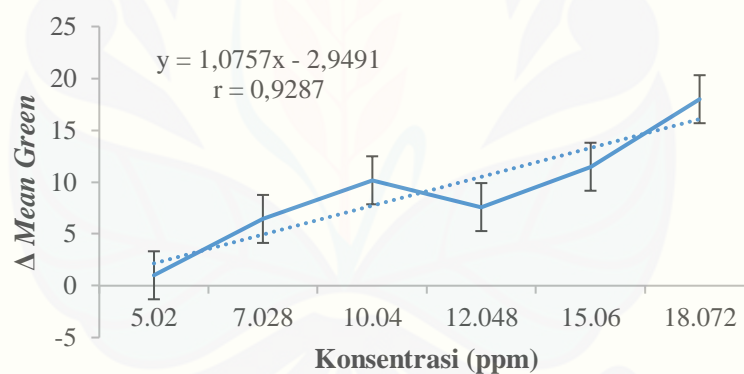
2. Konsentrasi DPPH 300 ppm

	Blanko	Konsentrasi Standar Asam Galat (ppm)					
		5,02	7,028	10,04	12,048	15,06	18,072
<i>Green</i>	165,034	160,085	164,342	173,171	173,915	179,169	188,66
<i>Green</i>	166,679	162,076	162,843	172,345	176,706	177,432	187,735
<i>Green</i>	164,183	158,098	163,987	174,868	175,905	180,129	188,03
<i>Mean</i>							
<i>Green</i>	165,299	160,086	163,724	173,461	175,509	178,91	188,142
$\Delta$							
<i>Green</i>		-6,212	-2,575	7,163	9,21	12,611	21,843
<i>SD</i>	1,269	1,989	0,783	1,286	1,437	1,367	0,472
<i>RSD</i>	0,768	1,242	0,478	0,742	0,819	0,764	0,251



## 3. Konsentrasi DPPH 325 ppm

	Blanko	Konsentrasi Standar Asam Galat (ppm)					
		5,02	7,028	10,04	12,048	15,06	18,072
<i>Green</i>	172,46	173,382	178,401	183,263	182,119	185,093	189,99
<i>Green</i>	173,06	173,881	178,872	182,519	178,972	184,573	189,861
<i>Green</i>	172,82	174,092	180,395	183,061	180,007	183,101	192,461
<i>Mean</i>							
<i>Green</i>	172,78	173,785	179,223	182,948	180,366	184,256	190,771
$\Delta$							
<i>Green</i>		1,005	6,443	10,168	7,586	11,476	17,991
SD	0,302	0,365	1,042	0,385	1,604	1,033	1,465
RSD	0,175	0,21	0,581	0,21	0,889	0,561	0,768



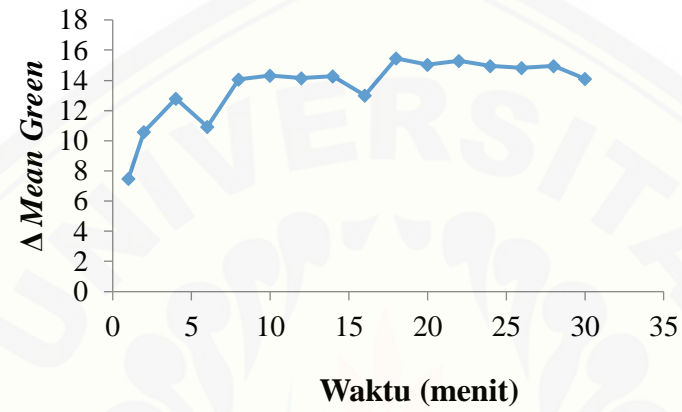
**Lampiran 4.3 Penentuan Waktu Respon**

Rep.	Menit ke-1		Menit ke-2		Menit ke-4		Menit ke-6		Menit ke-8		Menit ke-10	
	10,04 ppm	Blanko	10,04 ppm	Blanko	10,04 ppm	Blanko	10,04 ppm	Blanko	10,04 ppm	Blanko	10,04 ppm	Blanko
1	171,696	164,084	175,821	164,977	180,324	166,589	179,569	168,641	183,792	170,394	185,592	170,858
2	173,987	166,728	179,821	167,376	184,404	168,967	179,577	168,655	188,252	171,979	189,567	173,137
3	173,679	166,066	172,937	166,175	177,588	168,347	179,679	168,653	181,785	169,238	183,445	171,697
<i>Mean</i>												
<i>green</i>	173,121	165,626	176,193	166,176	180,772	167,968	179,579	168,65	184,609	170,537	186,201	171,897
<i>Δ mean</i>												
<i>green</i>	7,495	-	10,017	-	12,804	-	11,262	-	14,073	-	14,304	-
SD	1,243	1,376	3,457	1,199	3,430	1,233	1,760	1,528	3,310	1,376	3,106	1,153

