



**PENGEMBANGAN SENSOR ALKALOID BERBASIS REAGEN
KERING ASAM SULFAT-DIKROMAT MENGGUNAKAN
BLISTER PADA EKSTRAK TANAMAN OBAT**

SKRIPSI

Oleh:

Silka Annisa Shania

NIM 162210101103

BAGIAN KIMIA FARMASI

FAKULTAS FARMASI

UNIVERSITAS JEMBER

2020



**PENGEMBANGAN SENSOR ALKALOID BERBASIS REAGEN
KERING ASAM SULFAT-DIKROMAT MENGGUNAKAN
BLISTER PADA EKSTRAK TANAMAN OBAT**

SKRIPSI

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

Oleh:

Silka Annisa Shania

NIM 162210101103

BAGIAN KIMIA FARMASI

FAKULTAS FARMASI

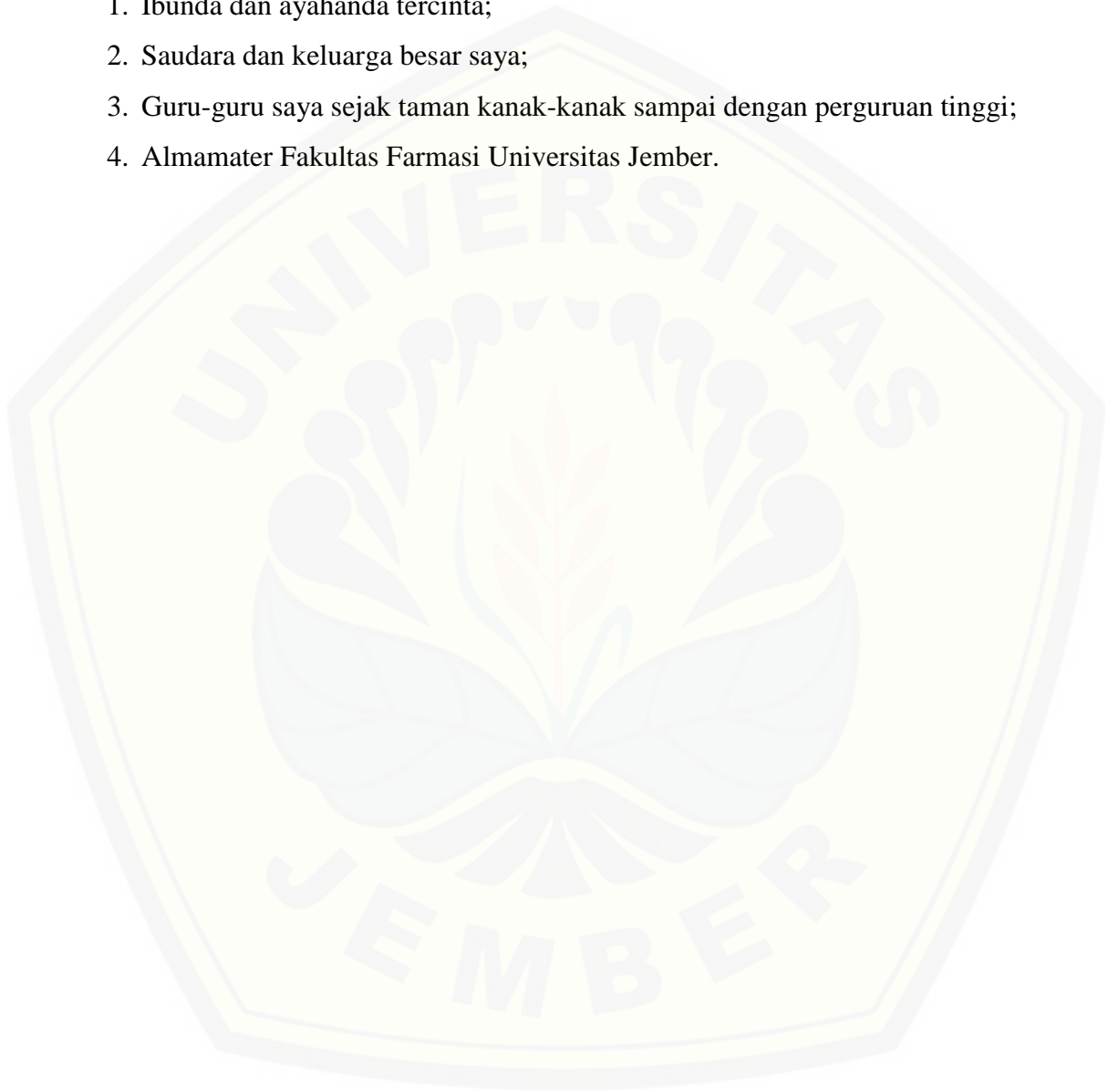
UNIVERSITAS JEMBER

2020

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda dan ayahanda tercinta;
2. Saudara dan keluarga besar saya;
3. Guru-guru saya sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
4. Almamater Fakultas Farmasi Universitas Jember.



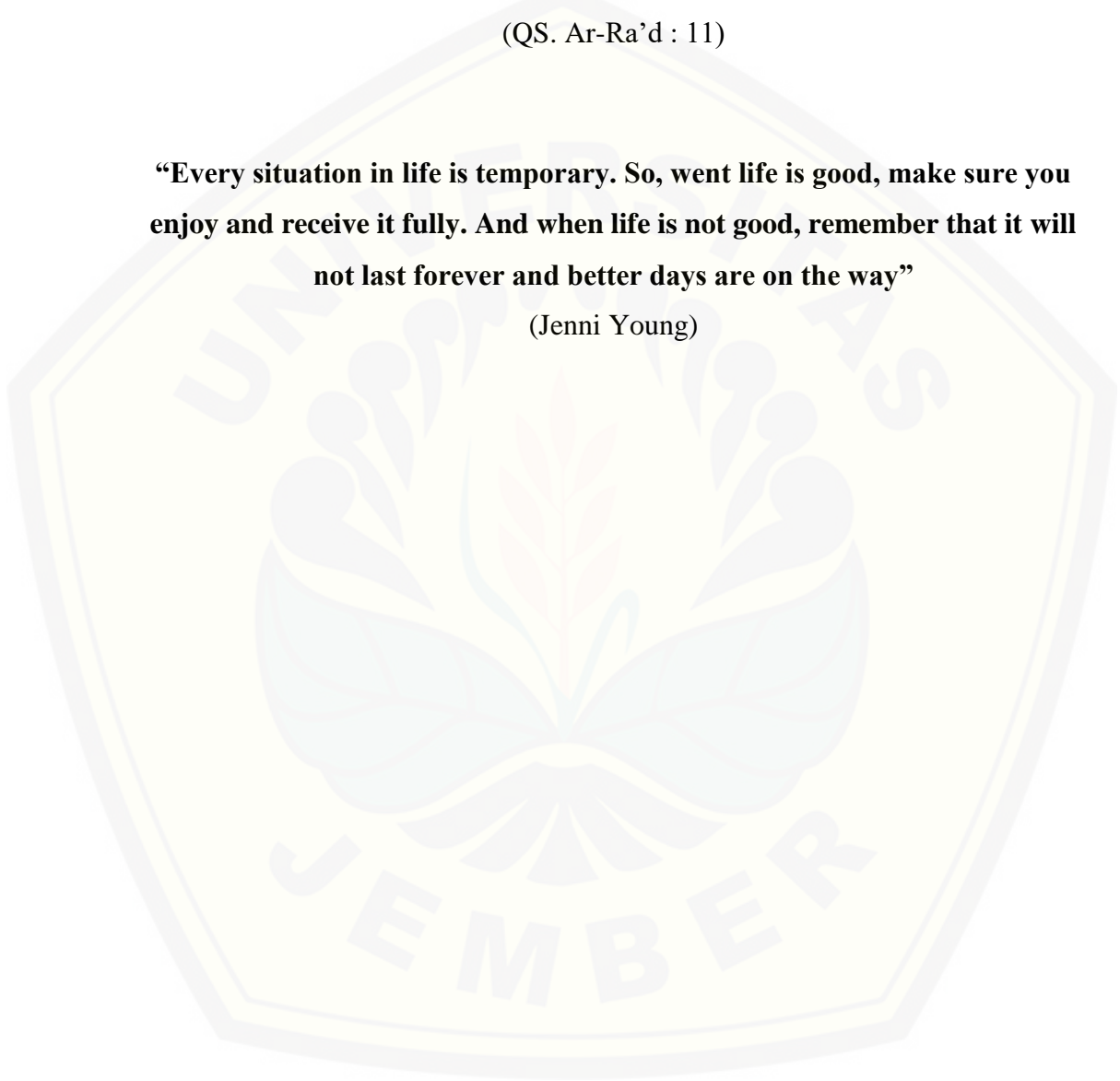
MOTTO

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, kecuali mereka mengubah keadaan pada diri mereka sendiri.”

(QS. Ar-Ra'd : 11)

“Every situation in life is temporary. So, when life is good, make sure you enjoy and receive it fully. And when life is not good, remember that it will not last forever and better days are on the way”

(Jenni Young)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Silka Annisa Shania

NIM : 162210101103

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengembangan Sensor Alkaloid Berbasis Reagen Kering Asam Sulfat-Dikromat Menggunakan Blister pada Ekstrak Tanaman Obat” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, 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 sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 20 Juli 2020

Yang menyatakan,

Silka Annisa Shania

NIM 162210101103

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN SENSOR ALKALOID BERBASIS REAGEN
KERING ASAM SULFAT-DIKROMAT MENGGUNAKAN
BLISTER PADA EKSTRAK TANAMAN OBAT**

Oleh :

Silka Annisa Shania

162210101103

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengembangan Sensor Alkaloid Berbasis Reagen Kering Asam Sulfat-Dikromat Menggunakan Blister pada Ekstrak Tanaman Obat” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat :

Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Prof. Drs. Bambang K., M.Sc, PhD.

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

NIP. 196902011994031002

NIP. 198504282009121004

Tim Penguji

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

apt. Lestyo Wulandari, S.Si., M.Farm

apt. Nuri, S.Si., M.Si.

NIP. 197604142001122001

NIP. 196904122001121007

Mengesahkan

Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember,

apt. Lestyo Wulandari, S.Si., M.Farm

NIP. NIP. 197604142001122001

RINGKASAN

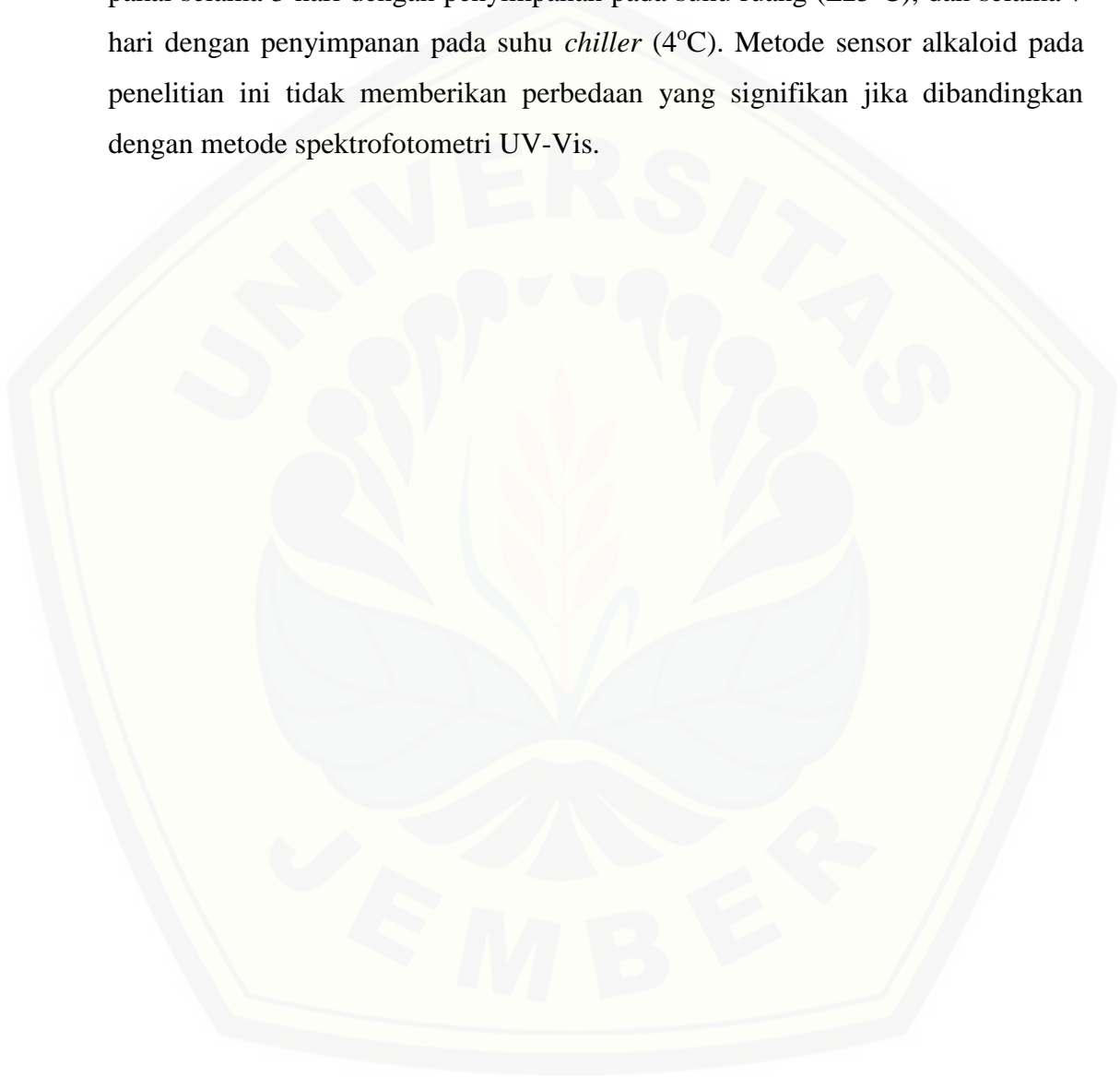
Pengembangan Sensor Alkaloid Berbasis Reagen Kering Asam Sulfat-Dikromat Menggunakan Blister pada Ekstrak Tanaman Obat: Silka Annisa Shania: 162210101103; 2020; 124 Halaman; Fakultas Farmasi, Universitas Jember.

Alkaloid merupakan senyawa organik yang berasal dari tanaman dan tersebar luas dalam berbagai jenis tanaman. Alkaloid memiliki aktivitas biologis sebagai antibakteri, antijamur, analgesik, antiinflamasi, antimalaria, dan lain sebagainya. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan identifikasi dan penetapan kadar senyawa alkaloid pada ekstrak tanaman obat dengan metode yang cepat, tepat, murah, dan praktis. Sehingga pada penelitian ini bertujuan untuk menentukan cara fabrikasi sensor alkaloid berbasis reagen kering asam sulfat-dikromat, menentukan kondisi optimal operasionalnya, karakteristik analisisnya, dan membandingkan metode sensor alkaloid pada blister dengan metode spektrofotometri UV-Vis.

Fabrikasi sensor alkaloid dilakukan dengan memipet larutan reagen dan sampel sebanyak 150 μ L pada blister dengan diameter sebesar 1 cm dan kedalaman 0,5 cm. Larutan reagen terdiri dari kalium dikromat 5% dan asam sulfat 2 N dengan perbandingan yang sama. Pengukuran kadar alkaloid ditentukan berdasarkan perubahan intensitas warna (*mean Blue*) yang terjadi dari biru menjadi hijau. Semakin tinggi konsentrasi alkaloid dalam sampel, maka warna yang terbentuk akan semakin hijau. Konsentrasi alkaloid dinyatakan setara dengan mg *Berberin Equivalen (BE)*.

Hasil karakterisasi alkaloid meliputi waktu respon pada menit ke 6 – 10 menit; linieritas sensor alkaloid terhadap standar berberin berada pada rentang konsentrasi 100 – 1000 ppm dengan nilai koefisien korelasi (r) 0,9991 dan persamaan regresi $y = 0,0667x + 7,7385$; batas deteksi (LOD) sensor alkaloid sebesar 184,072 mg/L *BE* an batas kuantifikasi (LOQ) sebesar 184,072 mg/L *BE*; sensor alkaloid tidak akan terganggu oleh adanya sukrosa dan garam dapur dengan perbandingan antara berberin dengan sukrosa 1:0,1 dan berberin dengan garam

dapur 1:0,1; sensor alkaloid memenuhi parameter presisi dengan nilai RSD kurang dari 5,3% untuk standar dan kurang dari 2,7% untuk sampel; sensor alkaloid juga memenuhi parameter akurasi dengan perolehan kembali berada pada rentang 90 – 107% untuk standar dan 98 – 102% untuk sampel. Sensor alkaloid memiliki waktu pakai selama 3 hari dengan penyimpanan pada suhu ruang ($\pm 25^{\circ}\text{C}$), dan selama 7 hari dengan penyimpanan pada suhu *chiller* (4°C). Metode sensor alkaloid pada penelitian ini tidak memberikan perbedaan yang signifikan jika dibandingkan dengan metode spektrofotometri UV-Vis.