Rep.	Menit ke-12		Menit ke-14		Menit ke-16		Menit ke-18		Menit ke-20	
	10,04 ppm	Blanko	10,04 ppm	Blanko	10,04 ppm	Blanko	10,04 ppm	Blanko	10,04 ppm	Blanko
1	187,092	172,501	187,630	172,882	188,160	175,514	191,316	174,833	192,345	175,688
2	190,366	174,817	190,812	175,619	191,629	176,811	193,205	176,657	193,242	178,064
3	184,852	172,580	186,074	173,226	187,247	175,717	188,825	175,500	189,152	175,829
<i>Mean</i>										
<i>green</i>	187,437	173,299	188,172	173,909	189,012	176,014	191,115	175,663	191,579	176,527
<i>Δ mean</i>										
<i>green</i>	14,137	-	14,263	-	12,998	-	15,452	-	15,053	-
SD	2,773	1,315	2,415	1,491	2,312	0,698	2,197	0,923	2,1497	1,333

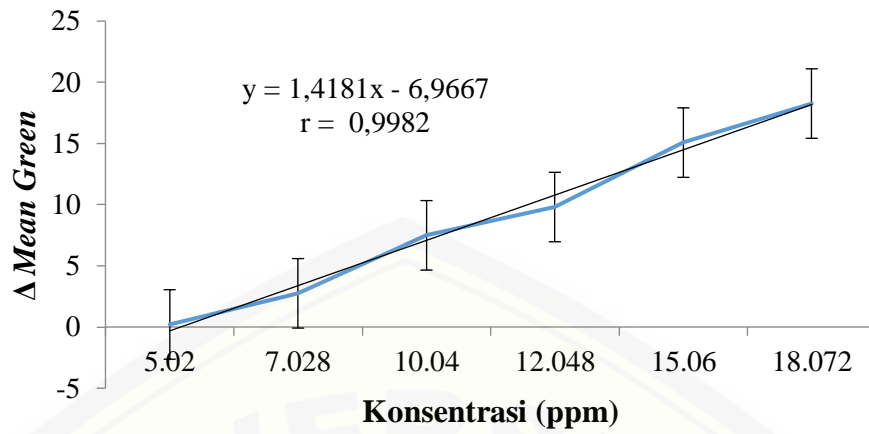
Rep.	Menit ke-22		Menit ke-24		Menit ke-26		Menit ke-28		Menit ke-30	
	10,04 ppm	Blanko	10,04 ppm	Blanko	10,04 ppm	Blanko	10,04 ppm	Blanko	10,04 ppm	Blanko
1	192,262	170,858	192,961	176,863	193,551	177,711	194,490	178,160	194,758	179,157
2	194,531	173,137	193,952	178,904	194,447	179,394	194,810	179,856	195,299	181,152
3	190,013	171,697	190,871	177,171	191,434	177,878	191,819	178,200	192,307	179,743
<i>Mean</i>										
<i>green</i>	192,2687	171,897	192,595	177,646	193,144	178,328	193,706	178,739	194,121	180,017
<i>Δ mean</i>										
<i>green</i>	15,307	-	14,949	-	14,816	-	14,968	-	14,104	-
SD	2,259	1,153	1,573	1,100	1,547	0,927	1,642	0,968	1,594	1,025





**Lampiran 4.4 Linieritas**

	Blanko	Konsentrasi Standar Asam Galat (ppm)					
		5,02	7,028	10,04	12,048	15,06	18,072
<i>Green</i>	165,084	165,63	168,57	172,987	174,957	181,004	183,551
<i>Green</i>	165,728	165,97	167,801	173,395	175,584	180,083	184,367
<i>Green</i>	166,066	165.908	168,671	173,18	175,75	181,01	183,736
<i>Mean</i>	165,626	165.836	168,347	173,121	175,430	180,699	183,885
$\Delta$							
<i>Mean</i>		0,21	2,521	7,495	9,804	15,071	18,259
SD	0,499	0,181	0,476	0,214	0,418	0,533	0,428
RSD	0,03	0.11	0.282	0,124	0,238	0,295	0,233



**Output : Result**

```

Method           : Linearity
Probability       : 95%
Number of data   : 6
Line equation    : Y = -6.96667400 + 1.41810600X
Correlation coefficient : 0.99826570
Sy value         : 0.45762600
Vx0 value        : 2.87835800%
Xp value         : 1.96196500

The Correlation coefficient is fulfilled the requirement ( > 0.99 )
The Vx0 value is fulfilled the requirement ( 0% to 5% )
The Xp value is OK ( < 5.02000000 )
    
```