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Sensor Alkaloid Berbasis Reagen Kering Asam Sulfat-Dikromat Menggunakan Blister pada Ekstrak Tanaman Obat”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Program Strata Satu (S1) di Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
2. Ibu apt. Lestyo Wulandari, S.Si., M.Farm., selaku Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember atas segala fasilitas dan kesempatan yang diberikan selama menempuh pendidikan di Fakultas Farmasi Universitas Jember;
3. Ibu apt. Ika Puspita Dewi, S.Farm., M.Biomed., selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing, memberikan arahan, dan memberikan semangat selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Prof. Drs. Bambang Kuswandi., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak apt. Dwi Koko Pratoko., S.Farm., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang senantiasa memberikan bimbingan, dorongan, meluangkan waktu, pikiran, perhatian dan saran kepada penulis selama penyusunan skripsi ini sehingga bisa terselesaikan dengan baik;
5. Ibu apt. Lestyo Wulandari, S.Si., M.Farm., selaku Dosen Penguji I dan Bapak apt. Nuri, S.Si., M.Si., selaku dosen Penguji II yang telah memberikan kritikan dan saran kepada penulis yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini;
6. Teknisi Laboratorium Kimia Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Jember, Ibu Wayan dan Mbak Hani atas bantuan, kerjasama, dan masukan selama penelitian skripsi ini;

7. Seluruh staf pengajar dan karyawan Fakultas Farmasi Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, bimbingan, kritik, dan saran kepada penulis;
8. Orang tua penulis Bapak Ikhsanudin Kholid dan Ibu Wawuk Kurniasih atas doa, kasih sayang, dukungan, nasihat, semangat kepada penulis selama penyusunan skripsi;
9. Kedua kakak penulis, Jordan Nanda Jatmika dan Riza Aprilia Sari, dan kedua adik penulis Salsa Azzahra Shania dan Delisya Kinarian Shania, serta keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan, bimbingan, dan kasih sayang untuk penulis;
10. Rekan kerja di laboratorium "*Chemo and Biosensor Group Student*" (Vinda, Dayu, Indri, Kiki, Kintan, Anis, dan Itut) atas kerjasama, dukungan, dan kebersamaan selama penelitian skripsi ini;
11. Sahabat penulis "*X-Shrimp*" (Rohma, Afalah, Ines, Jihan, dan Eka) yang telah berjuang bersama-sama demi sebuah gelar Sarjana Farmasi, saling memberi dukungan, motivasi, dorongan, dan doa;
12. Serta semua pihak yang tidak dapat tertulis satu persatu, terimakasih semua pihak yang telah membantu keberhasilan penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Jember, 20 Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan tentang Alkaloid	6
2.1.1 Deskripsi Alkaloid.....	6
2.1.2 Penggolongan Alkaloid.....	7
2.1.3 Alkaloid Berberin.....	11
2.1.4 Identifikasi Alkaloid.....	11
2.2 Tinjauan tentang Sensor Kimia	15
2.2.1 Definisi Sensor Kimia.....	15
2.2.2 Mekanisme Sensor Kimia.....	18

2.2.3	Teknik Imobilisasi Sensor Kimia.....	17
2.2.4	Matriks Pendukung Sensor Kimia	19
2.2.5	Karakteristik Sensor Kimia.....	20
2.3	Tinjauan tentang Sampel.....	23
2.3.1	Rimpang Kunyit (<i>Curcuma longa</i> L.).....	23
2.3.2	Rimpang Jahe (<i>Zingiber officinale</i> Roscoe).....	25
2.3.3	Herba Seledri (<i>Apium graveolens</i>).....	25
2.3.4	Herba Meniran (<i>Phyllanthus niruri</i> L.).....	26
2.3.5	Kayu Secang (<i>Caesalpinia sappan</i> L.)	27
2.3.6	Daun Pegagan (<i>Centella asiatica</i> L.)	28
2.3.7	Daun Jombang (<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg).....	29
2.3.8	Daun Ungu (<i>Graptophyllum pictum</i> (L.) Griff.).....	30
2.3.9	Biji Jintan Hitam (<i>Nigella sativa</i> L.).....	31
2.3.10	Biji Jintan Putih (<i>Cuminum cyminum</i> L.).....	32
2.4	Tinjauan tentang ImageJ	32
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN.....	34
3.1	Jenis Penelitian.....	34
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian.....	34
3.3	Rancangan Penelitian.....	34
3.3.1	Rancangan Operasional.....	34
3.3.2	Definisi Operasional.....	35
3.3.3	Diagram Alur Penelitian.....	36
3.4	Alat dan Bahan.....	36
3.4.1	Alat	36
3.4.2	Bahan.....	37
3.5	Prosedur Penelitian.....	37
3.5.1	Preparasi Larutan Induk Berberin Klorida.....	37
3.5.2	Preparasi Larutan Standar Berberin Klorida.....	37
3.5.3	Preparasi Sampel.....	38
3.5.4	Pembuatan Reagen Asam Sulfat-Dikromat	38
3.5.5	Pembuatan Kurva Baku Berberin	38

3.5.6	Pembuatan Sensor Berbasis Reagen Kering pada Blister	39
3.5.7	Pengukuran Intensitas Warna.....	39
3.5.8	Optimasi Reagen dan Konsentrasi Asam Sulfat-Dikromat dan Berberin.....	40
3.5.9	Karakterisasi Sensor Kimia.....	41
3.5.10	Aplikasi Sensor Kimia pada Sampel Dibandingkan dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis.	43
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	46
4.1	Fabrikasi Sensor Alkaloid.....	46
4.2	Optimasi Sensor Alkaloid	47
4.2.1	Optimasi Volume Reagen Asam Sulfat-Dikromat.....	47
4.2.2	Optimasi Konsentrasi Reagen Asam Sulfat-Dikromat	47
4.2.3	Optimasi Volume Standar Berberin.....	50
4.2.4	Optimasi Konsentrasi Standar Berberin.....	51
4.2.5	Optimasi Intensitas Warna	52
4.3	Karakteristik Sensor Alkaloid.....	54
4.3.1	Waktu Respon.....	54
4.3.2	Linieritas	55
4.3.3	Batas Deteksi (LOD) dan Batas Kuantifikasi (LOQ)	57
4.3.4	Selektivitas (Interferensi).....	58
4.3.5	Presisi	58
4.3.6	Akurasi.....	59
4.3.7	Waktu Pakai	60
4.4	Aplikasi Sensor Alkaloid pada Sampel Dibandingkan dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis	60
BAB 5.	KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1	Kesimpulan.....	64
5.2	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA		66
LAMPIRAN.....		74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kriteria penerimaan studi akurasi dan presisi pada konsentrasi analit yang berbeda.....	20
Tabel 4.1	Optimasi volume reagen pada blister.....	47
Tabel 4.2	Optimasi konsentrasi larutan reagen asam sulfat-dikromat yang direaksikan dengan larutan standar berberin.....	50
Tabel 4.3	Optimasi volume reagen pada blister.....	51
Tabel 4.4	Optimasi konsentrasi standar berberin.....	52
Tabel 4.5	Hasil pengukuran linieritas.....	56
Tabel 4.6	Hasil pengukuran interferensi.....	58
Tabel 4.7	Hasil pengukuran presisi.....	59
Tabel 4.8	Hasil pengukuran akurasi.....	60
Tabel 4.9	Hasil pengukuran kadar alkaloid dengan metode spektrofotometri UV-Vis dan sensor kimia.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur alkaloid turunan dari ornitin.....	7
Gambar 2.2	Struktur alkaloid turunan dari lisin.....	8
Gambar 2.3	Struktur alkaloid turunan dari fenilalanin/ tirosin.....	8
Gambar 2.4	Struktur alkaloid turunan asam antranilat.....	9
Gambar 2.5	Struktur alkaloid turunan dari triptofan.....	9
Gambar 2.6	Struktur alkaloid turunan dari histidin.....	10
Gambar 2.7	Struktur alkaloid turunan dari poliasetat.....	10
Gambar 2.8	Struktur alkaloid turunan dari jalur isoprenoid.....	11
Gambar 2.9	Struktur alkaloid turunan dari asam nikotinat.....	11
Gambar 2.10	Struktur kimia berberin.....	12
Gambar 2.11	Skema sensor kimia.....	16
Gambar 2.12	Sensor kimia berbasis reaksi transfer muatan.....	17
Gambar 2.13	Sensor kimia berbasis reaksi kunci-anak kunci.....	17
Gambar 2.14	Waktu respon sensor yang dapat ditentukan mulai t_{ref} hingga batas (s) (t_{90}) dan waktu respon t_{63} juga dapat ditentukan hingga thr.....	23
Gambar 2.15	Waktu pakai sensor yang dapat ditentukan mulai (a) hingga batas (b). Waktu pakai mulai turun pada (c) hingga (d).....	23
Gambar 2.16	Struktur alkaloid yang terdapat pada kunyit.....	24
Gambar 2.17	Struktur alkaloid yang terdapat pada seledri.....	26
Gambar 2.18	Struktur alkaloid yang terdapat pada meniran.....	27
Gambar 2.19	Struktur alkaloid yang terdapat pada secang.....	28
Gambar 2.20	Struktur alkaloid yang terdapat pada jintan hitam.....	31
Gambar 2.21	Tampilan jendela <i>ImageJ</i> (a) dan cara penggunaan untuk menghitung RGB (b).....	34
Gambar 3.1	Diagram alur penelitian.....	37
Gambar 3.2	Desain sensor berbasis reagen kering pada blister (a) tampak atas dan (b) tampak samping.....	40
Gambar 3.3	Area kerja sensor.....	40

Gambar 4.1	Fabrikasi sensor alkaloid dengan fase pendukung blister.....	46
Gambar 4.2	Hasil imobilisasi reagen pada blister.....	46
Gambar 4.3	Kurva baku optimasi konsentrasi kalium dikromat 2% b/v.....	48
Gambar 4.4	Kurva baku optimasi konsentrasi kalium dikromat 5% b/v.....	48
Gambar 4.5	Kurva baku optimasi konsentrasi kalium dikromat 10% b/v.....	49
Gambar 4.6	Kurva optimasi intensitas warna Δ mean Red.....	53
Gambar 4.7	Kurva optimasi intensitas warna Δ mean Green.....	53
Gambar 4.8	Kurva optimasi intensitas warna Δ mean Blue.....	53
Gambar 4.9	Kurva optimasi intensitas warna Δ mean RGB.....	54
Gambar 4.10	Kurva waktu respon.....	55
Gambar 4.11	Kurva linieritas.....	56
Gambar 4.12	Kurva stabilitas sensor alkaloid pada suhu ruang dan suhu <i>chiller</i>	61
Gambar 4.13	Kurva kalibrasi spektrofotometri UV-Vis.....	61

DAFTAR LAMPIRAN

A. Optimasi intensitas warna.....	74
B. Waktu respon.....	78
C. Linieritas.....	79
D. Batas deteksi (<i>LOD</i>) dan batas kuantifikasi (<i>LOQ</i>).....	81
E. Interferensi.....	82
F. Presisi.....	84
G. Akurasi.....	85
H. Waktu pakai.....	89
I. Aplikasi sensor alkaloid pada sampel.....	91
J. Metode pembanding (spektrofotometri UV-Vis).....	92
K. Desain kemasan produk.....	105

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara tropis yang memiliki sumber daya alam melimpah. Indonesia termasuk negara dengan tanah yang subur sehingga beraneka ragam jenis tanaman dapat tumbuh dengan baik. Diperkirakan jumlah tanaman yang terdapat di Indonesia sebanyak 100 sampai 150 famili dari berbagai jenis tanaman tersebut dapat dimanfaatkan sebagai tanaman industri, tanaman buah-buahan, tanaman rempah-rempah, dan tanaman obat-obatan. Sekitar 40.000 spesies tumbuhan dengan 180 spesies diantaranya berguna sebagai tanaman obat (Bangun, 2010).

Tanaman obat dikenal sebagai jenis tanaman dimana sebagian atau seluruh tanaman tersebut digunakan sebagai pengobatan tradisional. Bagian tanaman yang dapat digunakan sebagai obat seperti daun, bunga, buah, akar dan kulit, sesuai dengan jenis tanaman. Bagian-bagian tersebut dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai obat tradisional (Herbie, 2005). Pengobatan tradisional merupakan pengobatan alternatif diluar pengobatan medis yang bersifat turun-temurun, dan diakui oleh kalangan masyarakat. Sampai saat ini, masyarakat Indonesia umumnya masih mengandalkan pengobatan tradisional untuk menjaga kesehatan dan untuk mengatasi berbagai macam penyakit. Hal ini dikarenakan pengobatan tradisional dianggap lebih aman dan memiliki efek samping yang lebih rendah dibandingkan dengan obat modern (Bangun, 2010).

Berbagai jenis tanaman tradisional yang dapat dimanfaatkan sebagai pengobatan dalam menjaga kesehatan dan menyembuhkan penyakit diantaranya yaitu biji jintan putih (*Cuminum cyminum* L.), biji jintan hitam (*Nigella sativa* L.), daun ungu (*Graptophyllum pictum* (L.) Griff), daun jombang (*Taraxacum officinale* F.H Wigg), daun pegagan (*Centella asiatica*), rimpang kunyit (*Curcuma longa*), rimpang jahe (*Zingiber officinale* Roscoe), herba meniran (*Phyllanthus niruri* L.), herba seledri (*Apium graveolens*), dan kayu secang (*Caesalpinia sappan* L.) Tanaman tersebut mengandung berbagai macam senyawa kimia salah satunya yaitu

metabolit sekunder yang diproduksi oleh sel tanaman melalui jalur metabolisme yang berasal dari jalur metabolisme primer. Beberapa contoh senyawa metabolit sekunder meliputi alkaloid, senyawa fenolat (fenilpropanoid, lignin, flavonoid, dan tanin), terpenoid, (monoterpen, seskuioterpen, diterpen, sesterterpen, triterpen, tetraterpen, dan steroid) dan glukosinolat (Shitan, 2016). Salah satu senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktivitas biologis yang bermanfaat di bidang kesehatan adalah alkaloid (Savithamma dkk., 2011).

Alkaloid merupakan senyawa organik terbanyak ditemukan di alam (Kumar dkk., 2015). Hampir seluruh alkaloid berasal dari tanaman dan tersebar luas dalam berbagai jenis tanaman. Alkaloid adalah senyawa alkali yang aktif secara farmakologis yang mengandung satu atau lebih atom nitrogen biasanya dalam cincin heterosiklik. (Kumar dkk., 2015). Alkaloid paling umum terdapat pada tanaman herba, tetapi beberapa terdapat pada tanaman berkayu, terutama spesies yang tumbuh di daerah tropis. Alkaloid umumnya terkonsentrasi pada bagian tertentu tanaman seperti daun, kulit kayu, atau akar (Shimada dan Kimura, 2007). Berdasarkan penelitian terdahulu, alkaloid memiliki aktivitas biologis sebagai antibakteri (Cushnie dkk., 2014), antijamur (Nenaah, 2010), analgesik (Li dkk., 2019), antiinflamasi (Liu, 2017), antimalaria (Philip, 2019), dan lain sebagainya. Berdasarkan hal tersebut, maka identifikasi dan penetapan kadar senyawa alkaloid pada ekstrak tanaman obat menjadi sangat penting.

Identifikasi senyawa alkaloid dapat dilakukan menggunakan Kromatografi Lapis Tipis (KLT) (Indranila dan Maria, 2015), Spektrofotometri UV-Vis (Untarisiwi, 2018), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) (Andayani dkk., 2018) dan *Liquid Chromatography-Mass Spectroscopy* (LC-MS) (Untoro dkk., 2016). Metode tersebut memiliki beberapa kelemahan, yakni membutuhkan peralatan yang relatif mahal, analisis harus memiliki pengetahuan dan keterampilan kimia analisis yang memadai, dan waktu analisis yang relatif lama (Gholib dan Rohman, 2017).

Sebagai alternatif lain untuk identifikasi dan penetapan kadar golongan senyawa alkaloid, maka dilakukan pengembangan metode sensor kimia. Sensor kimia merupakan sensor yang mendeteksi jumlah suatu zat kimia dengan cara

mengubah sifat fisika-kimia menjadi sinyal listrik yang mudah dibaca baik secara analog maupun secara digital. Tujuan dari pembuatan sensor ini untuk melakukan uji yang cepat, tepat, murah, dan praktis (Kuswandi, 2010). Sensor yang dapat dikembangkan yaitu sensor kimia berbasis reagen kering. Reagen yang dapat digunakan adalah kalium dikromat dan asam sulfat yang merupakan reagen spesifik untuk mengidentifikasi golongan alkaloid, dimana reagen tersebut bereaksi bila terdapat golongan senyawa alkaloid yang akan menghasilkan perubahan warna hijau dari warna semula oranye (Graham dan Thomast, 1961). Prinsip penentuan alkaloid pada sampel yakni dengan mengukur perubahan warna yang ditimbulkan oleh interaksi senyawa alkaloid dalam sampel dengan reagen asam sulfat-dikromat. Penentuan kadar alkaloid menggunakan nilai $\Delta mean\ blue$ (variabel y) yang diperoleh dari aplikasi *imageJ* kemudian dimasukkan ke dalam persamaan regresi hasil linearitas sehingga didapatkan kadar (variabel x) dari alkaloid. Desain sensor menggunakan matriks pendukung blister yang kecil, kompak, dan sederhana sehingga mudah dibawa kemanapun (*portable*). Reagen asam sulfat-dikromat kemudian diimobilisasi ke dalam blister yang akan bereaksi dengan analit serta menghasilkan perubahan warna untuk deteksi alkaloid pada tanaman obat. Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan pengembangan sensor kimia berbasis reagen kering asam sulfat-dikromat yang siap dipakai untuk deteksi alkaloid pada ekstrak tanaman obat yang diaplikasikan pada blister.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah fabrikasi sensor alkaloid berbasis reagen kering asam sulfat-dikromat menggunakan blister?
2. Bagaimanakah kondisi optimum sensor alkaloid meliputi konsentrasi dan volume reagen dan standar terhadap perubahan warna pada sensor?

3. Bagaimanakah karakteristik analisis sensor alkaloid terhadap berberin standar meliputi waktu respon, batas deteksi (*LOD*), batas kuantifikasi (*LOQ*), linieritas, presisi, akurasi, interferensi, waktu respon dan waktu pakai?
4. Bagaimanakah aplikasi sensor alkaloid berbasis reagen kering asam sulfat-dikromat menggunakan blister pada sampel ekstrak tanaman obat dibandingkan dengan metode spektrofotometri UV-Vis?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk menentukan fabrikasi sensor alkaloid berbasis reagen kering asam sulfat-dikromat menggunakan blister.
2. Untuk menentukan kondisi optimum sensor alkaloid meliputi konsentrasi dan volume reagen dan standar terhadap perubahan warna pada sensor.
3. Untuk menentukan karakteristik analisis sensor alkaloid terhadap berberin standar meliputi waktu respon, batas deteksi (*LOD*), batas kuantifikasi (*LOQ*), linieritas, presisi, akurasi, interferensi, waktu respon dan waktu pakai.
4. Untuk menentukan aplikasi sensor alkaloid berbasis reagen kering asam sulfat-dikromat menggunakan blister pada sampel ekstrak tanaman obat dibandingkan dengan metode spektrofotometri UV-Vis.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin didapat dalam penelitian ini adalah:

1. Pengembangan teknologi sensor kimia untuk mendeteksi alkaloid pada ekstrak tanaman obat berbasis reagen kering asam sulfat-dikromat menggunakan blister.
2. Memberikan informasi kadar senyawa alkaloid pada ekstrak tanaman obat herbal menggunakan sensor alkaloid berbasis reagen kering asam sulfat-dikromat menggunakan blister.

3. Mampu mendeteksi kadar alkaloid dalam sampel secara cepat, mudah, murah, dan akurat.
4. Penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai dasar penelitian lebih lanjut.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan tentang Alkaloid

2.1.1 Deskripsi Alkaloid

Kata "alkaloid" diusulkan pada tahun 1818 oleh K. F. W. Meissner (1729-1853), seorang farmasis di Hale, Jerman. Kata alkaloid diciptakan dari kata alkali (menunjukkan kebiasaan), dari "*al qali*" (mengarah pada soda) dalam bahasa Arab. Sufiks "-oid", yang berarti "seperti", berasal dari Geek (Funayama dan Cordell, 2015). Alkaloid merupakan kelompok senyawa beragam dengan berat molekul rendah dan mengandung nitrogen yang sebagian besar berasal dari asam amino (Ziegler dan Facchini, 2008). Kebanyakan alkaloid bersifat basa. Sifat tersebut bergantung dari adanya pasangan elektron pada nitrogen. Alkaloid yang memiliki satu atom nitrogen tidak memiliki warna, dan berwarna jika memiliki struktur kompleks dan bercincin aromatik (Simbala, 2009). Dengan beberapa pengecualian penting, alkaloid paling larut dalam media hidroetanolik dan umumnya terbentuk sebagai garam (misalnya klorida atau sulfat) dan atau sebagai *N*-oksida dalam tanaman (Kumar dkk., 2015).

Beberapa alkaloid tidak sepenuhnya dapat dibedakan dari amina (misalnya efedrin). Nama-nama molekul ini cenderung berakhiran *-ine* atau *-in*. Banyak yang berasal dari asam amino, tetapi ada juga yang dihasilkan dari modifikasi berbagai kelas molekul termasuk polifenol, terpen, atau steroid (Kumar dkk., 2015). Alkaloid diproduksi oleh berbagai macam organisme, seperti bakteri, jamur, hewan tetapi kebanyakan oleh tumbuhan. Beberapa alkaloid ini berfungsi sebagai fitoaleksin dan telah lama digunakan oleh manusia sebagai stimulan, obat-obatan, narkotika dan racun (Ziegler dan Facchini, 2008).

2.1.2 Penggolongan Alkaloid

Sistem klasifikasi alkaloid yang paling banyak diterima adalah klasifikasi menurut Hegnauer (1988). Menurutnya alkaloid terdiri atas alkaloid sesungguhnya, protoalkaloid, dan pseudoalkaloid.

a. Alkaloid sesungguhnya

Alkaloid sesungguhnya adalah racun, senyawa tersebut menunjukkan aktivitas fisiologi yang luas, hampir tanpa terkecuali bersifat basa, umumnya mengandung nitrogen dalam cincin heterosiklik, dan biasanya terdapat dalam tanaman dalam bentuk garam asam organik.

b. Protoalkaloid

Protoalkaloid merupakan amin yang relatif sederhana dimana nitrogen asam amino tidak terdapat dalam cincin heterosiklik. Protoalkaloid diperoleh dari biosintesis asam amino yang bersifat basa. Pengertian amin biologis sering digunakan untuk kelompok ini.