**Lampiran 4.5 LOD dan LOQ**

Konsentrasi Asam Galat (X)	$\Delta$ Mean Green	Yi	$(Y - Yi)$	$(Y - Yi)^2$
5,02 ppm	0,21	0,152	0,058	0,0033
7,028 ppm	2,755	2,999	-0,244	0,0600
10,04 ppm	7,495	7,271	0,224	0,0500
12,048 ppm	9,804	10,119	-0,315	0,0988
15,06 ppm	15,071	14,390	0,681	0,4636
18,072 ppm	18,259	18,661	-0,402	0,1620
			$\Sigma(Y - Yi)^2$	0,8377
			$S(\frac{y}{x})^2$	0,2094
			$S(\frac{y}{x})$	0,4576
			LOD	0,9681
			LOQ	3,22713

$$S(\frac{y}{x})^2 = \frac{\Sigma(Y - Yi)^2}{(N - 2)}$$

$$= \frac{0,8377}{4}$$

$$= 0,2094$$

$$S(\frac{y}{x}) = 0,4576$$

$$LOD = \frac{3 \times S(\frac{y}{x})}{b}$$

$$= \frac{3 \times 0,4576}{1,4181}$$

$$= 0,9681 \text{ ppm GAE}$$

$$LOQ = \frac{10 \times S(\frac{y}{x})}{b}$$

$$= \frac{10 \times 0,4576}{1,4181}$$

$$= 3,2271 \text{ ppm GAE}$$

**Lampiran 4.6 Presisi**

## 1. Standard Asam Galat Konsentrasi 9 ppm

Hasil Scan :



	Blangko	R1	R2	R3	R4	R5	R6
<i>Green</i>	163,626	171,031	171,138	170,758	170,75	170,688	171,038
$\Delta$ <i>Green</i>		5,405	5,512	5,132	5,124	5,062	5,412
X		8,724	8,799	8,532	8,526	8,482	8,727
Mean X	8,621 ppm GAE						
SD	0,1445						
RSD	1,68						

## 2. Sampel Ekstrak Methanol Adas Putih 1%

Hasil Scan :



	Blangko	R1	R2	R3	R4	R5	R6
<i>Green</i>	165,626	172,032	172,326	172,019	172,935	170,527	172,047
$\Delta$ <i>Green</i>	-	6,406	6,700	6,393	7,309	4,901	6,421
X	-	9,430	9,450	9,421	10,067	8,3687	9,440
Mean X	9,363 ppm GAE						
SD	0,5487						
RSD	5,860						

**Lampiran 4.7 Akurasi**

## 1. Akurasi standart asam galat

## a. Adisi 30 %

$$\frac{30}{100} \times 8,624 \text{ ppm} = 2,586 \text{ ppm}$$

$$\frac{2,586}{1000} \left( \frac{\text{mg}}{\text{ml}} \right) \times 10 \text{ ml} = 0,026 \text{ mg}$$

Asam galat yang ditambahkan: 0,026 mg

x Teoritis : 11,207 ppm GAE

Hasil Scan :



	Green	$\Delta$ Mean Green	Xc (ppm GAE)	% Recovery
Replikasi 1	174,932	9,306	11,475	102,391
Replikasi 2	174,242	8,616	10,988	98,045
Replikasi 3	174,449	8,823	11,134	99,348
Mean				99,928
SD				2,230
RSD (%)				2,230

b. Adisi 45%

$$\frac{45}{100} \times 8,624 \text{ ppm} = 3,879 \text{ ppm}$$

$$\frac{3,879}{1000} \left( \frac{\text{mg}}{\text{ml}} \right) \times 10 \text{ ml} = 0,039 \text{ mg}$$

Asam galat yang ditambahkan: 0,039 mg

x Teoritis : 12,500 ppm GAE

Hasil Scan :



	Green	$\Delta$ Mean Green	Xc (ppm GAE)	% Recovery
Replikasi 1	176,041	10,415	12,257	98,20
Replikasi 2	176,298	10,672	12,438	99,440
Replikasi 3	176,716	11,090	12,733	101,864
Mean				99,835
SD				1,864
RSD (%)				1,867

c. Adisi 60%

$$\frac{60}{100} \times 8,624 \text{ ppm} = 5,173 \text{ ppm}$$

$$\frac{5,173}{1000} \left( \frac{\text{mg}}{\text{ml}} \right) \times 10 \text{ ml} = 0,052 \text{ mg}$$

Asam galat yang ditambahkan: 0,052 mg

x Teoritis : 13,795 ppm GAE

Hasil Scan :



	<i>Green</i>	$\Delta$ Mean Green	Xc (ppm GAE)	% Recovery
Replikasi 1	177,696	12,070	13,424	97,325
Replikasi 2	178,398	12,772	13,919	100,91
Replikasi 3	178,289	12,663	13,578	98,445
<i>Mean</i>				98,893
SD				1,834
RSD (%)				1,854



## 2. Akurasi sampel ekstrak methanol Adas Putih 1%

## a. Adisi 30 %

$$\frac{30}{100} \times 9,363 \text{ ppm} = 2,809 \text{ ppm}$$

$$\frac{2,809}{1000} \left( \frac{\text{mg}}{\text{ml}} \right) \times 10 \text{ ml} = 0,028 \text{ mg}$$

Asam galat yang ditambahkan: 0,028 mg

x Teoritis : 12, 172 ppm GAE

Hasil scan :



	<i>Green</i>	$\Delta$ Mean Green	Xc (ppm GAE)	% Recovery
Replikasi 1	175,7	10,074	12,0165	98,722
Replikasi 2	175,6	9,974	11,952	98,192
Replikasi 3	175,316	9,69	11,746	96,498
Mean				97,804
SD				1,162
RSD (%)				1,187

b. Adisi 45%

$$\frac{45}{100} \times 9,363 \text{ ppm} = 4,213 \text{ ppm}$$

$$\frac{4,213}{1000} \left( \frac{\text{mg}}{\text{ml}} \right) \times 10 \text{ ml} = 0,042 \text{ mg}$$

Asam galat yang ditambahkan: 0,042 mg

x Teoritis :13,576 ppm GAE

Hasil Scan :



	<i>Green</i>	$\Delta$ Mean Green	Xc (ppm GAE)	% Recovery
Replikasi 1	177,653	12,027	13,394	98,667
Replikasi 2	177,477	11,851	13,296	97,937
Replikasi 3	178,21	12,584	13,786	101,546
Mean				99,383
SD				1,908
RSD (%)				1,920

c. Adisi 60%

$$\frac{60}{100} \times 9,363 \text{ ppm} = 5,618 \text{ ppm}$$

$$\frac{5,618 \left(\frac{mg}{ml}\right)}{1000} \times 10ml = 0,056 \text{ mg}$$

Asam galat yang ditambahkan: 0,056 mg

x Teoritis : 14,981 ppm GAE

Hasil Scan :



	<i>Green</i>	$\Delta$ Mean <i>Green</i>	Xc (ppm GAE)	% Recovery
Replikasi 1	180,069	14,443	15,097	100,775
Replikasi 2	179,681	14,055	14,823	98,945
Replikasi 3	179,824	14,198	14,925	99,626
Mean				99,782
SD				0,925
RSD (%)				0,927

**Lampiran 4.8 Waktu Pakai**

## 1. Waktu Pakai Sensor Antioksidan Berbasis Plastik Polipropilen dalam Kamar.

<i>Mean Green</i> (Replikasi ke-)	Waktu (Menit ke-)						
	0	10	20	30	40	50	60
1	170,92 7	182,95	186,91	190,35 1	195,37 1	194,23 3	200,68 9
2	173,42 8	183,10 4	185,84 2	188,01 5	192,37 4	190,34 2	196,25 1
3	173,96 7	185,68 5	189,27	192,30 4	197,14 5	197,11 4	201,49 6
Rata-rata	172,77 4	183,91 3	187,34 1	190,22 3	194,96 3	193,89 6	199,47 9
%	-	6,76	8,84	10,59	13,466	12,819	16,200
Peningkatan n <i>Mean Green</i>							

## 2. Waktu Pakai Sensor Aktivitas Antioksidan Berbasis Plastik Polipropilen pada suhu lemari es (2-4° C).

<i>Mean Green</i> (Replikasi ke-1)	Waktu (Hari ke-)			
	0	1	2	3
1	170,927	195,459	193,432	204,782
2	173,428	195,289	192,396	206,86
3	173,967	192,394	192,227	204,663
Rata-rata	172,774	194,3807	192,685	205,435
% Peningkatan <i>Mean Green</i>		13,113	12,084	19,420

## Lampiran 4.9 Pengukuran Sampel dengan Sensor Aktivitas Antioksidan Berbasis Plastik Polipropilen

	Blanko	Sampel Ekstrak Metanol									
		TH 1%	JB 1%	AP 1%	S 1%	KK 1%	P 1%	J 0,5%	K 0,3 %	T 1%	M 0,2%
<i>Green</i> (R1)	165,084	167,372	174,48	172,032	172,29	178,373	183,342	179,425	178,959	167,135	182,557
<i>Green</i> (R2)	165,728	167,424	174,724	172,326	172,162	178,89	183,46	179,439	177,674	167,451	181,958
<i>Green</i> (R3)	166,066	166,799	175,007	172,047	172,164	179,47	183,287	179,495	179,432	166,485	182,317
<i>Mean Green</i>	165,626	167,198	174,737	172,135	172,2053	179,349	183,363	179,453	178,688	167,024	182,277
$\Delta$ <i>Mean Green</i>	-	1,572	9,111	6,509	6,579	13,723	17,737	13,827	13,062	1,398	16,651
SD		0,347	0,264	0,165	0,073	0,412	0,170	0,037	0,91	0,492	0,066
RSD (%)		0,207	0,15	0,1	1,109		0,958	0,267	0,509	0,294	0,597
x (ppm GAE)		6,022	11,337	9,503	9,553	14,590	17,420	14,590	14,124	5,898	16.654

Hasil Scan :

1. TH



2. AP



3. S



4. KK



5. P



6. J



7. K



8. T



9. JB



10. M



**Perhitungan Kapasitas Ekstrak Metanol Sampel:**

## Ekstrak Jahe

Kapasitas Jahe pada konsentrasi 0,5 % = 14,590 ppm GAE

Pembuatan Jahe 0,5% dengan cara pengenceran 1 ml ekstrak jahe 1% ad metanol pa 2 ml.