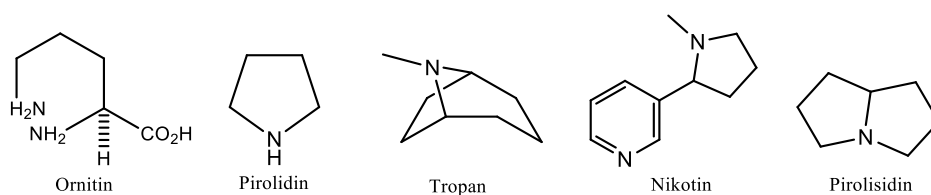
c. Pseudoalkaloid

Pseudoalkaloid tidak diturunkan dari prekursor asam amino. Senyawa biasanya bersifat basa. Ada dua seri alkaloid yang penting dalam kelompok ini yaitu steroid dan purin.

Sedangkan menurut Cordell (1981) klasifikasi alkaloid berdasarkan asal atau biosintesisnya yaitu :

a. Alkaloid turunan dari ornitin

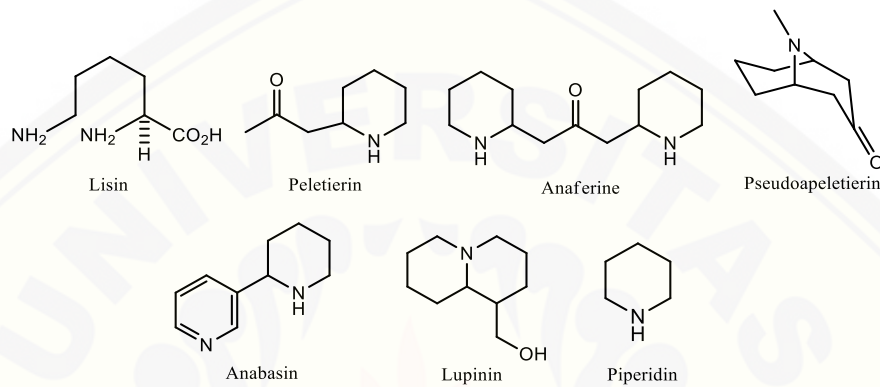
Ornitin merupakan asam amino sederhana yang terdiri dari lima karbon dan dua atom nitrogen. Pada hewan, ornitin diproduksi dari arginine melalui aksi enzim arginase, sedangkan pada tumbuhan berasal dari asam glutamat. Alkaloid turunan dari ornitin yaitu pirolidin, tropan, nikotin, dan pirolisidin. Struktur alkaloid turunan dari ornitin dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur alkaloid turunan dari ornitin

b. Alkaloid turunan lisin

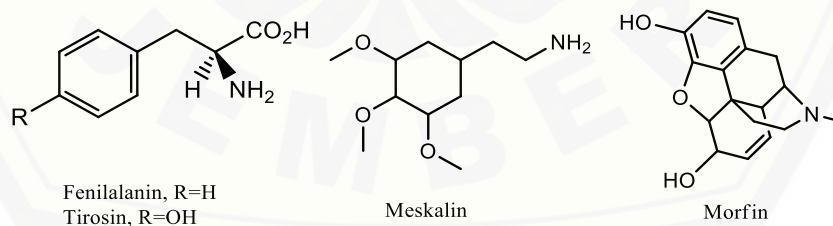
Homolog tertinggi berikutnya dari rangkaian asam amino ornitin adalah lisin. Lisin merupakan kelompok asam pipekolat yang memiliki enam atom karbon dan biosintesis lisin lebih kompleks dari ornitin. Alkaloid turunan dari lisin yaitu peletierin, anaferin, pseudoapeletierin, anabasin, lupinin (quinolisidin), dan piperidin. Struktur alkaloid turunan dari lisin dapat dilihat pada Gambar 2.2.

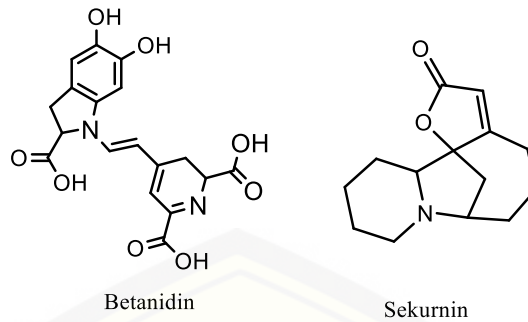


Gambar 2.2 Struktur alkaloid turunan dari lisin

c. Alkaloid turunan dari fenilalanin/ tirosin

Fenilalanin merupakan prekursor dari sejumlah besar alkaloid dengan struktur yang beragam. Tirosin, diproduksi dari fenilalanin melalui reaksi oksidasi. Contoh alkaloid turunan fenilalanin yaitu meskalin, dan morfin. Sedangkan alkaloid turunan tirosin yaitu betanidin dan sekurinin. Struktur alkaloid turunan dari fenilalanin dan tirosin dapat dilihat pada Gambar 2.3.

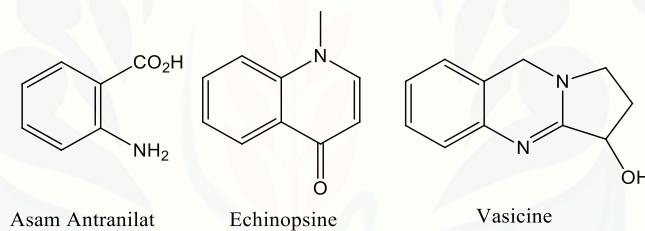




Gambar 2.3 Struktur alkaloid turunan dari fenilalanin/ tirosin

d. Alkaloid turunan dari asam antranilat

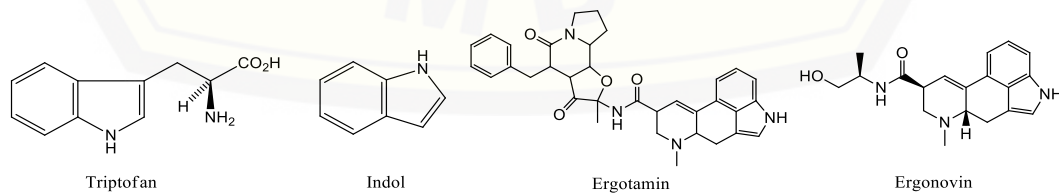
Alkaloid turunan dari asam antranilat banyak ditemukan pada tanaman kelompok suku Rutaceae. Contoh alkaloid turunan dari asam antranilat yaitu echinopsin dan vasicin. Alkaloid turunan dari asam antranilat dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Struktur alkaloid turunan asam antranilat

e. Alkaloid turunan dari triptofan

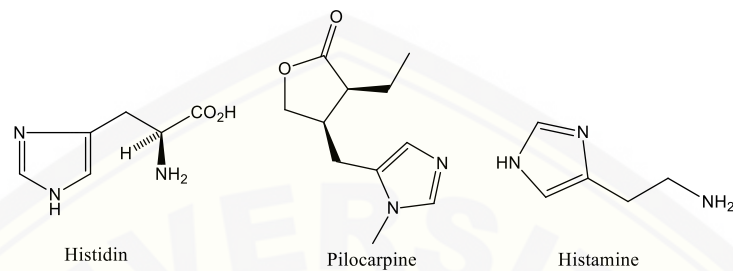
Triptofan merupakan prekursor biosintesis dari beberapa alkaloid, kecuali untuk alkaloid yang paling sederhana dan jarang untuk beberapa sumber karbon. Contoh alkaloid turunan dari triptofan yaitu alkaloid indol, ergotamine, dan ergonovin. Struktur alkaloid turunan dari triptofan dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Struktur alkaloid turunan dari triptofan

f. Alkaloid turunan dari histidin

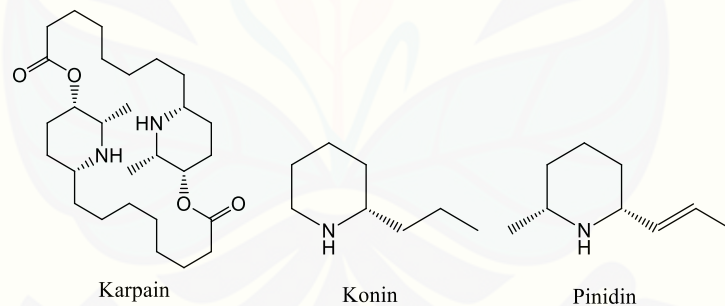
Histidin merupakan alkaloid yang paling banyak mendistribusikan senyawa yang mengandung inti imidazole. Contoh alkaloid turunan histidin yaitu pilocarpine dan histamine. Struktur alkaloid turunan histidin dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Struktur alkaloid turunan dari histidin

g. Alkaloid turunan dari poliasetat

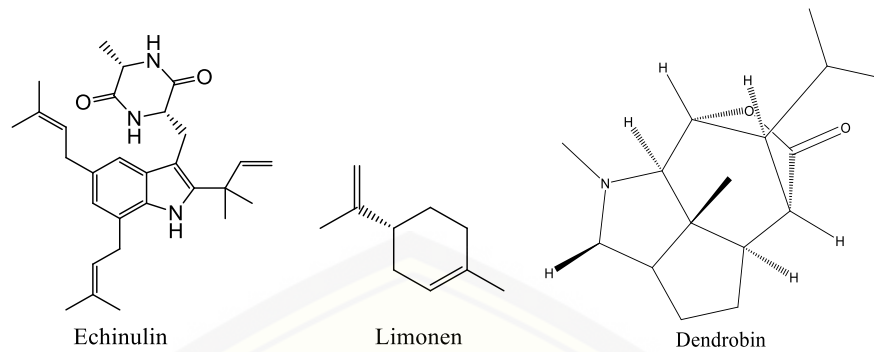
Pada masa lalu, senyawa yang mengandung nitrogen dari prekursor poliasetat masih termasuk alkaloid. Contoh alkaloid turunan dari poliasetat yaitu karpain, konin, dan pinidin. Struktur alkaloid turunan poliasetat dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Struktur alkaloid turunan dari poliasetat

h. Alkaloid turunan dari jalur isoprenoid

Alkaloid turunan dari jalur isoprenoid antara lain hemiterpenoid (C_5), monoterpenoid (C_{10}), seskuiterpenoid (C_{15}), diterpenoid (C_{20}), dan triterpenoid (C_{30}). Hemiterpenoid contohnya floroquinolin, echinulin, dan alkaloid ergot. Monoterpenoid contohnya guanidin, limonen, dan chaksine. Seskuiterpenoid contohnya golongan dendrobine dan alkaloid nuphar. Struktur alkaloid turunan dari jalur isoprenoid dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Echinulin

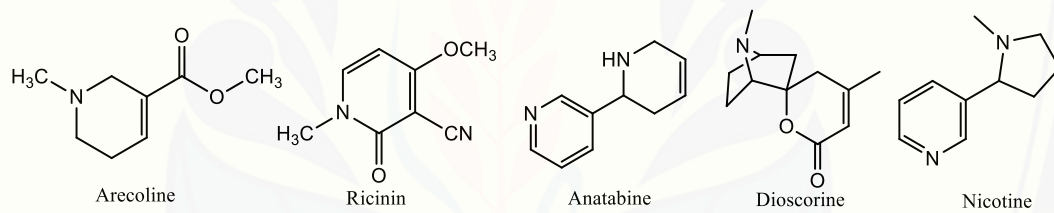
Limonen

Dendrobin

Gambar 2.8 Struktur alkaloid turunan dari jalur isoprenoid

i. Alkaloid turunan dari asam nikotinat.

Biosintesis alkaloid yang berasal dari asam amino non esensial yaitu asam nikotinat. Terdapat 5 kelompok yang diturunkan dari asam nikotinat yaitu arekolin, ricinin, anatabin, dioskorin, dan nikotin. Struktur alkaloid turunan dari jalur isoprenoid dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Arecoline

Ricinin

Anatabine

Dioscorine

Nicotine

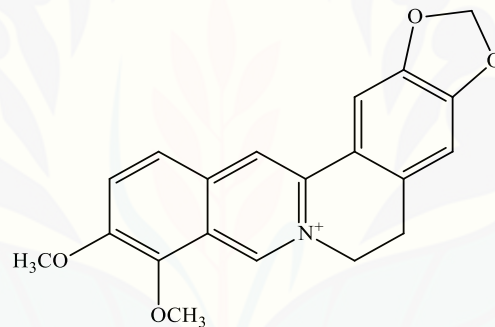
Gambar 2.9 Struktur alkaloid turunan dari asam nikotinat

2.1.3 Alkaloid berberin

Berberin merupakan salah satu alkaloid alami yang terkandung dalam tanaman sebagai hidroklorida atau sulfat dengan rumus struktur $C_{20}H_{19}NO_5$ (Danilov dkk., 2006). Berberin hidroklorida adalah alkaloid isokuinolin yang diisolasi dari akar, rimpang, dan kulit batang banyak tanaman obat, seperti *Hydrastis canadensis* (Goldenseal; Ranunculaceae), *Coptis chinensis* (Goldenthread; Ranunculaceae), *Berberis aquifolium* (Anggur oregon; Berberidaceae), *Berberis vulgaris* (Barberry; Berberidaceae), *Berberis aristata* (Kunyit; Berberidaceae), and *Berberis thunbergii* (Barberry merah; Berberidaceae). *Berberis aristata*, sumber utama berberin, adalah semak yang tumbuh setinggi 1,5-2,0 meter dan merupakan tanaman asli Himalaya yang ditemukan pada ketinggian

2.000 hingga 3.500 meter. Daunnya berbentuk silindris dengan duri lurus yang keras dan tajam, bunga berwarna kuning dengan banyak tangkai, dan buahnya berry kecil berbentuk bulat dan halus (Kulkarni dan Dhir, 2010). Berberin hidroklorida adalah alkaloid berwarna kuning intens dengan rasa pahit dan mempunyai titik lebur 145°C. Berberin telah lama digunakan sebagai pewarna yang saat ini dikenal sebagai ‘*natural yellow 18*’ (Kulkarni dan Dhir, 2010).

Berberin memiliki beragam aktivitas farmakologis, seperti peroksidasi antidiabetes, antilipid, anti-aterosklerotik, dan juga memiliki sifat neuroprotektif (Tan dkk., 2011). Berberin hidroklorida banyak digunakan sebagai antibakteri, antijamur, dan obat antiinflamasi, dan telah digunakan di Cina sebagai obat pencernaan selama berabad-abad untuk mengobati disentri dan diare infeksius (Lau dkk., 2001).



Gambar 2.10 Struktur kimia berberin (Jeon dkk., 2002)

2.1.4 Identifikasi Alkaloid

Identifikasi alkaloid dapat menggunakan berbagai macam metode, seperti Kromatografi lapis tipis (KLT), Spektrofotometri UV-Vis, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *Liquid Chromatography-Mass Spectroscopy* (LC-MS), dan sensor kimia dengan metode kolorimetri.

a. Kromatografi lapis tipis (KLT)

Prinsip kromatografi lapis tipis (KLT) yaitu distribusi senyawa antara fase diam berupa padatan diletakkan pada plat kaca atau plastik dan fase gerak berupa cairan, yang bergerak diatas fase diam. Densitometri merupakan metode analisis instrumental yang didasarkan pada interaksi radiasi elektromagnetik dengan analit

yang merupakan bercak pada KLT. Sampel ditotolkan pada lempeng silika (fase diam) dan dimasukkan ke dalam *chamber* yang telah dijenuhi dengan fase gerak. Fase diam dielusi hingga batas, kemudian diangkat dan dikeringkan. Bercak yang terbentuk diamati di bawah sinar UV 254 nm dan 366 nm, serta disemprot dengan pereaksi Dragendorff (Indranila dan Maria, 2015). Setelah disemprot, lempeng KLT akan menunjukkan warna coklat-jingga/ orange-merah/ coklat berlatar belakang kuning (Harborne, 1996). Sifat setiap senyawa dalam KLT ditandai suatu kuantitas yang dikenal dengan *R_f* (*Retention/Retardation Factor*) dan dinyatakan sebagai pecahan desimal. Sifat adsorben yang berbeda akan memberikan nilai *R_f* yang berbeda untuk pelarut yang sama. Faktor-faktor yang mempengaruhi gerakan noda dalam kromatografi lapisan tipis yang juga mempengaruhi harga *R_f* adalah sistem pelarut, adsorben, ketebalan adsorben, dan jumlah material. Semakin besar sebuah *R_f* dari suatu senyawa, semakin besar jarak perjalanan senyawa pada plat KLT (Kumar dkk., 2013).

b. Spektrofotometri UV-Vis

Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis yaitu interaksi antara radiasi elektromagnetik berupa sinar monokromatis dari sumber sinar dengan materi berupa molekul (Day dan Underwood, 2002). Isolasi senyawa alkaloid telah banyak dilakukan, salah satunya dengan menggunakan metode spektrofotometri sederhana dengan cara pengestraksian senyawa alkaloid dari bagian suatu tanaman obat dan reagen yang digunakan adalah *Bromocresol Green* (BCG). Prinsip dari metode ini adalah penetapan kadar alkaloid berdasarkan pembentukan kompleks antara alkaloid dengan reagen BCG yang akan membentuk senyawa berwarna kuning. Penentuan alkaloid total dengan larutan standar berberin klorida dapat diukur pada panjang gelombang maksimumnya yaitu 415 nm (Soepomo, 2017).

c. *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Untuk mengetahui keberadaan gugus fungsi yang terdapat pada isolat alkaloid dapat dilakukan analisis menggunakan FTIR. Prinsip kerja dari FTIR yaitu mengenali gugus fungsi suatu senyawa dari absorbansi inframerah terhadap senyawa tersebut. Pada setiap senyawa memiliki pola absorbansi yang berbeda antara satu dengan yang lain (Harmita 2006). Data interpretasi spektrogram FTIR

isolat murni senyawa alkaloid menunjukkan puncak-puncak vibrasi dengan serapan pada panjang gelombang $1373,32\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan serapan dari C-N. Serapan kuat pada panjang gelombang $1743,65\text{ cm}^{-1}$ karena adanya gugus fungsi C=O. Pada daerah panjang gelombang $1610,35\text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan vibrasi ikatan C=C aromatic terkonjugasi. Serapan kuat pada panjang gelombang $1049,28$ merupakan vibrasi ulur C-O alkohol. Serapan pada panjang gelombang $1442,75\text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan dari C-H alifatik. Serapan pada panjang gelombang $3464,15\text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan dari vibrasi ulur gugus N-H. Serapan pada daerah panjang gelombang $1597,06\text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi tekuk gugus N-H. Rentangan C-H alifatik asimetri dan simetri ditunjukkan pada panjang gelombang $2985,81\text{ cm}^{-1}$ dan $2908,65\text{ cm}^{-1}$, hal ini berasal dari gugus CH_2 (Untarisiwi, 2018; Untoro dkk., 2016)

d. *Liquid Chromatography-Mass Spectroscopy (LC-MS)*

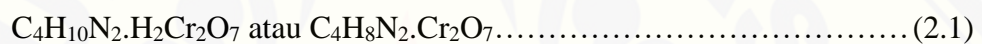
Isolat alkaloid dianalisis dengan *Liquid Chromatography-Mass Spectroscopy (LC-MS)* untuk mengetahui berat molekul. LC-MS ini merupakan gabungan dua alat HPLC dan MS, yang mempunyai prinsip kerja memisahkan beberapa senyawa atau campuran senyawa berdasarkan kepolarannya. Senyawa yang telah terpisah akan menghasilkan senyawa murni yang mana bobot molekulnya diidentifikasi menggunakan *Mass Spectrum* (Yuliana dan Wini, 2020). Analisis LC-MS dilakukan menggunakan pelarut metanol dan dilengkapi dengan pompa biner. HPLC dihubungkan dengan spektrometer massa Q-TOF yang dilengkapi dengan sumber ESI. Mode pemindaian dari 100 m/z sampai 1200 m/z dilakukan pada suhu 140°C (Eichhorn dan Knepper, 2001).

e. Sensor kimia dengan metode kolorimetri

Metode penentuan alkaloid secara kolorimetri dengan reagen asam sulfat-dikromat dikembangkan menjadi sebuah sensor kimia berbasis reagen kering dan diaplikasikan pada blister. Analisis kolorimetri merupakan analisis molekuler yang dapat diubah menjadi perubahan warna, sehingga akan mudah diamati. Perubahan warna akan memancarkan resonansi terang dan panjang gelombang tertentu. Analisis ini dapat digunakan untuk nanopartikel dan bersifat kualitatif, tetapi dapat diubah menjadi kuantitatif menggunakan bantuan perangkat tertentu, salah satunya yakni aplikasi *ImageJ*. Aplikasi ini menganalisis perubahan warna menggunakan

intensitas warna. Data intensitas warna akan diolah sehingga menjadi data output dari suatu analisis (Chen dkk., 2014).