Kapasitas antioksidan Jahe pada konsentrasi 1%:

$$\frac{1 \text{ ml}}{2 \text{ ml}} \times x \text{ 1\%} = 14,590 \text{ ppm GAE}$$

$$x \text{ 1\%} = 14,590 \text{ ppm GAE} \times \frac{2 \text{ ml}}{1 \text{ ml}}$$

$$x \text{ 1\%} = 29,180 \text{ ppm GAE}$$

## Ekstrak Kepel

Kapasitas Kepel pada konsentrasi 0,3 % = 14,124 ppm GAE

Pembuatan ekstrak kepel 0,3 % dengan cara mengencerkan 1ml ekstrak kepel 1% ad metanol pa 3 ml.

Kapasitas antioksidan ekstrak kepel pada konsentrasi 1% :

$$\frac{1 \text{ ml}}{3 \text{ ml}} \times x \text{ 1\%} = 14,124 \text{ ppm GAE}$$

$$x \text{ 1\%} = 14,124 \text{ ppm GAE} \times \frac{3 \text{ ml}}{1 \text{ ml}}$$

$$x \text{ 1\%} = 42,372 \text{ ppm GAE}$$

## Ekstrak Meniran

Kapasitas antioksidan ekstrak meniran pada konsentrasi 0,2 % = 16,654 ppm GAE.

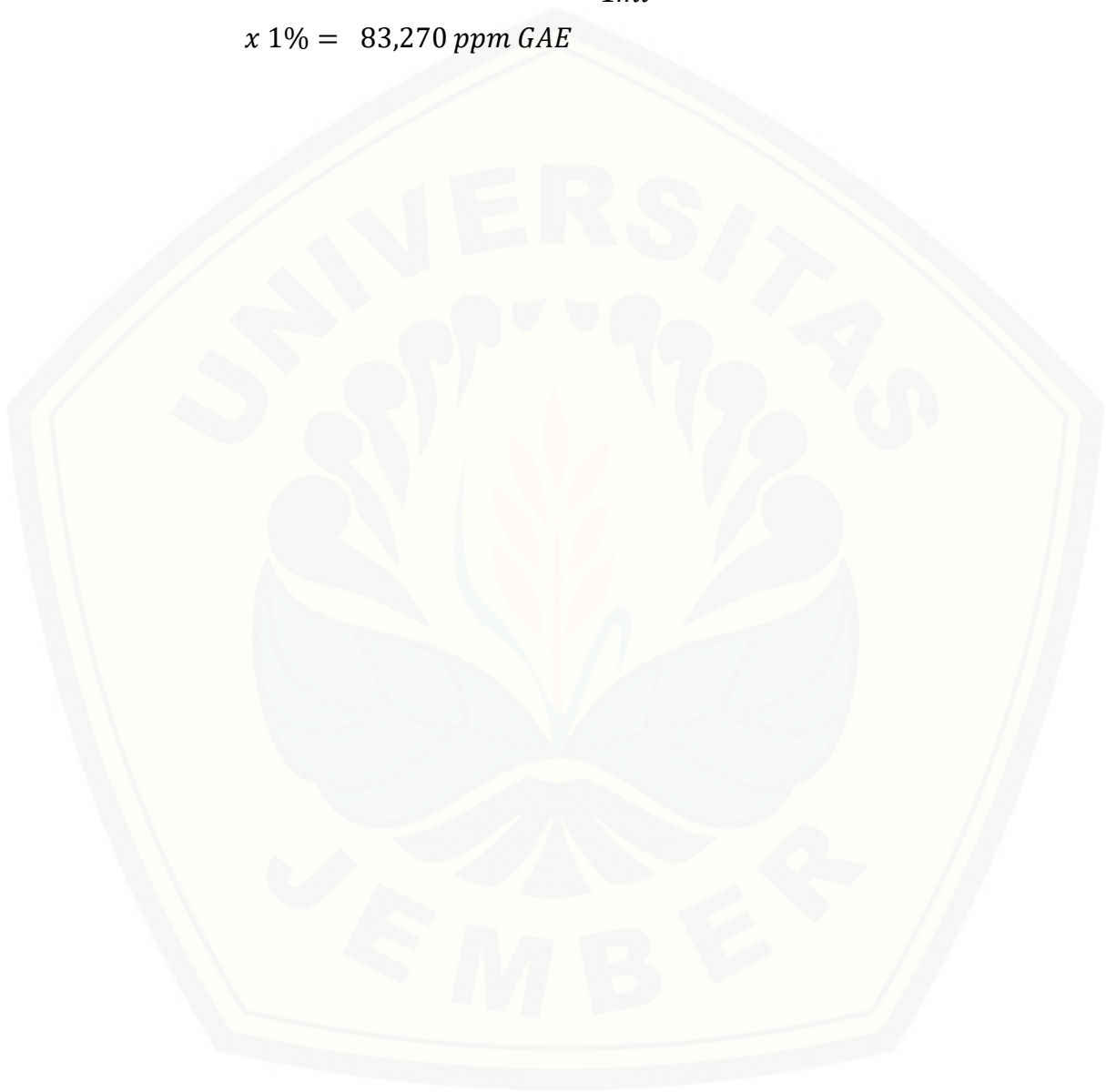
Pembuatan ekstrak meniran 0,2 % dengan cara mengencerkan 1 ml ekstrak meniran 1% ad metanol pa 5 ml.

Kapasitas antioksidan ekstrak meniran pada konsentrasi 1% :

$$\frac{1 \text{ ml}}{5 \text{ ml}} \times x \text{ 1\%} = 16,654 \text{ ppm GAE}$$

$$x \text{ 1\%} = 16,654 \text{ ppm GAE} \times \frac{5 \text{ ml}}{1 \text{ ml}}$$

$$x \text{ 1\%} = 83,270 \text{ ppm GAE}$$

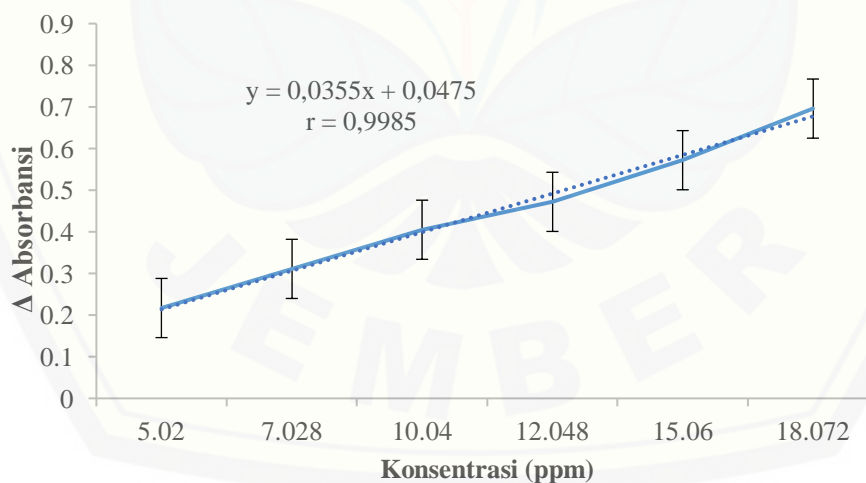




### Lampiran 4.10 Kurva Kalibrasi Standar Asam Galat dengan Spektrofotometri UV - Vis

Kurva Standard Asam Galat

	Kontrol	Konsentrasi Standard Asam Galat (ppm)					
	DPPH	5,02	7,028	10,04	12,048	15,06	18,072
Absorbansi							
Replikasi 1	1,154	0,941	0,851	0,757	0,680	0,598	0,465
Absorbansi							
Replikasi 2	1,164	0,948	0,853	0,759	0,699	0,59	0,467
Absorbansi							
Replikasi 3	1,169	0,945	0,85	0,755	0,691	0,583	0,465
Rata-rata							
Absorbansi	1,162	0,945	0,851	0,757	0,690	0,590	0,466
$\Delta$ Absorbansi	-	0,217	0,311	0,405	0,472	0,572	0,696
SD	0,008	0,004	0,002	0,002	0,009	0,008	0,001
RSD	0,600	0,372	0,186	0,264	1,38	1,27	2,08



Lampiran 4.11 Pengukuran Sampel dengan Spektrofotometri Uv-Vis

	Kontrol	Sampe Ekstrak Metanol									
	(DPPH)	TH 1%	JB 1%	J 0,5%	AP 1%	S 1%	KK 1%	P 1%	K 0,3%	T 1%	M 0,2%
Absorbansi											
Replikasi 1	1,154	0,891	0,706	0,584	0,773	0,771	0,589	0,490	0,596	0,934	0,516
Absorbansi											
Replikasi 2	1,164	0,899	0,688	0,594	0,768	0,770	0,604	0,483	0,576	0,930	0,531
Absorbansi											
Replikasi 3	1,169	0,883	0,693	0,590	0,771	0,772	0,595	0,495	0,573	0,910	0,522
Rata-rata											
Absorbansi	1,162	0,891	0,696	0,589	0,770	0,771	0,599	0,489	0,582	0,925	0,523
$\Delta$ Absorbansi		0,271	0,466	0,573	0,392	0,391	0,563	0,673	0,580	0,237	0.
SD	0,008	0,008	0,006	0,004	0,012	0,004	0,006	0,001	0,012	0,013	0,008
RSD (%)	0,6	0,898	0,843	0,674	1,544	0,516	1,189	0,202	2,062	1,405	1,338
X(ppm GAE)	-	6,309	11,792	14,799	9,748	9,692	14,603	17,611	15,020	5,38	16,655

**Perhitungan Kapasitas Ekstrak Metanol Sampel:**

## Ekstrak Jahe

Kapasitas Jahe pada konsentrasi 0,5 % = 14,799 ppm GAE

Pembuatan Jahe 0,5% dengan cara pengenceran 1 ml ekstrak jahe 1% ad metanol pa 2 ml.