Banyak alkaloid menghasilkan warna yang kuat ketika bereaksi dengan asam sulfat pekat saja atau dengan asam dan sedikit kalium dikromat. Dalam pengujian kuantitatif ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, seperti konsentrasi kalium dikromat, normalitas asam, stabilitas warna, dan pengaruh penambahan garam. Dua puluh lima alkaloid yang termasuk dalam kelas piridin, kuinolin, isokuinolin, kuinolizidin, tropan, indol, dan imidazol, serta kafein, teobromin, teofilin, dan kolkisin memberikan warna hijau yang khas (Graham dan Thomast, 1961). Apabila alkaloid direaksikan dengan kalium dikromat akan terbentuk endapan oranye-kuning dengan formula 2.1



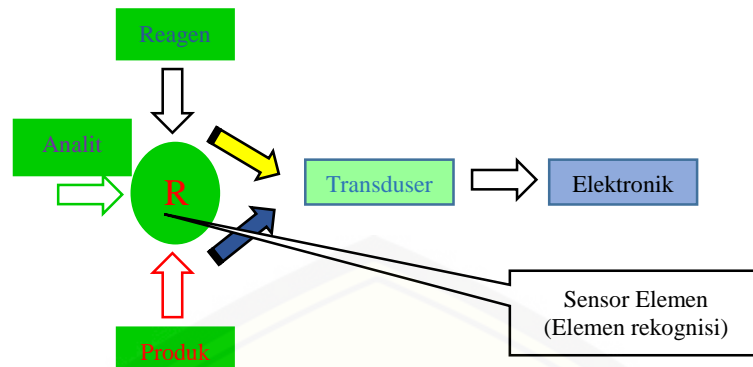
Warna hijau yang terbentuk adalah hasil dari reaksi reduksi oksidasi di mana keasaman (penambahan asam sulfat) sangat penting. Perubahan dari oranye-kuning menjadi hijau disebabkan oleh pembentukan Cr^{+++} seperti persamaan setengah reaksi 2.2



2.2 Tinjauan tentang Sensor Kimia

2.2.1 Definisi Sensor Kimia

Sensor kimia adalah perangkat yang mengubah informasi kimia, mulai dari konsentrasi komponen sampel tertentu hingga analisis komposisi total, menjadi sinyal yang bermanfaat secara analitis. Sensor kimia biasanya mengandung dua komponen dasar yaitu sistem pengenalan (reseptor) kimiawi (molekul) dan transduser fisika-kimia (Thevenot dkk., 2007).

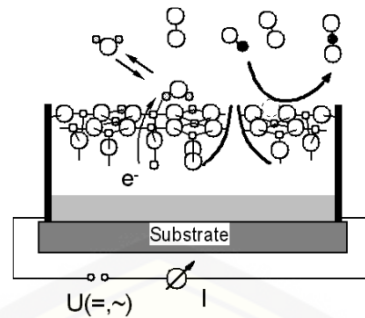


Gambar 2.11 Skema sensor kimia (Kuswandi, 2010)

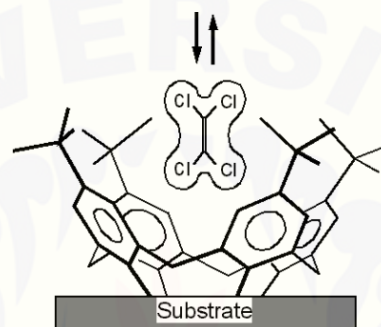
Berdasarkan gambar di atas, sensor kimia dapat diartikan sebagai suatu alat analisa yang berisi reagen kimia yang dapat bereaksi dengan analit tertentu dalam larutan atau gas sehingga menghasilkan perubahan fisika-kimiawi yang dapat dirubah menjadi sinyal listrik sehingga dapat dibaca secara analog maupun digital (Kuswandi, 2010).

2.2.2 Mekanisme Sensor Kimia

Mekanisme dari suatu sensor kimia dapat dirancang atau didesain sesuai dengan karakteristik analit yang ingin dideteksi. Beberapa contoh bentuk-bentuk reaksi yang dapat dirancang dalam mengembangkan sebuah sensor kimia yakni sensor kimia yang berbasis reaksi transfer muatan dan sensor kimia berbasis reaksi kunci-anak kunci (*key-lock*). Sensor kimia berbasis reaksi transfer muatan biasanya banyak terjadi pada sensor kimia yang menggunakan material anorganik dan biasanya berbentuk reaksi akseptor-donor dari reaksi adsorpsi kimiawi (*chemisorption*) antara analit dengan lapisan sensor. Sedangkan, sensor kimia jenis *key-lock* biasanya didesain dengan suatu reaksi yang sangat spesifik sehingga sensor jenis ini memiliki selektivitas yang tinggi dalam mendeteksi suatu analit (Kuswandi, 2010).



Gambar 2.12 Sensor kimia berbasis reaksi transfer muatan (Kuswandi, 2010)



Gambar 2.13 Sensor kimia berbasis reaksi kunci-anak kunci (*key-lock*) (Kuswandi, 2010)

2.2.3 Teknik Imobilisasi Sensor Kimia

Pada sensor kimia, reagen yang digunakan harus diimobilisasi terlebih dahulu agar mudah dikendalikan. Reagen kimia harus bisa terhubung dengan baik dengan transduser untuk membuat sensor kimia dapat bekerja dengan baik. Imobilisasi merupakan proses pengikatan reagen pada fasa padat atau material pendukung secara homogen, sehingga terdapat kemungkinan terjadi pertukaran dengan larutan sampel yang mengandung analit untuk dideteksi. Imobilisasi reagen digolongkan menjadi dua jenis metode imobilisasi yaitu metode fisika dan metode kimia. Metode imobilisasi secara fisika meliputi proses penyerapan (*adsorption*), pemerangkapan (*entrapment*), pengkapsulan (*encapsulation*), dan interaksi elektrostatis. Sedangkan metode imobilisasi secara kimia meliputi pembentukan ikatan kovalen dan ikatan silang (*cross linking*) (Kuswandi, 2010). Beberapa teknik imobilisasi dalam sensor kimia meliputi:

a. Penyerapan (*Adsorption*)

Adsorpsi secara umum dibagi menjadi dua jenis, yaitu adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia. Pada adsorpsi fisik (fisisorpsi) biasanya ikatan yang terbentuk adalah ikatan *Van der Waals* atau ikatan hidrogen sehingga ikatan ini biasanya cukup lemah. Sedangkan pada adsorpsi kimia (kemisorpsi) biasanya ikatan yang terbentuk lebih kuat, karena pada proses ini melibatkan ikatan kovalen. Adsorpsi biasanya digunakan untuk proses dimana reagen diserap oleh material pendukung (*adsorbent*). Material pendukung yang biasanya digunakan dalam imobilisasi reagen, yaitu: polimer berpori, material karbon, dan material anorganik (Kuswandi, 2010).

b. Pemerangkapan (*Entrapment*)

Dalam teknik ini reagen dicampur dengan sebuah larutan monomer, yang kemudian mengalami polimerisasi untuk membentuk membran, baik berupa gel maupun lapisan tipis film, sehingga reagen tersebut dapat terperangkap didalamnya (Kuswandi, 2010). Ada berbagai cara yang digunakan dalam imobilisasi pemerangkapan seperti elektropolimerisasi, fotopolimerisasi, proses sol-gel untuk jenis kisi atau serat dan mikroenkapsulasi untuk jenis mikrokapsul (Hiep dan Kim, 2017).

c. Pengkapsulan (*Encapsulation*)

Salah satu teknik imobilisasi reagen secara fisika pada permukaan sensor adalah dengan teknik enkapsulasi atau sering pula disebut mikroenkapsulasi. Pada teknik ini biasanya sebuah membran semipermeabel digunakan untuk memerangkap atau menjerat reagen kimia didalamnya pada permukaan sensor. Material membran yang sering digunakan misalnya polivinil klorida (PVC), selulosa asetat, polikarbonat, dan politetrafluoroetilena (Teflon) (Kuswandi, 2010). Membran yang digunakan dapat bersifat polimerik, lipoid, berbasis lipoprotein atau non-ionik. Secara umum, ada dua metode untuk mikroenkapsulasi, yaitu koaservasi (pemisahan fasa) dan polimerisasi antar muka (Hiep dan Kim, 2017).

d. Ikatan Kovalen

Ikatan kimia kovalen terbentuk antara komponen biologis dan transduser. Metode imobilisasi ikatan kovalen akan membentuk ikatan kimia yang kuat sehingga material biologis yang diimobilisasi tidak akan mudah lepas dari matriks. Metode imobilisasi ini dilakukan pada kondisi suhu rendah, kekuatan ion rendah, dan pH netral (dalam rentang pH fisiologis) (Eggins, 2002). Matriks yang dapat digunakan pada imobilisasi dengan ikatan kovalen biasanya membran biodin, gel diaminodipropilamin (DADPA) dan *resin aminopropyl controlled pore glass* (CPG) (Kuswandi, 2010).

e. Ikatan Silang (*Cross-linking*)

Cross-linking adalah metode imobilisasi yang dilakukan dengan cara memerangkap reagen kimia pada membran padat atau material lainnya, seperti gel. Reagen yang sering digunakan pada metode ini adalah glutaraldehid (Eggins, 2002). Kerugian terkait dengan imobilisasi *cross-linking* adalah hasil imobilisasi rendah dan tidak adanya sifat mekanik yang diinginkan. Untuk mengatasi dua masalah ini, *cross-linking* selalu digabungkan dengan teknik imobilisasi lainnya, misalnya adsorpsi (Zhao dkk., 2015).

2.2.4 Matriks Pendukung Sensor Kimia

Desain sensor pada sensor alkaloid ini menggunakan matriks pendukung blister. Blister merupakan kemasan plastik yang memiliki struktur kaku dibandingkan dengan plastik jenis biasanya (Nugroho dan Redjeki, 2015). Blister umumnya terdiri dari bahan plastik termofom dengan sepuluh atau dua belas rongga sebagai wadah obat, dan tutup aluminium sebagai film penutup untuk melindungi bentuk sediaan farmasi padat, misalnya tablet, kapsul, dari kontak oksigen atau kelembaban. Lembaran plastik terbuat dari PVC dengan menggunakan suhu dan tekanan tinggi. Blister bersifat transparan dan memiliki rongga sehingga cocok digunakan untuk uji kolorimetri (Hidayat dkk., 2018).

2.2.5 Karakteristik Sensor Kimia

a. Linearitas

Linearitas adalah kemampuan metode analisis yang memberikan respon yang secara langsung atau dengan bantuan transformasi matematik yang baik, proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel. Sebagai parameter adanya hubungan linier digunakan koefisien korelasi r pada analisis regresi linier seperti persamaan 2.3

$$Y = a + bX \dots\dots\dots (2.3)$$

Hubungan linier yang ideal dicapai jika nilai $b = 0$ dan $r = +1$ atau -1 bergantung pada arah garis. Sedangkan nilai a menunjukkan kepekaan analisis terutama instrumen yang digunakan (Harmita, 2004).

b. Batas Deteksi (LOD) dan Batas Kuantifikasi (LOQ)

Batas kuantifikasi LOQ (*limit of quantification*) merupakan konsentrasi terkecil analit dalam sampel yang masih dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama (Harmita, 2004). Batas kuantifikasi atau dari suatu sensor dapat dihitung sesuai persamaan 2.4

$$LOQ = 10S_{bl}/ m \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana m adalah *slope* dari kurva kalibrasi, S_{bl} adalah standar deviasi dari sinyal blangko. Sedangkan batas deteksi LOD (*limit of detection*) merupakan konsentrasi terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi secara jelas yang masih memberikan respon signifikan dibandingkan dengan blangko (Harmita, 2004). Penentuan batas deteksi suatu metode berbeda-beda tergantung pada metode analisis itu menggunakan instrumen atau tidak. Secara matematis penentuan LOD dapat dihitung sesuai persamaan 2.5-2.7

$$S_m = S_{avg,bl} + K S_{bl} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$C_m = (S_m - S_{avg,bl})/ m \dots\dots\dots (2.6)$$

$$C_m = K S_{bl}/ m \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana S_m adalah sinyal minimum yang dapat dideteksi; $S_{avg,bl}$ adalah rata-rata sinyal dari blangko; S_{bl} adalah standar deviasi dari sinyal blangko; dan k adalah nilai perkalian variasi sinyal blangko (biasanya bernilai 3), sehingga sinyal analit

harus lebih besar dari sinyal blangko ($S_{avg,bl}$) dengan perkalian faktor (k) standar deviasi sinyal blangko (S_{bl}). Sedangkan C_m adalah konsentrasi minimum yang masih dapat dideteksi, dan m adalah slop dari kurva kalibrasi (Kuswandi, 2010).

c. Presisi

Secara definitif, presisi pada sensor kimia dapat dinyatakan sebagai kedekatan respon sensor terhadap respon lainnya untuk analit yang sama atau dinyatakan sebagai kesesuaian dalam pengulangan pengukuran, sehingga sering dinyatakan sebagai deviasi dari *mean* atau rata-rata seperti pada persamaan 2.8

$$d_i = |x_i - \bar{x}| \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana x_i adalah respon sensor dan \bar{x} adalah rata-rata respon sensor (Kuswandi, 2010). Penentuan presisi dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu *repeatability*, *intermediate precision*, dan *reproducibility*. *Repeatability* ditentukan ketika analisis dilakukan dalam satu laboratorium oleh satu analis, menggunakan satu peralatan yang pasti, dan dilakukan dalam satu hari kerja. *Intermediate precision* diperoleh ketika analisis dilakukan dalam satu laboratorium oleh analis yang berbeda selama beberapa hari atau minggu, menggunakan peralatan, reagen, dan kolom yang berbeda. *Reproducibility* merupakan ketepatan yang diperoleh dari hasil yang diukur di laboratorium yang berbeda dengan tujuan memverifikasi metode apakah dapat menghasilkan hasil yang sama dengan fasilitas yang berbeda (Yuwono dan Indrayanto, 2005). Kriteria penerimaan RSD pada uji presisi dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Kriteria penerimaan studi akurasi dan presisi pada konsentrasi analit yang berbeda (Yuwono dan Indrayanto, 2005)

Konsentrasi analit (%)	Unit	Mean recovery (%)	Presisi (RSD, %)
100	100%	98-102	1,3
≥ 10	10%	98-102	2,7
≥ 1	1%	97-103	2,8
$\geq 0,1$	0,1%	95-102	3,7
0,01	100 ppm	90-107	5,3
0,001	10 ppm	80-110	7,3
0,0001	1 ppm	80-110	11
0,00001	100 ppb	80-110	15
0,000001	10 ppb	60-115	21
0,0000001	1 ppb	40-110	30

d. Akurasi

Akurasi sering dinyatakan sebagai kedekatan respon sensor terhadap nilai sebenarnya (*closeness of signal to the true or accepted value*). Dengan bahasa yang sama dapat dinyatakan pula bahwa akurasi adalah kesesuaian antara rata-rata respon sensor terhadap nilai yang sebenarnya (Kuswandi, 2010). Keakuratan suatu metode dapat dinilai dengan melihat sejauh mana nilai yang diperoleh menyimpang dari nilai sebenarnya (Yuwono dan Indrayanto, 2005). Akurasi dapat dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (% *recovery*) analit yang ditambahkan (Harmita, 2004).

Untuk mengukur akurasi, sering digunakan tingkat kesalahan baik kesalahan absolut (E) maupun kesalahan relatif (E_r), seperti yang diberikan pada persamaan 2.9 dan 2.10

$$E = x_i - x_t \dots \dots \dots (2.9)$$

$$E_r = \frac{x_i - x_t}{x_t} \times 100\% \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana, x_i adalah nilai individual respon sensor, x_t adalah nilai respon yang sebenarnya. Sering pula E_r dinyatakan sebagai persentase kesalahan karena dinyatakan dalam persen (Kuswandi, 2010).

e. Selektivitas (Interferensi)

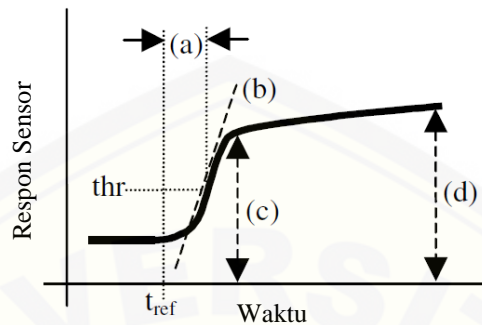
Selektivitas merupakan derajat penyimpangan (*degree of bias*) metode yang dilakukan terhadap sampel yang mengandung bahan yang ditambahkan berupa cemaran, hasil urai, senyawa sejenis, senyawa asing lainnya, dan dibandingkan terhadap hasil analisis sampel yang tidak mengandung bahan lain yang tidak ditambahkan (Harmita, 2004). Nilai persen interferensi yang diperbolehkan dalam sensor adalah $\leq 5\%$. Nilai persen interferensi dapat dihitung dengan persamaan 2.11

$$\% \text{ Interferensi} = \frac{\Delta \text{mean blue uji} - \Delta \text{mean blue standar}}{\Delta \text{mean blue standar}} \times 100 \dots \dots \dots (2.11)$$

f. Waktu Respon dan Waktu Pakai

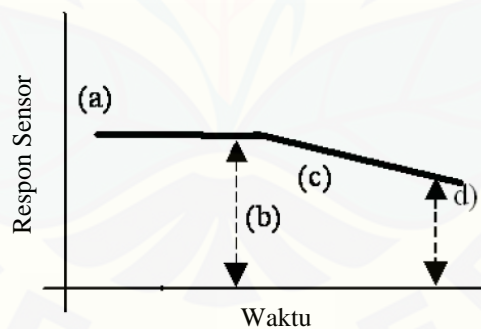
Waktu respon sensor kimia dalam IUPAC diartikan sebagai waktu antara pertama kali sensor direaksikan dengan sampel (bisa dicelupkan, diekspos, atau dialirkan) dan waktu pertama kali respon sensor menghasilkan sinyal yang stabil (*steady state*). Waktu respon biasanya juga dapat diartikan sebagai waktu sensor

memberikan respon sebesar 90% (t_{90}) dari total sinyal yang dihasilkan. Pada beberapa kasus, waktu respon ditentukan dengan 63% atau 90% (t_{63} dan t_{90}) dari total sinyal terhadap analisis yang dihasilkan seperti pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Waktu respon sensor yang dapat ditentukan mulai t_{ref} hingga batas (s) (t_{90}) dan waktu respon t_{63} juga dapat ditentukan hingga thr (Kuswandi, 2010)

Sedangkan waktu pakai sensor, dapat dinyatakan sebagai waktu dimana sensor tersebut memberikan reaksi yang sama dan stabil terhadap suatu analit pada konsentrasi yang sama hingga waktu respon sensor tersebut terhadap analit mengalami penurunan drastis (biasanya lebih dari 15% dari respon sensor awal), seperti pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Waktu pakai sensor yang dapat ditentukan mulai (a) hingga batas (b). Waktu pakai mulai turun pada (c) hingga (d) (Kuswandi, 2010)

2.3 Tinjauan tentang Sampel

2.3.1 Rimpang Kunyit (*Curcuma longa* L.)

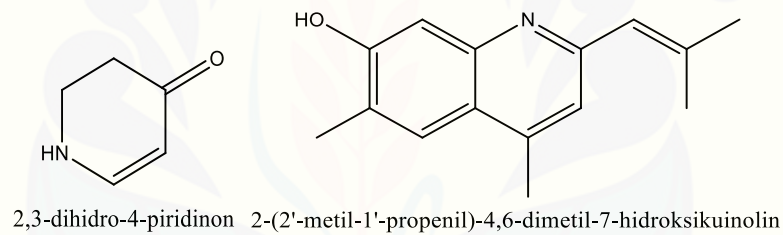
a. Klasifikasi Tanaman Kunyit

Klasifikasi tanaman kunyit dalam tata nama tumbuhan (taksonomi) menurut ITIS (2010a) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Tracheophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Orde	: Zingiberales
Famili	: Zingiberaceae
Genus	: <i>Curcuma</i> L.
Spesies	: <i>Curcuma longa</i> L.

b. Kandungan Kunyit

Kunyit mengandung berbagai metabolit seperti kurkuminoid, minyak atsiri, flavonoid, fenolik, beberapa asam amino penting, protein dan alkaloid yang tinggi (Verma dkk., 2018). Contoh senyawa alkaloid yang terdapat pada kunyit yakni 2,3-dihidro-4-piridinon (Bar, 2016) dan 2-(2'-metil-1'-propenil)-4,6-dimetil-7-hidroksikuinolin) yang merupakan prekursor alkaloid kuinolin (Wang dkk., 2008).



Gambar 2.16 Struktur alkaloid yang terdapat pada kunyit

c. Manfaat Kunyit

Kunyit (*Curcuma longa* L.) adalah spesies tanaman herba abadi yang diketahui berasal dari India. Saat ini, ditanam di Korea, Jepang, Taiwan, dan Indonesia, bersama dengan negara lain. Kunyit digunakan sebagai aditif makanan (rempah-rempah), pengawet makanan, dan pewarna makanan. Di India, kunyit disebut haldi dan secara tradisional digunakan sebagai zat pewarna untuk pakaian karena warnanya yang kuning. Dalam Ayurveda, publikasi India pertama tentang obat-obatan, kunyit digambarkan sebagai agen antiinflamasi yang umum. Selain itu, kunyit telah digunakan dalam obat-obatan tradisional untuk mengobati berbagai kondisi seperti pembengkakan karena keseleo otot atau cedera, serangan otot, kehilangan nafsu makan, rinitis, pilek, luka diabetes, penyakit hati, rematik, dan infeksi sinus (Hee dkk., 2016).

2.3.2 Rimpang Jahe (*Zingiber officinale* Roscoe)

a. Klasifikasi Tanaman Jahe

Klasifikasi tanaman jahe dalam tata nama tumbuhan (taksonomi) menurut ITIS (2010b) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Tracheophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Orde	: Zingiberales
Famili	: Zingiberaceae
Genus	: <i>Zingiber</i> Mill.
Spesies	: <i>Zingiber officinale</i>

b. Kandungan Jahe

Jahe mengandung alkaloid, tanin, saponin, flavonoid, triterpenoid, monoterpen, seskuiterpen, dan kuinon (Febriani dkk., 2018). Saat ini alkaloid hasil isolasi dari jahe merah belum ditemukan.

c. Manfaat Jahe

Jahe digunakan di China dan India sejak 2500 tahun untuk kondisi seperti mual dan muntah, diare, dispepsia, rematik, dan masuk angin. Efek farmakologis lain dari jahe dan senyawa yang diisolasi termasuk antiinflamasi, antioksidan, hipoglikemik, analgesik, antiplatelet, antiemetik, antitrombolitik, antitumorigenik, antimikroba, dan antijamur (Shareef dkk., 2016).

2.3.3 Herba Seledri (*Apium graveolens*)

a. Klasifikasi Tanaman Seledri

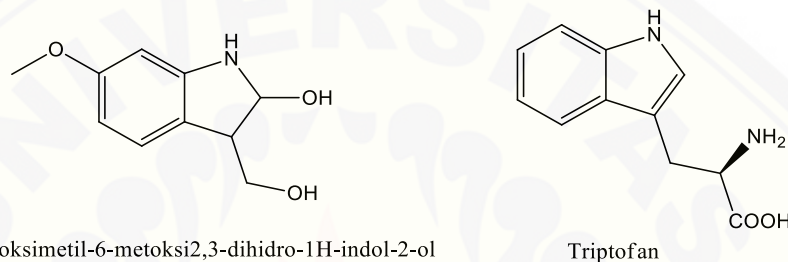
Klasifikasi tanaman seledri dalam tata nama tumbuhan (taksonomi) menurut ITIS (2011a) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Tracheophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Orde	: Apiales

Famili : Apiaceae
 Genus : *Apium* L.
 Spesies : *Apium graveolens* L.

b. Kandungan Seledri

Herba seledri mengandung alkaloid, flavonoid, saponin, tanin 1%, flavoglukosida (apiin), apigenin (Febriyanti dkk., 2018). Contoh senyawa alkaloid yang terdapat pada seledri yakni 3-hidroksimetil-6-metoksi-2,3-dihidro-1H-indol-2-ol dan triptofan (prekursor alkaloid indol) (Momin dan Nair, 2002).



Gambar 2.17 Struktur alkaloid yang terdapat pada seledri

c. Manfaat Seledri

Herba seledri digunakan sebagai obat untuk mengurangi keringat berlebih, menurunkan demam, rematik, susah tidur (insomnia), tekanan darah tinggi, asam urat, dan memperbaiki fungsi darah yang terganggu, tetapi juga bisa berfungsi sebagai antiinflamasi (Kusuma dan Setiawan, 2018).

2.3.4 Herba Meniran (*Phyllanthus niruri* L.)

a. Klasifikasi Tanaman Meniran

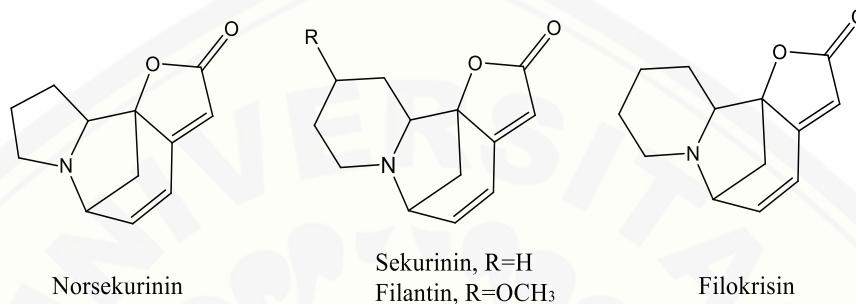
Klasifikasi tanaman meniran dalam tata nama tumbuhan (taksonomi) menurut ITIS (2011b) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Divisi : Tracheophyta
 Kelas : Magnoliopsida
 Orde : Malphigiales
 Famili : Phyllanthaceae
 Genus : *Phyllanthus*

Spesies : *Phyllanthus niruri* L.

b. Kandungan Meniran

Kandungan kimia herba meniran antara lain alkaloid, flavonoid, minyak atsiri, antrakuinon, arbutin, glikosida, senyawa golongan fenol, dan tanin (Higea dkk., 2013). Contoh senyawa alkaloid yang terdapat pada meniran yakni norsekurinin, sekurinin, filantin, dan filokrisin (Bagalkotkar dkk., 2006).



Gambar 2.18 Struktur alkaloid yang terdapat pada meniran

c. Manfaat Meniran

Herba meniran berkhasiat untuk penyakit hepatitis, anti inflamasi, demam (anti piretik), melancarkan kencing (diuretik), ekspektoran, melancarkan haid, menerangkan penglihatan, menambah nafsu makan (Higea dkk., 2013).

2.3.5 Kayu Secang (*Caesalpinia sappan* L.)

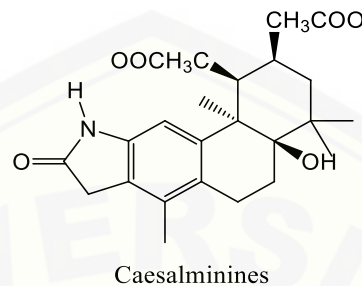
a. Klasifikasi Tanaman Secang

Klasifikasi tanaman secang dalam tata nama tumbuhan (taksonomi) menurut ITIS (2011c) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Divisi : Tracheophyta
 Kelas : Magnoliopsida
 Ordo : Fabales
 Famili : Fabaceae
 Genus : *Caesalpinia* L.
 Spesies : *Caesalpinia sappan* L.

b. Kandungan Secang

Senyawa aktif pada kayu secang terdapat flavonoid, saponin, alkaloid, tanin, fenolik, glikosida dan brazilin (Suwan dkk., 2018; Sucita dkk., 2019). Contoh senyawa alkaloid yang terdapat pada secang yakni caesalminines (Ma dkk., 2014).



Gambar 2.19 Struktur alkaloid yang terdapat pada secang

c. Manfaat Secang

Kandungan saponin, flavonoid, dan alkaloid yang berfungsi sebagai antioksidan, antiinflamasi, dan bersifat antifungi, serta tanin yang dapat menunjukkan aktivitas antivirus, dan antibakteri. Senyawa spesifik yang terdapat dalam kandungan kayu secang adalah brazilin, yang mempunyai efek anti inflamasi. Senyawa-senyawa aktif tersebut dapat bermanfaat dalam proses penyembuhan luka (Sucita dkk., 2019).

2.3.6 Daun Pegagan (*Centella asiatica* L.)

a. Klasifikasi Tanaman Pegagan

Klasifikasi tanaman pegagan dalam tata nama tumbuhan (taksonomi) menurut ITIS (2011d) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Tracheophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Apiales
Famili	: Apiaceae
Genus	: <i>Centella</i> L.
Spesies	: <i>Centella asiatica</i> L.

b. Kandungan Pegagan

Kandungan senyawa kimia yang terdapat terutama alkaloid, terpenoid saponin, tanin, flavonoid, steroid, karbohidrat, dan gula pereduksi (Ferdous dkk., 2017; Agustina dkk., 2019). Contoh senyawa alkaloid yang terdapat pada pegagan yakni hidrokotilin dengan rumus empiris $C_{22}H_{33}NO_8$, namun rumus strukturnya tidak dideskripsikan (Martin, 2004; Shaival dkk., 2012; Das, 2011).

c. Manfaat Pegagan

Alkaloid seperti berberin bermanfaat sebagai agen antibakteri. Keberadaan flavonoid dalam suatu tanaman merupakan indikasi sifat antioksidan, anti alergi, antiinflamasi, antimikroba, dan antikanker. Namun, turunan glikosida menunjukkan aktivitas yang sangat menjanjikan secara *in vitro* dan *in vivo*. Terpenoid dan steroid bersifat sitotoksik. Kehadiran tanin menunjukkan bahwa tanaman ini digunakan sebagai astringen dan memiliki aktivitas antivirus dan antibakteri serta dapat membantu menyembuhkan luka bakar. Laporan terbaru menunjukkan bahwa tanin mungkin memiliki nilai potensial sebagai agen sitotoksik dan atau antineoplastik. Beberapa peneliti juga telah melaporkan bahwa beberapa saponin memiliki sifat antimikroba dan antidiare. Saponin dan glikosida juga merupakan kelas metabolit sekunder yang sangat penting karena beberapa bersifat kardioaktif dan digunakan dalam pengobatan kondisi jantung (Ferdous dkk., 2017).

2.3.7 Daun Jombang (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg)

a. Klasifikasi Tanaman Jombang

Klasifikasi tanaman jombang dalam tata nama tumbuhan (taksonomi) menurut ITIS (2010c) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Tracheophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Asterales
Famili	: Asteraceae
Genus	: <i>Taraxacum</i> F. H. Wigg.

Spesies : *Taraxacum officinale* F. H. Wigg.

b. Kandungan

Kandungan senyawa kimia yang terdapat pada daun jombang antara lain alkaloid, glikosida, asam amino, terpenoid, ion anorganik, steroid, karbohidrat, galaktomannan, tanin, flavonoid, steroid dan asam fenolik (Cells dkk., 2016; Tudies dkk., 2016). Saat ini alkaloid hasil isolasi pada daun jombang belum ditemukan.

c. Manfaat

Daun jombang telah digunakan dalam pengobatan tradisional untuk pengobatan gangguan hati, peradangan dan beberapa penyakit wanita seperti kanker payudara dan rahim. Berdasarkan studi praklinis, tanaman jombang dapat digunakan sebagai modulator inflamasi, diuretik, stimulan pencernaan, stimulan insulin, demulen, probiotik, imunomodulator, antiangiogenik, dan antineoplastik. Studi sebelumnya mencatat bahwa daun pahit yang mengandung alkaloid yang mampu mengurangi sakit kepala terkait dengan hipertensi (Mir dkk., 2017).

2.3.8 Daun Ungu (*Graptophyllum pictum* (L.) Griff.)

d. Klasifikasi Tanaman Ungu

Klasifikasi tanaman ungu dalam tata nama tumbuhan (taksonomi) menurut ITIS (2011e) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Tracheophyta
Kelas : Magnoliopsida
Ordo : Lamiales
Famili : Acanthaceae
Genus : *Graptophyllum* Nees
Spesies : *Graptophyllum pictum* (L.) Griff.

e. Kandungan

Kandungan senyawa kimia yang terdapat pada daun ungu antara lain alkaloid, pektin, dan asam format, steroid, saponin, tanin, flavonoid dan alkohol

(Wahyuningtyas, 2005). Saat ini alkaloid hasil isolasi dari daun ungu belum ditemukan.

f. Manfaat

Tanin dapat diaplikasikan secara lokal pada luka di tenggorokan dan rongga mulut, terutama pada stomatitis. Tanin memiliki aksi fisiologis terhadap pertumbuhan bakteri. Sebagai agen detoksifikasi, tanin dapat mengendapkan protein dan membentuk senyawa spesifik yang berinteraksi dengan protein dan pelikel air liur untuk menghambat perlekatan *Streptococcus mutans* serta mengurangnya. Alkaloid memiliki aksi fisiologis terhadap pertumbuhan bakteri. Flavonoid memiliki sifat antivirus, antibakteri dan anti-inflamasi juga. (Wahyuningtyas, 2005).

2.3.9 Biji Jintan Hitam (*Nigella sativa* L.)

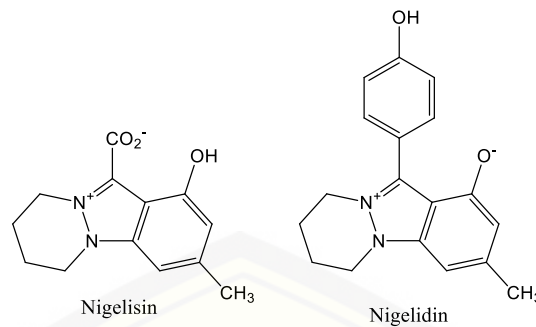
a. Klasifikasi Tanaman Jintan Hitam

Klasifikasi tanaman jintan hitam dalam tata nama tumbuhan (taksonomi) menurut ITIS (2011f) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Tracheophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Ranunculales
Famili	: Ranunculaceae
Genus	: <i>Nigella</i> L.
Spesies	: <i>Nigella sativa</i> L.

b. Kandungan Jintan Hitam

Biji jintan hitam dalam berbagai tahap germinasi telah menunjukkan adanya alkaloid, tanin, dan flavonoid (Islam dkk., 2013). Contoh senyawa alkaloid yang terdapat pada jintan hitam adalah nigelisin dan nigelidin (Malik dkk., 1995; Nimet dkk., 2015).



Gambar 2.20 Struktur alkaloid yang terdapat pada jintan hitam

c. Manfaat Jintan Hitam

Jintan hitam memiliki spektrum aktivitas yang luas, yaitu. sebagai diuretik, antihipertensi, antidiabetik, antikanker dan imunomodulator, analgesik, antimikroba, anthelmintik, analgesik dan antiinflamasi, spasmolitik, bronkodilator, gastroprotektif, hepatoprotektif, protektif ginjal dan sebagai antioksidan. Biji jintan hitam banyak digunakan dalam pengobatan berbagai penyakit seperti bronkitis, asma, diare, rematik dan gangguan kulit. Selain itu, dapat juga digunakan sebagai tonik hati, pencernaan, antidiare, perangsang nafsu makan, untuk meningkatkan produksi susu pada ibu menyusui dan untuk mendukung sistem kekebalan tubuh. Biji jintan hitam juga digunakan dalam makanan seperti penyedap rasa dalam roti dan acar karena memiliki tingkat toksisitas yang sangat rendah (Richard dkk., 2013).

2.3.10 Biji Jintan Putih (*Cuminum cyminum* L.)

a. Klasifikasi Tanaman Jintan Putih

Klasifikasi tanaman jintan putih dalam tata nama tumbuhan (taksonomi) menurut ITIS (2019) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Tracheophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Apiales
Famili	: Apiaceae

Genus : *Cuminum* L.

Spesies : *Cuminum cyminum* L.

b. Kandungan Jintan putih

Jintan putih mengandung alkaloid, antrakuinon, kumarin, flavonoid, glikosida, protein, resin, saponin, tanin, dan steroid. Selain itu, juga mengandung vitamin B kompleks yang sangat baik seperti tiamin, vitamin B6, niasin, riboflavin, dan vitamin anti-oksidan vital lainnya seperti vitamin E, vitamin A, dan vitamin C (Belal dkk., 2018). Saat ini alkaloid hasil isolasi dari jintan putih belum ditemukan.

c. Manfaat Jintan putih

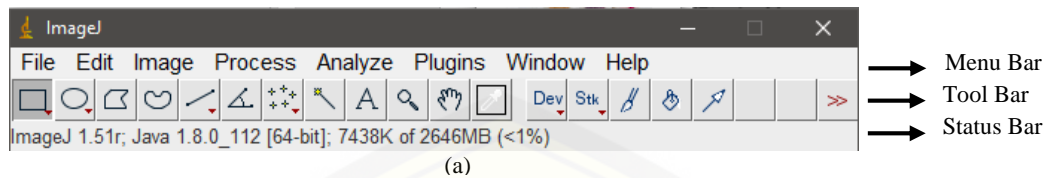
Jintan putih, bumbu paling populer kedua di dunia setelah lada hitam, dibudidayakan terutama di India, Cina, Arab, dan di negara-negara yang berbatasan dengan Laut Mediterania. Aplikasi jintan putih sebagai obat termasuk penggunaan sebagai stimulan, karminatif, astringen, terhadap gangguan pencernaan, perut kembung dan diare (Kedia dkk., 2014).

2.4 Tinjauan tentang *ImageJ*

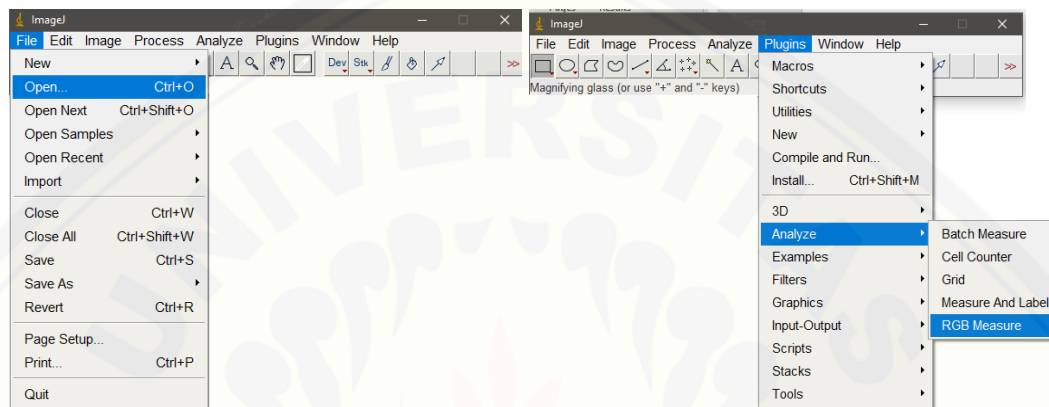
ImageJ merupakan program analisis gambar yang kuat yang dibuat oleh *National Institutes of Health*. *ImageJ* dapat menampilkan, mengedit, menganalisis, memproses, menyimpan dan mencetak gambar dengan tipe 8-bit, 16-bit, dan 32-bit, serta dapat membaca banyak format gambar termasuk TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM, FITS, dan “raw”. *ImageJ* berisikan *menu bar*, *tool bar*, dan *status bar* seperti pada Gambar 2.7 (Reinking, 2007). Kelebihan *ImageJ* yakni *multithreaded*, sehingga pekerjaan yang memakan waktu seperti membaca file gambar dapat dilakukan secara bersamaan dengan pekerjaan lain (Ferreira dan Wayne, 2012).