Kapasitas antioksidan Jahe pada konsentrasi 1%:

$$\frac{1 \text{ ml}}{2 \text{ ml}} \times x \text{ 1\%} = 14,799 \text{ ppm GAE}$$

$$x \text{ 1\%} = 14,799 \text{ ppm GAE} \times \frac{2 \text{ ml}}{1 \text{ ml}}$$

$$x \text{ 1\%} = 29,598 \text{ ppm GAE}$$

## Ekstrak Kepel

Kapasitas Kepel pada konsentrasi 0,3 % = 15,020 ppm GAE

Pembuatan ekstrak kepel 0,3 % dengan cara mengencerkan 1ml ekstrak kepel 1% ad metanol pa 3 ml.

Kapasitas antioksidan ekstrak kepel pada konsentrasi 1% :

$$\frac{1 \text{ ml}}{3 \text{ ml}} \times x \text{ 1\%} = 15,020 \text{ ppm GAE}$$

$$x \text{ 1\%} = 15,020 \text{ ppm GAE} \times \frac{3 \text{ ml}}{1 \text{ ml}}$$

$$x \text{ 1\%} = 45,060 \text{ ppm GAE}$$

## Ekstrak Meniran

Kapasitas antioksidan ekstrak meniran pada konsentrasi 0,2 % = 16,655 ppm GAE.

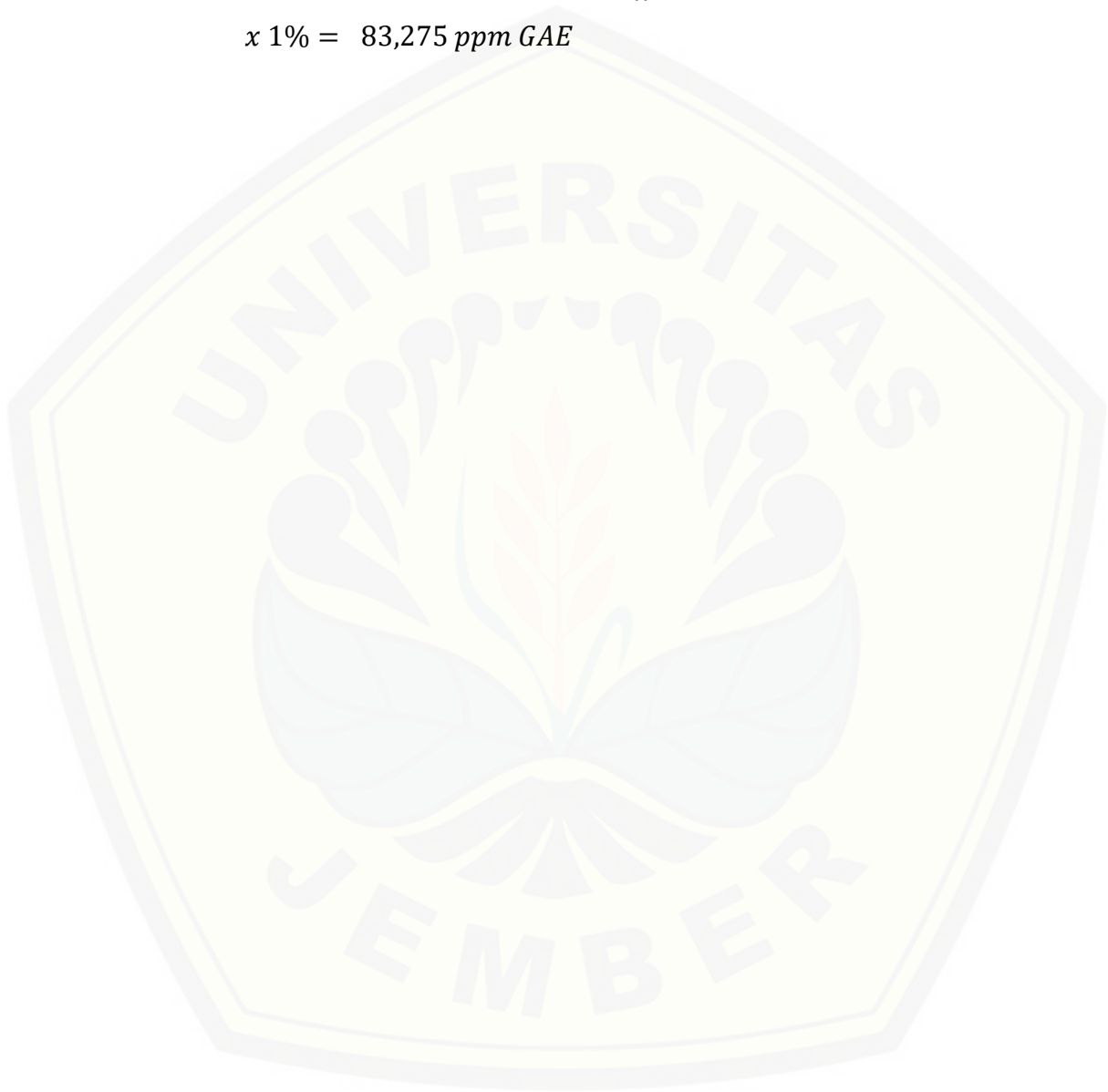
Pembuatan ekstrak meniran 0,2 % dengan cara mengencerkan 1 ml ekstrak meniran 1% ad metanol pa 5 ml.