Perubahan warna dari sensor setelah dipindai, dinilai menggunakan program *ImageJ* untuk menentukan nilai *mean* RGB. Setiap warna dalam mode gambar RGB terdiri dari intensitas warna masing-masing dari tiga warna dasar (*red*, *green* dan *blue*) (Vrekoussis, 2009). Dipilih warna *red*, *green*, dan *blue* karena ketiga warna ini menghasilkan spektrum sehingga dapat dibaca oleh pembaca. Selain itu, ketiga warna tersebut dapat bercampur untuk membentuk warna yang

lainnya (Reinking, 2007). Skala intensitas didefinisikan dari 0 (paling gelap) hingga 255 (paling terang) (Vrekoussis, 2009).



(a)



(b)

Gambar 2.21 Tampilan jendela *ImageJ* (a) dan cara penggunaan untuk menghitung RGB (b) (Reinking, 2007)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian *true experimental laboratories*.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai bulan Desember 2019 sampai selesai, bertempat di Laboratorium Bio dan Kemosensor dan Laboratorium Kimia Analisis Fakultas Farmasi Universitas Jember.

3.3 Rancangan Penelitian

3.3.1 Rancangan Operasional

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap yaitu sebagai berikut:

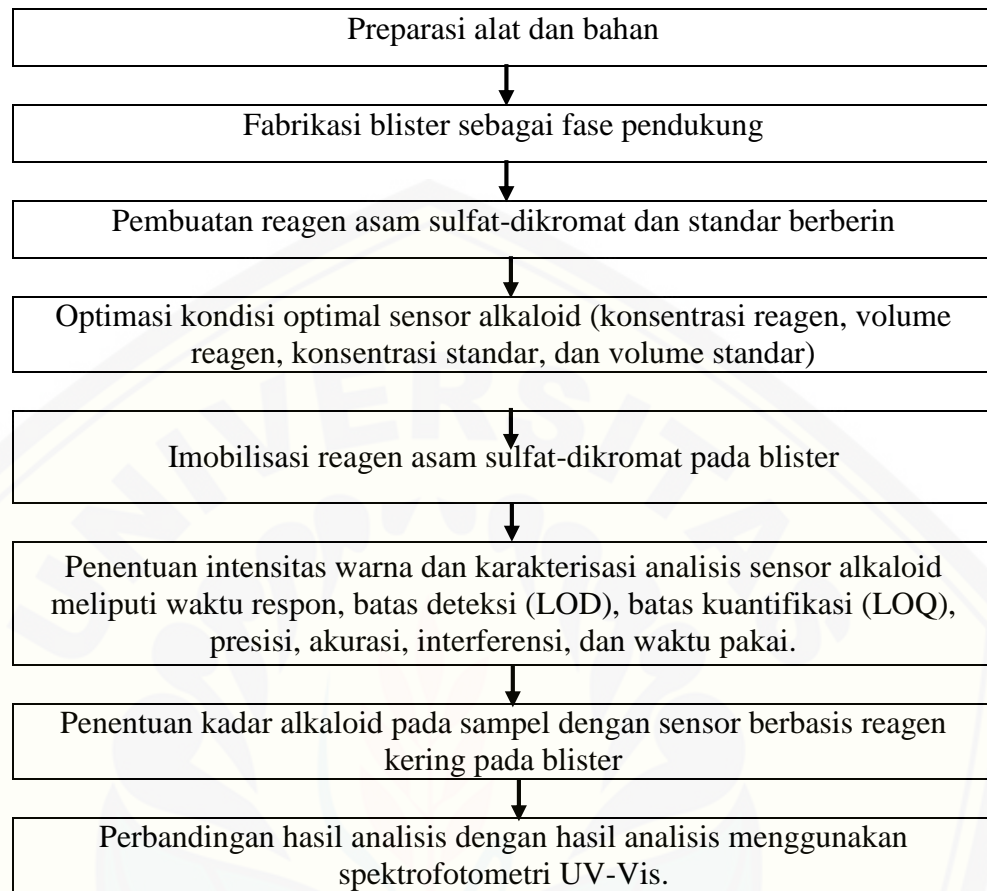
- a. Fabrikasi sensor alkaloid.
- b. Penentuan kondisi optimum sensor alkaloid berbasis reagen kering asam sulfat-dikromat menggunakan blister meliputi konsentrasi dan volume standar dan reagen terhadap perubahan warna pada sensor.
- c. Karakterisasi analisis sensor alkaloid terhadap berberin standar meliputi waktu respon, batas deteksi (*LOD*), batas kuantifikasi (*LOQ*), linieritas, presisi, akurasi, interferensi, dan waktu pakai.
- d. Aplikasi sensor alkaloid berbasis reagen kering asam sulfat-dikromat menggunakan blister pada sampel ekstrak tanaman herbal dibandingkan dengan metode spektrometer UV-Vis.

3.3.2 Definisi Operasional

Definisi operasional pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Sensor alkaloid adalah suatu metode yang digunakan dalam penentuan alkaloid pada ekstrak tanaman obat berdasarkan perubahan warna sensor biru menjadi hijau.
- b. Ekstrak yang digunakan merupakan ekstrak cair yang diperoleh dengan cara ekstraksi ultrasonik.
- c. Tanaman obat yang digunakan diperoleh dari Materia Medika Batu, Malang.
- d. Pelarut ekstraksi yang digunakan adalah metanol *p.a.*
- e. Sensor alkaloid dibuat dengan mengimobilisasi reagen asam sulfat-dikromat ke dalam blister.
- f. Kadar alkaloid yang diukur dinyatakan dalam miligram berberin ekuivalen per gram ekstrak (*mgBE/ gram ekstrak*).
- g. Reaksi senyawa alkaloid dengan sensor akan menghasilkan perubahan warna yang diamati dalam bentuk gambar digital.
- h. Pengambilan gambar perubahan warna larutan uji pada blister menggunakan scanner (*Canon Lide 110 CanoScan*) pada resolusi 300 DPI (*Dot Per Inch*).
- i. Nilai RGB (*red, green, and blue*) adalah nilai perubahan warna (merah, hijau, dan biru) yang dinyatakan dalam satuan piksel (*pixel*) pada analisis gambar digital menggunakan program *image-J*.
- j. Respon sensor berupa intensitas warna dalam satuan *pixel* menggunakan nilai rerata biru (*mean blue*).
- k. Δ *Mean blue* adalah rata-rata pengukuran nilai warna biru dari larutan uji pada blister.

3.3.3 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alur penelitian

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain blister, *ball pipet*, *beaker glass*, labu ukur, neraca analitik, sonikator, *hair dryer*, oven, pipet tetes, pipet volume, mikropipet, *yellow tip*, *blue tip*, *scanner (Canon Lide 110 Canoscan)*, vial, *stopwatch*, pipa kapiler, spektrofotometer UV-Vis (*Hitachi U-1800*), kuvet, dan sentrifuge.

3.4.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain berberin, reagen asam sulfat (H_2SO_4), kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$), metanol *p.a.*, akuades, ekstrak biji jintan putih (*Cuminum cyminum* L.), biji jintan hitam (*Nigella sativa* L.), daun ungu (*Graptophyllum pictum* (L.) Griff), daun jombang (*Taraxacum officinale* F.H Wigg), daun pegagan (*Centella asiatica*), rimpang kunyit (*Curcuma longa*), rimpang jahe (*Zingiber officinale* Roscoe), herba meniran (*Phyllanthus niruri* L.), herba seledri (*Apium graveolens*), dan kayu secang (*Caesalpinia sappan* L.) yang diperoleh dari Materia Medika Batu, Malang.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Preparasi Larutan Induk Berberin Klorida

Larutan induk berberin klorida dibuat dengan 2 konsentrasi. Konsentrasi pertama yakni 1000 ppm yang dibuat dengan menimbang 100 mg berberin kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan metanol hingga tanda batas. Konsentrasi kedua yakni 3000 ppm yang dibuat dengan menimbang 300 mg berberin kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan metanol hingga tanda batas.

3.5.2 Preparasi Larutan Standar Berberin Klorida

Larutan standar berberin klorida dibuat dengan 9 macam konsentrasi antara lain: 100, 200, 300, 400, 500, 600, 800, 900, dan 1000 ppm. Dari larutan induk 1000 ppm masing-masing dipipet sejumlah 1, 2, 4, dan 5 mL menggunakan pipet volume kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL dan ditambahkan metanol hingga tanda batas, sehingga diperoleh larutan standar berberin klorida dengan konsentrasi 100, 200, 400, dan 500 ppm. Dari larutan induk 1000 ppm dipipet lagi 4 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 5 mL dan ditambahkan metanol hingga tanda batas, sehingga diperoleh larutan standar berberin klorida dengan konsentrasi 800 ppm. Dari larutan induk 3000 ppm masing-masing dipipet 1, 2, dan 3 mL

menggunakan pipet volume kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL dan ditambahkan metanol hingga tanda batas, sehingga diperoleh larutan standar berberin klorida dengan konsentrasi 300, 600, dan 900 ppm.

3.5.3 Preparasi Sampel

Sampel yang digunakan pada penelitian ini meliputi ekstrak metanol dari biji jintan putih, biji jintan hitam, daun ungu, daun jombang, daun pegagan, daun sembung legi, rimpang kunyit, rimpang jahe, herba meniran, herba seledri, dan kayu secang. Preparasi sampel dilakukan dengan menimbang 1 g sampel serbuk tanaman herbal dan ditambahkan dengan metanol *p.a* 10 mL pada serbuk tanaman obat tersebut untuk mendapatkan konsentrasi 10%. Kemudian sampel disentrifuge selama ± 15 menit hingga larut dan disaring dengan kertas saring, sehingga didapatkan residu dan filtrat. Filtrat dari sampel tersebut dapat diencerkan kembali sesuai dengan rentang kurva baku yang telah dioptimasi dalam standar berberin.

3.5.4 Pembuatan Reagen Asam Sulfat-Dikromat

Reagen asam sulfat-dikromat dibuat dengan mencampurkan 5% larutan kalium dikromat dan asam sulfat 2 N. Kedua reagen tersebut dibuat dengan menimbang kalium dikromat sebanyak 5 g kemudian dimasukkan labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuades hingga tanda batas, sedangkan asam sulfat 2 N dibuat dengan mengambil 12,5 mL asam sulfat kemudian dimasukkan labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuades hingga tanda batas.

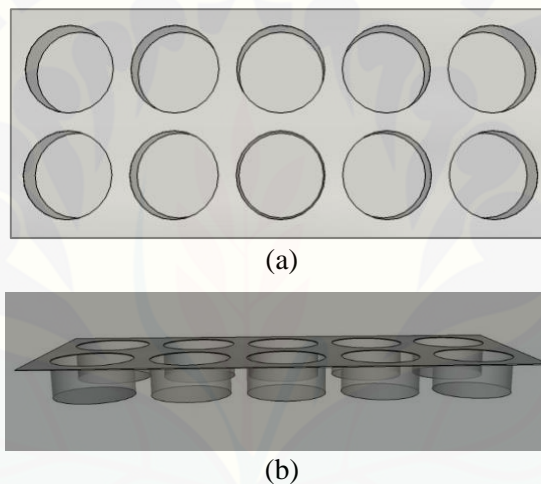
3.5.5 Pembuatan Kurva Baku Berberin

Larutan standar berberin dipipet sejumlah volume tertentu dan dimasukkan ke dalam setiap area kerja yang telah diisi dengan reagen asam sulfat-dikromat. Kemudian dilakukan pengambilan gambar menggunakan scanner dan analisis warna menggunakan program *ImageJ* untuk mendapatkan nilai $\Delta mean\ blue$. Replikasi dilakukan sebanyak tiga kali. Dari data tersebut, diperoleh kurva baku

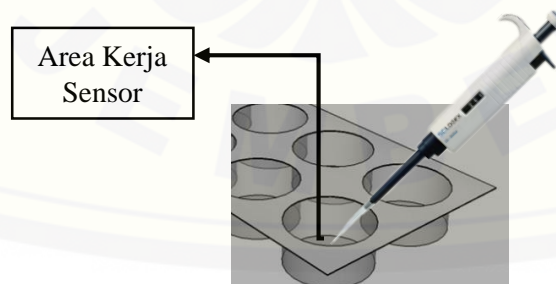
dengan persamaan regresi linier antara konsentrasi berberin dengan waktu dalam menit.

3.5.6 Pembuatan Sensor Berbasis Reagen Kering pada Blister

Pembuatan sensor ini menggunakan blister. Setiap area kerja terdiri dari 5 kolom dan 2 baris lubang dan masing-masing lubang berdiameter 1 cm dengan kedalaman 0,5 cm. Desain sensor berbasis reagen kering pada blister ditunjukkan pada gambar 3.2. Area kerja berada dalam lubang lingkaran yang telah diimobilisasi reagen asam sulfat-dikromat seperti yang ditunjukkan gambar 3.2.



Gambar 3.2 Desain sensor berbasis reagen kering pada blister (a) tampak atas dan (b) tampak samping



Gambar 3.3 Area kerja sensor

3.5.7 Penentuan Intensitas Warna

Pembacaan dalam sensor alkaloid yaitu dengan pengambilan gambar menggunakan scanner dan dianalisis warna yang terbentuk menggunakan program *image-J*. Pengujian menggunakan sensor alkaloid dilakukan dengan mengimobilisasi reagen asam sulfat-dikromat pada area kerja, selanjutnya ditambahkan standar berberin ke area kerja sensor, masing-masing dilakukan tiga kali replikasi. Setelah itu, dilakukan pemeriksaan intensitas warna yang dihasilkan dan diperoleh data $\Delta mean\ blue$.

3.5.8 Optimasi Reagen dan Konsentrasi Asam Sulfat-Dikromat dan Berberin

a. Optimasi Volume Reagen

Optimasi volume reagen area kerja dilakukan dengan beberapa macam volume larutan reagen asam sulfat-dikromat yaitu 100 μl , 150 μl dan 200 μl . Masing-masing volume reagen tersebut diimobilisasi ke dalam blister, kemudian diamati dengan memperhatikan volume larutan dan warna yang dihasilkan sudah memenuhi, melebihi, dan atau kurang memenuhi seluruh area kerja.

b. Optimasi Konsentrasi Reagen Asam Sulfat-Dikromat

Konsentrasi reagen asam sulfat-dikromat dipilih berdasarkan warna hijau yang dihasilkan, warna tersebut dipengaruhi oleh konsentrasi dari kalium dikromat dan asam sulfat. Konsentrasi kalium dikromat yang digunakan yakni 2%, 5%, dan 10%, sedangkan konsentrasi asam sulfat yakni 2 N. Kemudian dilakukan pengukuran intensitas warna yang dapat menghasilkan perubahan warna sensor yang signifikan dari biru menjadi hijau serta menghitung nilai $\Delta mean\ blue$ yang menghasilkan koefisien korelasi yang baik .

c. Optimasi Volume Standar Berberin

Optimasi volume standar berberin dilakukan dengan beberapa macam diantaranya 100 μl , 150 μl dan 200 μl . Masing-masing volume tersebut ditetaskan dalam area sensor yang telah diimobilisasi dengan reagen asam sulfat-dikromat, kemudian diamati dengan memperhatikan volume larutan dan warna yang dihasilkan sudah memenuhi, melebihi, dan atau kurang memenuhi seluruh area kerja sensor.

d. Optimasi Konsentrasi Standar Berberin

Konsentrasi berberin yang digunakan yakni 1 ppm, 10 ppm, 100 ppm, dan 1000 ppm. Kemudian dilakukan pengukuran intensitas warna pada sensor yang dapat menghasilkan perubahan warna dari biru menjadi hijau. Konsentrasi standar berberin yang dipilih berdasarkan warna hijau yang dihasilkan dan mempunyai koefisien korelasi yang paling baik.

3.5.9 Karakterisasi Sensor Kimia

a. Waktu Respon

Waktu respon merupakan waktu yang dibutuhkan untuk bereaksi dengan reagen asam sulfat-dikromat sampai terjadi perubahan warna yang sempurna. Konsentrasi larutan standar yang dapat memberikan waktu respon yang optimal akan direplikasi sebanyak tiga kali. Pengukuran intensitas warna dilakukan setiap rentang waktu tertentu hingga reagen asam sulfat-dikromat memberikan perubahan warna yang sempurna. Penentuan waktu sensor dilakukan dengan membuat kurva baku antara waktu (menit) vs nilai $\Delta mean\ blue$. Didapatkan waktu respon dengan cara mengukur intensitas warna sensor pada waktu pertama kali sensor memberikan respon sinyal yang stabil.

b. Linieritas

Penentuan linieritas dilakukan dengan menguji reagen asam sulfat-dikromat pada standar berberin dengan konsentrasi 100, 200, 300, 400, 500, 600, 800, 900, dan 1000 ppm. Sebagai parameter adanya hubungan linieritas digunakan koefisien korelasi (r) antara konsentrasi larutan standar berberin dengan intensitas warna. Koefisien korelasi dihitung menggunakan analisis regresi linier $y = bx + a$, dimana nilai r akan ideal apabila nilai r mendekati -1 atau $+1$.

c. Batas Deteksi dan Batas Kuantifikasi

Penentuan batas deteksi (LOD) dan batas kuantifikasi (LOQ) dilakukan dengan cara menguji reagen asam sulfat-dikromat pada standar berberin dengan konsentrasi 100-1000 ppm. Selanjutnya diukur intensitas warna dengan

menentukan nilai $\Delta mean\ blue$. Perhitungan LOD dan LOQ dilakukan dengan persamaan 2.4-2.7 yang diperoleh dari kurva baku pada linieritas.

d. Presisi

Penentuan presisi dilakukan menggunakan standar berberin dengan konsentrasi 550 ppm sebanyak enam kali replikasi. Kemudian dihitung kedekatan pengukuran dari nilai RSD. Setiap replikasi diukur intensitas warnanya. Kriteria penerimaan presisi untuk konsentrasi yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2.1.

e. Akurasi

Penentuan akurasi dilakukan dengan metode penambahan standar adisi yaitu dengan menghitung persen *recovery* dari 3 kali penambahan analit sebesar 30, 45, dan 60% dari konsentrasi sampel yang telah dianalisis. Penentuan akurasi dilakukan dengan menimbang 0,2 g sampel yang dilarutkan dengan 10 mL metanol, kemudian diultrasonik selama 30 menit. Selanjutnya, larutan disaring dengan kertas saring dan ditambahkan 1 mL standar adisi ke dalam labu ukur 10 mL. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam blister yang telah diimobilisasi dengan reagen asam sulfat-dikromat dan diamati perubahan warna yang terjadi. Nilai $\Delta mean\ blue$ hasil pengukuran dimasukkan ke dalam persamaan regresi sehingga diperoleh konsentrasi berberin dalam sampel (konsentrasi berberin yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan massa berberin dalam sampel). Kemudian membandingkan massa berberin hasil pengukuran tersebut dengan massa berberin teoritis sehingga diperoleh nilai % *recovery*. Nilai % *recovery* dihitung berdasarkan persamaan 2.9-2.10. Kriteria penerimaan % *recovery* untuk konsentrasi yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2.1.

f. Interferensi (Selektivitas)

Interferensi ditentukan dengan membandingkan hasil analisis sampel yang mengandung komponen pengganggu dengan hasil pengukuran sampel tanpa penambahan komponen pengganggu. Penentuan interferensi dilakukan menggunakan standar berberin yang masing-masing telah diberi pengganggu sukrosa dan garam dengan perbandingan volume antara standar dan komponen pengganggu 1:0,1; 1:1; dan 1:10. Adanya interferensi sukrosa ditentukan dengan

mengukur intensitas warna dibandingkan dengan standar yang tidak mengandung komponen pengganggu.

g. Waktu Pakai

Penentuan waktu pakai sensor dilakukan dengan menyimpan sensor ke dalam wadah yang kedap cahaya dengan dua kondisi berbeda yaitu pada suhu kamar ($\pm 25^{\circ}\text{C}$) dan suhu *chiller* ($\pm 4^{\circ}\text{C}$). Penentuan waktu pakai dilakukan dengan mengukur intensitas warna ketika ditambahkan standar berberin 500 ppm sebanyak volume tertentu dari pertama kali disimpan. Pengukuran intensitas warna dilakukan setiap 30 menit pada suhu kamar ($\pm 25^{\circ}\text{C}$) dan setiap 24 jam pada suhu *chiller* ($\pm 4^{\circ}\text{C}$) sampai diketahui tidak layak digunakan yaitu nilai $\Delta mean\ blue$ mengalami penurunan lebih dari 15% dari sensor awal atau dengan kata lain sudah tidak layak digunakan (pengukuran pada hari ke-0).

3.5.10 Aplikasi Sensor Kimia pada Sampel Dibandingkan dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis.

Aplikasi ini dilakukan dengan membandingkan dua metode yang berbeda dengan reagen yang sama untuk penentuan kadar alkaloid. Metode yang digunakan yakni metode sensor alkaloid berbasis reagen kering menggunakan blister dan metode spektrofotometri UV-Vis.

Pengujian sensor alkaloid berbasis reagen kering menggunakan blister dilakukan dengan memipet 150 μl asam sulfat-dikromat ditambahkan pada masing-masing sampel, kemudian dilakukan pengukuran intensitas warna. Perhitungan konsentrasi alkaloid pada masing-masing sampel dapat dilakukan dengan pengukuran nilai $\Delta mean\ blue$. Pada pengujian menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis dapat dilakukan menggunakan standar berberin kemudian ditambahkan dengan reagen asam-sulfat dikromat, lalu dihomogenkan. Kemudian diukur nilai absorbansinya pada panjang gelombang maksimum yakni 430 nm (Graham dan Thomast, 1961). Kemudian dilakukan perbandingan hasil analisis antara sensor dengan spektrofotometri UV-Vis menggunakan metode analisis *T-test* dan program SPSS (*IBM SPSS Statistic 22*) untuk mengetahui nilai rerata

mengalami perbedaan atau tidak dari kedua metode tersebut dengan melihat nilai signifikansinya.



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Fabrikasi sensor alkaloid dilakukan dengan mengimobilisasi reagen asam sulfat-dikromat ke dalam blister, kemudian pelarut diuapkan hingga diperoleh reagen kering asam sulfat-dikromat.
- b. Kondisi optimum sensor alkaloid meliputi volume reagen asam sulfat-dikromat sebesar 150 μL , konsentrasi reagen asam sulfat-dikromat sebesar 5%, volume standar berberin atau sampel sebesar 150 μL , dan konsentrasi standar berberin sebesar 100 – 1000 ppm.
- c. Karakteristik sensor alkaloid meliputi:
 1. Waktu respon sensor alkaloid untuk bereaksi dan memberikan respon yang relatif konstan adalah 6 – 10 menit.
 2. Linieritas sensor alkaloid berada pada rentang konsentrasi 100 – 1000 ppm dengan nilai koefisien korelasi (r) = 0,9991 dan persamaan regresi yang diperoleh adalah $y = 0,0667x + 7,7385$.
 3. Batas deteksi (LOD) dan batas kuantifikasi (LOQ) sensor alkaloid masing-masing sebesar 61,357 ppm dan 184,072.
 4. Metode sensor alkaloid tidak akan terganggu dengan adanya sukrosa dengan perbandingan antara berberin dan sukrosa 1:0,1 dan garam dengan perbandingan antara berberin dan garam 1:0,1.
 5. Metode sensor alkaloid memenuhi rentang presisi dengan nilai RSD yang diperoleh untuk standar berberin 550 ppm dan herba seledri 10% masing-masing sebesar 0,367% dan 0,456%.
 6. Metode sensor alkaloid memenuhi rentang akurasi yang diperbolehkan dengan nilai %recovery untuk standar berberin dan herba seledri 10% masing-masing sebesar 99,327% dan 99,915%.

7. Sensor alkaloid stabil dalam penyimpanan selama 3 hari pada suhu ruang ($\pm 25^{\circ}\text{C}$) dan 7 hari pada suhu *chiller* ($\pm 4^{\circ}\text{C}$).
- d. Metode sensor alkaloid tidak memberikan perbedaan yang signifikan jika dibandingkan dengan metode spektrofotometri UV-Vis, sehingga dapat digunakan sebagai metode alternatif dalam penentuan kadar alkaloid dalam sampel.

5.2 Saran

Penelitian “Pengembangan Sensor Alkaloid Berbasis Reagen Kering Asam Sulfat-Dikromat Menggunakan Blister pada Ekstrak Tanaman Obat” ini masih perlu pengembangan dan studi lebih lanjut mengenai waktu respon dan waktu pakai (stabilitas penyimpanan). Untuk memperpanjang waktu pakai, sensor alkaloid dapat disimpan dalam kondisi yang kedap udara dengan divakum, diberi *silica gel*, atau menggunakan aluminium foil. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menghasilkan sensor alkaloid dengan waktu respon yang lebih cepat dan stabilitas yang lebih baik pada suhu *chiller* maupun suhu ruang.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, W., F. Khoerunisa, T. Rahman, dan L. Ratnawati. 2019. Karakterisasi dan pengujian aktivitas antimikroba minuman probiotik antanan (*Centella asiatica* (L.)). *Jurnal Riset Teknologi Industri*. 2(1):88-98.
- Andayani, D. G. S., S. R. Anggraeni, E. Liviawaty, R. M. Chrisentia, dan Y. 2018. Isolation, identification of alkaloid from *Rhizophora mucronata* and the activity of its methanol extract against barnacles. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 160(1):1-7.
- Bangun, A. 2010. *Ensiklopedia Tanaman Obat*. Bandung: Indonesia Publishing House.
- Bar, F. M. A. 2016. Dihydropyridinone alkaloid artifacts from *Curcuma longa* and their anti-migration activity against HepG2 cells. *Records of Natural Products*. 10(5):582.
- Bagalkotkar, G., S. R. Sagineedu, M. S. Saad, dan J. Stanslas. 2006. Phytochemicals from *Phyllanthus niruri* Linn. and their pharmacological properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 58(12):1559-1570.
- Belal, A. A., F. B. M. Ahmed, dan L. I. Ali. 2017. Antibacterial activity of *Cuminum cyminum* L . oil on six types of bacteria. *American Journal of BioScience*. 5(4):70-73.
- Cordell, G. A. 1981. *Introduction to Alkaloid: A Biogenetic Approach*. New York: Wiley.
- Chen, L., Y. Wang, X. Fu, dan Chen L. 2014. *Novel optical nanoprobe for chemical and biological analysis*. New York: Springer Berlin Heidelberg.
- Cells, L., G. Biosciences, P. Cramer, A. A. Kissi-twum, dan T. Uto. 2016. Antiproliferative, antioxidant activities and apoptosis induction by morinda lucida and taraxacum officinale in human HL-60 leukemia cells. *Journal of Global BioSciences*. 5(7):4281-4291.
- Day, R. A., dan Underwood A. L. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga.

- Das, A. J. 2011. Review on nutritional, medical and pharmacological properties of *Centella asiatica* (Indian pennywort). *Journal of Biologically Active Product from Nature*. 1(4):216-228.
- Danilov, V. I., V. V. Dailidonis, D. M. Hovorun, N. Kurita, Y. Murayama, T. Natsume, A. I. Potopalsky, dan L. A. Zaika. 2006. Berberine alkaloid: quantum chemical study of different forms by the DFT and MP2 methods. *Chemical Physics Letters*. 430(4-6):409-413.
- Eichhorn, P., dan Knepper T. P. 2001. Electrospray ionization mass spectrometric studies on the amphoteric surfactant cocamidopropylbetaine. *Journal of Mass Spectrometry*. 36(6):677-684.
- Eggin, B. R. 2002. *Chemical Sensors and Biosensors*. Northern Ireland: John Wiley & Sons, Ltd.
- Funayama, S., dan Cordell G. A. 2015. *Alkaloids: A Treasury of Poisons and Medicines*. New York: Elsevier.
- Ferdous, N., M. Rahman, dan A. N. M. Alamgir. 2017. Investigation on phytochemical, cytotoxic and antimicrobial properties of ethanolic extracts of *Centella asiatica* (L.) Urban. *Journal of Medicinal Plants Studies*. 5(2):187-188.
- Febriani, Y., H. Riasari, W. Winingsih, D. L. Aulifa, dan A. Permatasari. 2018. The potential use of red ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) dregs as analgesic. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*. 1(1):57-64
- Febriyanti, R., A. V. Purba, dan P. Simanjuntak. 2018. Uji aktifitas analgetik kombinasi ekstrak buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) dan daun seledri (*Apium graveolens* L.) terhadap mencit putih jantan (*Mus musculus*). 7(1):197-201.
- Graham, B. H. D. dan L. B. Thomast. 1961. Dichromate-sulfuric acid and its use for quantitative assay. *Journal of Pharmaceutical Sciences*. 50(11):901-904.
- Gholib, I. dan A. Rohman. 2017. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Harborne, J. B. 1996. *Metode fitokimia penuntun cara modern menganalisis*

- tumbuhan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung Press.
- Harmita. 2004. Petunjuk pelaksanaan validasi metode dan cara perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*. 1(3):117–135.
- Harmita. 2006. *Analisa Fisikokimia*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Hee, J., H. Jeong, Y. Kim, S. Park, O. Lee, K. Sung, dan M. Jung. 2016. Korean turmeric is effective for dyslipidemia in human intervention study. *Journal of Ethnic Foods*. 3(3):213–221.
- Hegnauer, R. 1988. Biochemistry, distribution, and taxonomic relevance of higher plant alkaloid. *Phytochemistry*. 27(8):2423-2427.
- Herbie, T. 2005. *Kitab Tanaman Berkhasiat Obat-226 Tumbuhan Obat Untuk Penyembuhan Penyakit Dan Kebugaran Tubuh*. Yogyakarta: Octopus Publishing House.
- Hiep, H. dan M. Kim. 2017. An overview of techniques in enzyme immobilization. *Applied Science Convergen Technology*. 26(6):157–163.
- Higea, J. F., H. Rivai, R. Septika, dan A. Boestari. 2013. Karakterisasi ekstrak herba meniran (*Phyllanthus niruri Linn*) dengan analisa fluoresensi. *Jurnal Farmasi Higea*. 5(2):127-137.
- 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 extract. *Marmara Pharmaceutical Journal*. 22(3):450-459.
- Islam, M. H., I. Ahmad, dan M. T. Salman. 2013. Antibacterial activity of *Nigella sativa* seed in various germination phases on clinical bacterial strains isolated from human patients. *Journal of Biotechnology and Pharmaceutical Research*. 4(1):8-13.
- Islamiah, A. C., H. Syam, dan A. Sukainah. 2019. Analisis mutu minuman instan berbahan dasar buah mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) dan jahe merah (*Zingiber officinale rosc.*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*. 5(1):8-20.
- ITIS (*Integrated Taxonomic Information System*). 2010a. Taxonomic Hierarchy: *Curcuma* *longa* L.)

https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=42394#null [diakses tanggal 02 Januari 2020]

ITIS (*Integrated Taxonomic Information System*). 2010b. Taxonomic Hierarchy:
Zingiber officinale Roscoe
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=42402#null [diakses tanggal 02 Januari 2020]

ITIS (*Integrated Taxonomic Information System*). 2011a. Taxonomic Hierarchy:
Apium graveolens
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=29592#null [diakses tanggal 02 Januari 2020]

ITIS (*Integrated Taxonomic Information System*). 2011b. Taxonomic Hierarchy:
Phyllanthus niruri L.
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=504353#null [diakses tanggal 02 Januari 2020]

ITIS (*Integrated Taxonomic Information System*). 2011c. Taxonomic Hierarchy:
Caesalpinia sappan L.
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=26499#null [diakses tanggal 02 Januari 2020]

ITIS (*Integrated Taxonomic Information System*). 2011d. Taxonomic Hierarchy:
Centella asiatica L.
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=29612#null [diakses tanggal 02 Januari 2020]

ITIS (*Integrated Taxonomic Information System*). 2010c. Taxonomic Hierarchy:.
Taraxacum officinale F.H. Wigg
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=506592#null [diakses tanggal 02 Januari 2020]

ITIS (*Integrated Taxonomic Information System*). 2011e. Taxonomic Hierarchy:.
Graptophyllum pictum (L.) Griff.
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=506592#null [diakses tanggal 02 Januari 2020]

ITIS (*Integrated Taxonomic Information System*). 2011f. Taxonomic Hierarchy:.
Nigella sativa L.
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=500226#null [diakses tanggal 02 Januari 2020]

Jeon, Y. W., J. W. Jung, M. Kang, I. K. Chung, dan W. Lee. 2002. NMR studies on antitumor drug candidates , berberine and berberrubine. *Bull. Korean Chem. Soc.* 23(3):391–394.

Kao, L. S., C. E. Green, dan D. Ph. 2008. Analysis of variance : is there a difference

- in means and what does it mean? *Journal of Surgical Research*. 170:158–170.
- Kedia, A., B. Prakash, P. K. Mishra, dan N. K. Dubey. 2014. Antifungal and antiaflatoxic properties of *Cuminum cyminum* (L.) seed essential oil and its efficacy as a preservative in stored commodities. *International Journal of Food Microbiology*. 168–169:1–7.
- Kumar, A., Nitika Gupta, Swadesh Kumar, Nikhil Gupta, Santosh Kumar, V. Yadav, A. Prakash, dan H. Gurjar. 2015. Metabolites in plants and its classification. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 4(1):287–305.
- Kulkarni, S. K., dan A. Dhir. 2010. Berberine: a plant alkaloid with therapeutic potential for central nervous system disorders. *Phytotherapy Research*. 24(5):317-324.
- Kuo, C. L., C. W. Chi, dan T. Y. Liu. 2004. The anti-inflammatory potential of berberine in vitro and in vivo. *Cancer Letters*. 203(2):127–137.
- Kusuma, S. dan A. Setiawan. 2018. The capability of sedative effect from celery (*Apium graveolens* L.) fraction to male mice. *Biological Research Journal*. 4(2):1–6.
- Kuswandi, B. 2010. *Sensor Kimia Teori, Praktek, Dan Aplikasi*. Jember: Jember University Press.
- Li, Q., Y. L. Zhao, C. B. Long, P. F. Zhu, Y. P. Liu, dan X. D. Luo. 2019. Seven new veratramine-type alkaloids with potent analgesic effect from *Veratrum taliense*. *Journal of ethnopharmacology*. 244(2):112-137.
- Liu, Q. L., A. H. Chen, J. Y. Tang, Y.L Ma, Z. H. Jiang, Y. P. Liu dan W. Xu. 2017. A new indole alkaloid with anti-inflammatory activity from *Nauclea officinalis*. *Natural product research*. 31(18):2107-2112.
- Lau, C. W., X. Q. Yao, Z. Y. Chen, W. H. Ko, dan Y. Huang. 2001. Cardiovascular actions of berberine. *Cardiovascular Drug Reviews*. 19(3):234–244.
- Ma, G., Z. Sun, J. Yuan, H. Wei, J. Yang dan X. Xu. 2014. Antimalarial diterpene alkaloids from the seeds of *Caesalpinia minax*. *Fitoterapia*. 95(8):234-239.
- Malik, S., S. S. Hassan, M. I. Choudhary, C. Z. Ni dan J. Clardy. 1995. Nigellidine

- a new indazole alkaloid from the seeds of *Nigella sativa*. *Tetrahedron Letters*. 36(12):1993-1996.
- Martin, K. P. 2004. Plant regeneration through somatic embryogenesis in medicinally important *Centella asiatica* L. *In Vitro Cellular & Development Biology-Plant*. 40(6):586-591.
- Mir, M. A., S. S. Sawhney, dan M. M. S. Jassal. 2013. Qualitative and quantitative analysis of phytochemicals of *Taraxacum officinale*. *Wudpecker Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 2(1):1-5.
- Momin, R. A dan M. G. Nair. 2002. Antioxidant, cyclooxygenase and topoisomerase inhibitory compounds from *Apium graveolens* Linn. *Phytomedicine*. 9(4):312-318.
- Nenaah, G. 2010. Antibacterial and antifungal activities of (beta)-carboline alkaloids of *Peganum harmala* (L.) seeds and their combination effects. *Fitoterapia*. 8(7):779-782.
- Nimet, K. A. R. A., D. Katar dan H. Baydar. 2015. Yield and quality of black cumin (*Nigella sativa* L.) Populations the effect of ecological conditions. *Turkish Journal of Field Crops*. 20(1):9-14.
- Nugroho, A dan A. S. Redjeki. 2015. Pengaruh waktu pemanasan pada pembuatan senyawa alum dari limbah foil blister untuk keperluan industri farmasi. *Jurnal Konversi*. 4(2):1-8.
- Philip F. U. 2010. Alkaloids from plants with antimalarial activity: a review of recent studies. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 5(2):1-17.
- Richard, T., H. Temsamani, E. Cantos-Villar, dan J. P. Monti. 2013. Application of LC-MS and LC-NMR techniques for secondary metabolite identification. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 3(5):337-352.
- Savithamma, N., M. L. Rao, dan D. Suhurulatha. 2011. Screening of medicinal plants for secondary metabolites. *Middle-East Journal of Scientific Research*. 8(3):579–584.
- Shareef, H., J. Haidar, dan I. H. Hameed. 2016. Antibacterial effect of ginger

- (*Zingiber officinale* Roscoe) and bioactive chemical analysis using gas chromatography mass spectrum. *Oriental Journal of Chemistry*. 32(2):817-837.
- Shaival, R. P., dan K. R. Shaival. Review on *Centella asiatica*: a wonder drug. *Journal of Pharmaceutical and Chemical Sciences*. 1(3):1369-1375.
- Sherman, A. R. 2004. *Pyridine in Encyclopedia of Reagents for Organic Synthesis*. New York: J. Willey & Sons.
- Shimada, A. dan Y. Kimura. 2007. Nitrogen metabolism and flower symmetry of *Petunia corollas* treated with glyphosate. *Zeitschrift Fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences*. 62(11–12):849–856.
- Simbala, H. E. I. 2009. Analisis senyawa alkaloid beberapa jenis tumbuhan obat sebagai bahan aktif fitofarmaka. *Pacific Journal*. 1(4):489- 494.
- Sucita, R. E., I. S. Hamid, F. Fikri, dan M. T. P. Elziyad. 2019. Ekstrak etanol kayu secang (*Caesalpinia sappan L.*) secara topikal efektif pada kepadatan kolagen masa penyembuhan luka insisi tikus putih. *Jurnal Medik Veteriner*. 2(2):119–126.
- Suwan, T., P. Wanachantararak, dan S. Khongkhunthian. 2018. Extract on synthesis of silver nanoparticles. *Drug Discoveris & Therapeutics*. 12(5):259–266.
- Tan, W., Y. Li, M. Chen dan Y. Wang. 2011. Berberine hydrochloride: anticancer activity and nanoparticulate delivery system. *International journal of nanomedicine*. 6(1):1773-1777.
- Thach, B. Đ., Q. Vu, T. Dao, L. Thi, L. Giang, T. Nguyen, T. Linh, B. Thi, N. Pham, A. Uyen, dan N. H. Dung. 2017. Inhibitor effect of flavonoid from *Blumea balsamifera* (L.) DC. leaves extract on melanin synthesis in cultured B16F10 cell line and zebrafish. *European Journal of Research in Medical Sciences*. 5(2):31–36.
- Thevenot, D. R., K. Toth, A. Richard, dan G. S. Wilson. 2007. Electrochemical biosensors : recommended definitions and classification. *Analitycal Letter*: 34(5)635–659.
- Tudies, S., F. E. Wirngo, M. N. Lambert, dan P. B. Jeppesen. 2016. Review the