Kapasitas antioksidan ekstrak meniran pada konsentrasi 1% :

$$\frac{1 \text{ ml}}{5 \text{ ml}} \times x \text{ 1\%} = 16,655 \text{ ppm GAE}$$

$$x \text{ 1\%} = 16,655 \text{ ppm GAE} \times \frac{5 \text{ ml}}{1 \text{ ml}}$$

$$x \text{ 1\%} = 83,275 \text{ ppm GAE}$$



**Lampiran 4.12 Signifikasi Perbandingan Pengukuran Metode Sensor Aktivitas Antioksidan dengan Spektrofotometri UV-Vis**

1. Teh Hijau

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	T	df
Kapasitas Antioksidan	Equal variances assumed	.178	.695	-1.500	4
	Equal variances not assumed			-1.500	3.973

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Kapasitas Antioksidan	Equal variances assumed	.208	-.287667	.191755
	Equal variances not assumed	.208	-.287667	.191755

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Equal variances assumed		-.820065	.244732

Kandungan Antioksidan	Equal variances not assumed	-.821484	.246151
--------------------------	-----------------------------	----------	---------



2. Jati Belanda

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	T	df
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	.699	.450	-2.417	4
	Equal variances not assumed			-2.417	3.338

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	.073	-.493333	.204130
	Equal variances not assumed	.086	-.493333	.204130

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Kapasitas Antioksidan	Equal variances assumed	-1.060088	.073421
	Equal variances not assumed	-1.107317	.120650

3. Jahe

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	T	df
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	4.128	.112	-1.478	4
	Equal variances not assumed			-1.478	2.159

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	.213	-.115333	.078037
	Equal variances not assumed	.269	-.115333	.078037

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	-.331999	.101332
	Equal variances not assumed	-.428467	.197801



4. Adas Putih

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	T	df
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	.018	.900	-2.558	4
	Equal variances not assumed			-2.558	3.999

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	.063	-.245333	.095909
	Equal variances not assumed	.063	-.245333	.095909

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	-.511620	.020953
	Equal variances not assumed	-.511636	.020969

5. Seledri

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	T	df
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	6.947	.058	-2.084	4
	Equal variances not assumed			-2.084	2.350

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	.106	-.218333	.104764
	Equal variances not assumed	.153	-.218333	.104764

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	-.509206	.072539
	Equal variances not assumed	-.610459	.173793

6. Kumis Kucing

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	T	df
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	.667	.460	-1.263	4
	Equal variances not assumed			-1.263	3.100

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	.275	-.322000	.254848
	Equal variances not assumed	.293	-.322000	.254848

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	-1.029572	.385572
	Equal variances not assumed	-1.118501	.474501

7. Pegagan

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	T	df
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	2.054	.225	-1.723	4
	Equal variances not assumed			-1.723	2.512

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	.160	-.183000	.106180
	Equal variances not assumed	.201	-.183000	.106180

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	-.477803	.111803
	Equal variances not assumed	-.561236	.195236

8. Kepel

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	T	df
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	1.840	.246	-1.977	4
	Equal variances not assumed			-1.977	2.913

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	.119	-.839333	.424599
	Equal variances not assumed	.145	-.839333	.424599

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	-2.018210	.339543
	Equal variances not assumed	-2.213589	.534922

## 9. Tempuyung

## Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	T	df
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	.008	.933	1.837	4
	Equal variances not assumed			1.837	3.913

## Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	.140	.588000	.320003
	Equal variances not assumed	.142	.588000	.320003

## Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	-.300472	1.476472
	Equal variances not assumed	-.308313	1.484313

10. Meniran

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	T	df
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	.180	.693	-1.892	4
	Equal variances not assumed			-1.892	3.704

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	.131	-.387333	.204753
	Equal variances not assumed	.137	-.387333	.204753

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Kapasitas antioksidan	Equal variances assumed	-.955819	.181152
	Equal variances not assumed	-.974190	.199524

Lampiran 4.13 Kemasan dan Brosur Sensor