- physiological effects of dandelion (*Taraxacum officinale*) in type 2 diabetes. *The Review of Diabetic Studies*. 13(2-3):113–131.
- Untoro, M., E. Fachriyah, dan D. Kusriani. 2016. Isolasi dan identifikasi senyawa golongan alkaloid dari rimpang lengkuas merah (*Alpinia purpurata*). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*. 19(2):58.
- Verma, R. K., P. Kumari, R. K. Maurya, V. Kumar, R. B. Verma, dan R. K. Singh. 2018. Medicinal properties of turmeric (*Curcuma longa* L.): a review. *International Journal of Chemical Studies*. 6(4):1354–1357.
- Wahyuningtyas, E. 2005. The raptophyllum pictum extract effect on acrylic resin complete denture plaque growth. *Dental Journal (Majalah Kedokteran Gigi)*. 38(4):201.
- Wang, L. Y., Zhang, M., Zhang, C. F., dan Z. T. Wang. 2008. Alkaloid and sesquiterpenes from the root tuber of *Curcuma longa*. *Yao Xue Xue Bao = Acta Pharmaceutica Sinica*. 43(7):724-727.
- Yuliana, A. dan W. Arianti. 2020. Pengukuran zat warna *Monascus purpureus* menggunakan LC-MS. *Jurnal Ilmu Ilmu Keperawatan, Analis Kesehatan dan Farmasi*. 2(1):1-10.
- Yuwono, M. dan G. Indrayanto. 2005. Validation of chromatographic methods of analysis. *Profiles of Drug Substances, Excipients and Related Methodology*. 32(05):241–260.
- Zhao, X., F. Qi, C. Yuan, W. Du, dan D. Liu. 2015. Lipase-catalyzed process for biodiesel production: enzyme immobilization, process simulation and optimization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 44(7):182–197.
- Ziegler, J. dan P. J. Facchini. 2008. Alkaloid biosynthesis: metabolism and trafficking. *Annual Review of Plant Biology*. 59(1):735–769.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A. OPTIMASI INTENSITAS WARNA

A.1 Tabel Pengukuran Intensitas Warna

Nilai penentuan warna *Red*

Konsentrasi standar berberin (ppm)	mean <i>Red</i>			Rata-rata	Δ mean <i>Red</i>	SD
	R1	R2	R3			
Blanko	106,464	106,382	106,867	106,571	-	0,260
100	95,086	95,098	95,034	95,073	11,498	0,034
200	94,001	93,990	94,011	94,001	12,570	0,011
300	90,870	90,887	90,606	90,788	15,783	0,158
400	93,384	93,076	93,109	93,190	13,381	0,169
500	90,432	90,449	90,006	90,296	16,275	0,251
600	85,249	85,094	85,266	85,203	21,368	0,095
800	82,830	83,101	83,531	83,154	23,417	0,353
900	78,926	79,156	79,184	79,089	27,482	0,142
1000	74,488	74,340	74,683	74,504	32,067	0,172

Nilai penentuan warna *Green*

Konsentrasi standar berberin (ppm)	mean <i>Green</i>			Rata-rata	Δ mean <i>Green</i>	SD
	R1	R2	R3			
Blanko	125,698	126,121	125,765	125,861	-	0,227
100	124,386	124,127	124,393	124,302	1,559	0,152
200	120,443	120,865	121,136	120,815	5,046	0,349
300	116,364	117,554	117,417	117,112	8,749	0,651
400	115,672	115,580	115,295	115,516	10,345	0,197
500	106,762	106,034	106,109	106,302	19,559	0,400
600	104,999	104,443	104,938	104,793	21,068	0,305
800	100,584	100,655	100,033	100,424	25,437	0,340
900	94,671	94,943	94,445	94,686	31,175	0,249
1000	94,722	94,936	93,579	94,412	31,449	0,730

Nilai penentuan warna *Blue*

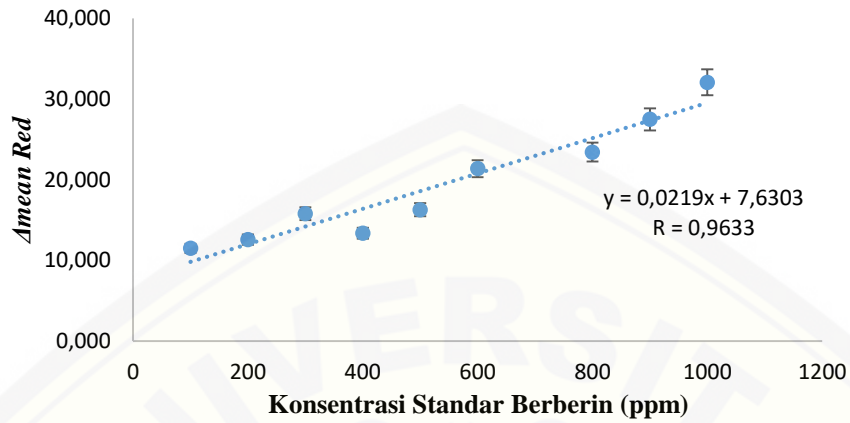
Konsentrasi standar berberin (ppm)	mean <i>Blue</i>			Rata-rata	Δ mean <i>Blue</i>	SD
	R1	R2	R3			
Blanko	120,096	120,953	119,838	120,296	-	0,584
100	107,658	107,419	107,589	107,555	12,741	0,123
200	98,156	99,097	99,275	98,843	21,417	0,601
300	90,878	91,737	91,705	91,440	28,856	0,487
400	84,732	84,982	85,502	85,072	35,224	0,393
500	79,678	79,733	79,672	79,694	40,602	0,034
600	72,058	71,789	71,960	71,936	48,360	0,136
800	63,472	63,154	63,612	63,413	60,883	0,235
900	52,646	52,090	52,884	52,540	67,756	0,407
1000	46,766	46,266	46,138	46,390	73,906	0,332

Nilai penentuan warna *RGB*

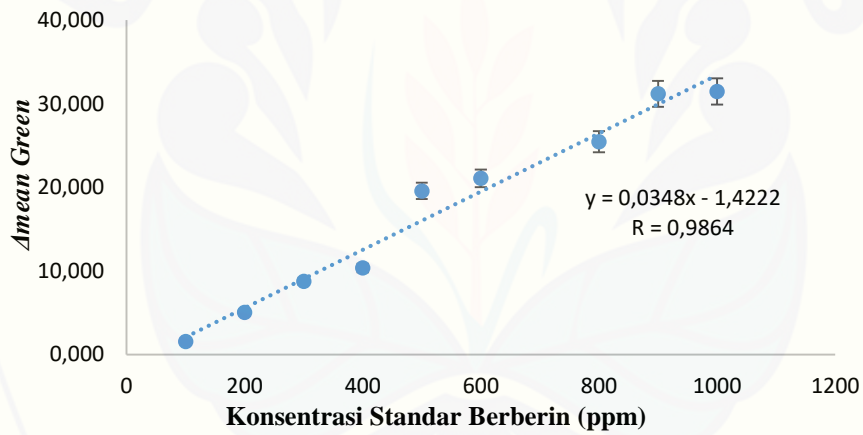
Konsentrasi standar berberin (ppm)	mean <i>RGB</i>			Rata-rata	Δ mean <i>RGB</i>	SD
	R1	R2	R3			
Blanko	115,868	115,826	116,023	115,906	-	0,104
100	109,213	108,889	108,852	108,985	6,921	0,199
200	104,877	104,685	104,117	104,560	11,343	0,395
300	99,615	100,153	99,517	99,762	16,144	0,342
400	98,203	97,656	98,117	97,992	17,914	0,294
500	93,284	93,413	92,597	93,098	22,808	0,439
600	87,395	87,372	87,728	87,498	28,408	0,199
800	84,996	85,074	85,121	85,064	30,842	0,063
900	71,689	71,610	71,792	71,697	44,209	0,091
1000	72,112	71,206	71,837	71,718	44,188	0,465

A.2 Kurva Pengukuran Intensitas Warna

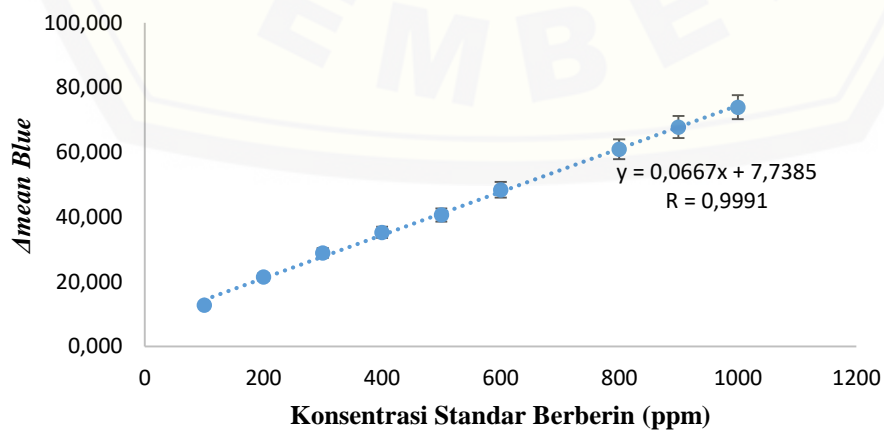
Kurva intensitas warna $\Delta mean Red$

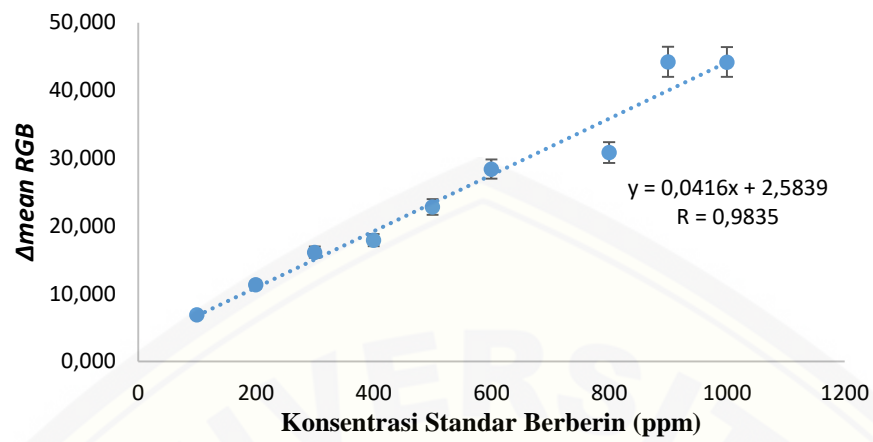


Kurva intensitas warna $\Delta mean Green$



Kurva intensitas warna $\Delta mean Blue$



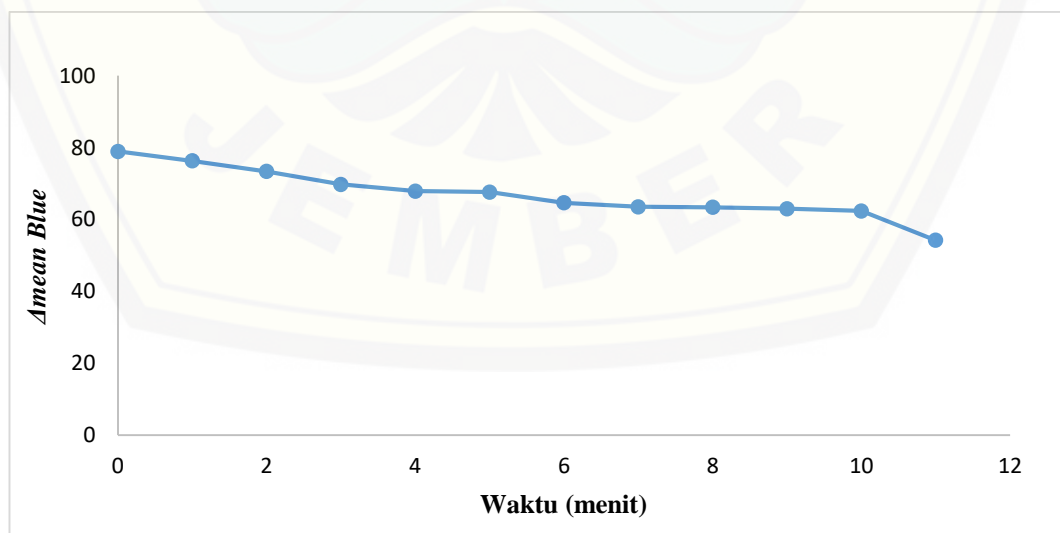
Kurva intensitas warna $\Delta mean RGB$ 

LAMPIRAN B. WAKTU RESPON

B1. Tabel Waktu Respon











Waktu (menit)	<i>Amean Blue</i>			<i>Amean Blue</i> rata-rata	SD
	R1	R2	R3		
0	78,734	78,986	79,082	78,934	0,180
1	76,363	75,734	76,785	76,294	0,529
2	73,746	73,459	72,942	73,382	0,407
3	69,601	70,044	69,506	69,784	0,287
4	68,008	67,896	67,830	67,911	0,090
5	67,414	67,700	67,708	67,607	0,167
6	64,783	64,710	64,462	64,652	0,168
7	63,770	63,755	64,288	63,546	0,303
8	63,454	63,594	63,127	63,392	0,240
9	63,265	63,004	62,782	63,017	0,242
10	62,720	62,638	61,786	62,381	0,517
11	54,216	54,197	54,456	54,216	0,144

B.2 KURVA WAKTU RESPON

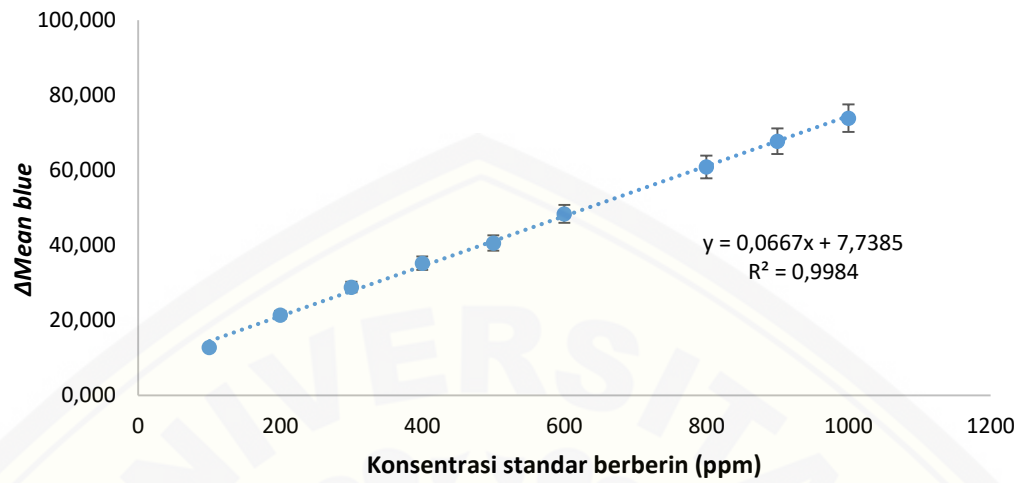


LAMPIRAN C. LINIERITAS

C1. Tabel Linieritas

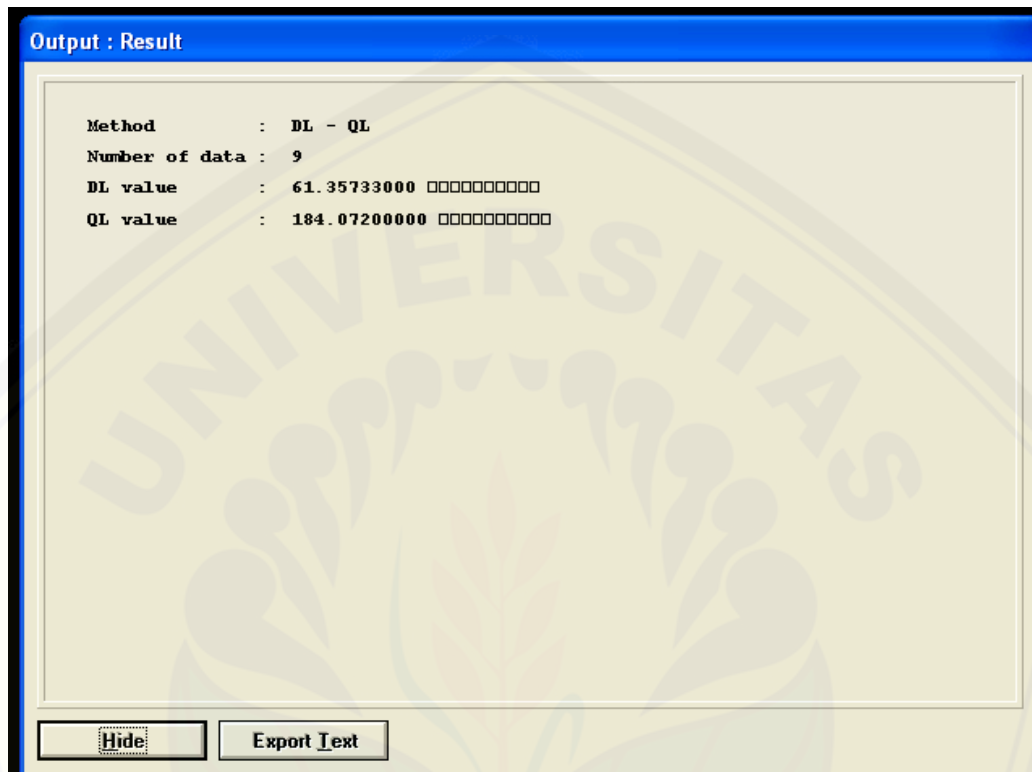
Konsentrasi standar berberin	<i>Mean blue</i>			Δ <i>Mean blue</i>			Δ <i>Mean blue rata-rata</i>	SD	Gambar
	R1	R2	R3	R1	R2	R3			
Blanko	120,838	119,953	120,096	-	-	-	-	-	
100 ppm	107,658	107,419	107,588	13,180	12,534	12,508	12,741	0,330	
200 ppm	99,056	98,506	99,075	21,782	21,447	21,021	21,417	0,381	
300 ppm	91,737	90,878	91,705	29,101	29,075	28,391	28,856	0,403	
400 ppm	85,982	84,502	84,732	34,956	35,451	35,364	35,224	0,264	
500 ppm	79,678	79,733	79,670	41,160	40,220	40,424	40,602	0,494	
600 ppm	72,589	71,058	72,160	48,249	48,895	47,936	48,360	0,489	
800 ppm	59,612	59,154	59,472	61,226	60,799	60,624	60,883	0,310	
900 ppm	52,884	52,090	52,646	67,954	67,863	67,450	67,756	0,269	
1000 ppm	46,546	46,338	46,286	74,292	73,615	73,810	73,906	0,384	

C.2 Kurva Linieritas



LAMPIRAN D. BATAS DETEKSI (*LOD*) DAN BATAS KUANTIFIKASI (*LOQ*)

D.1 Tabel Batas Deteksi (*LOD*) dan Batas Kuantifikasi (*LOQ*)



LAMPIRAN E. INTERFERENSI

E.1 Tabel Interferensi Sukrosa terhadap Hasil Pengukuran Kadar Alkaloid

Bahan	Perbandingan	Mean blue	Δ Mean blue	Selisih	%Interferensi	%Interferensi rata-rata	SD
Blanko	-	120,256	-	-	-	-	-
		120,311	-	-	-		
		119,885	-	-	-		
Berberin	-	74,851	45,405	-	-	-	-
		74,724	45,587	-	-		
		74,655	45,330	-	-		
Berberin : Sukrosa	1 : 0,1	76,507	43,749	1,656	3,647	3,757	0,106
		76,483	43,828	1,759	3,849		
		76,366	43,619	1,711	3,775		
Berberin : Sukrosa	1 : 1	78,621	41,635	3,770	8,303	8,039	0,440
		78,026	42,285	3,302	7,243		
		78,540	41,445	3,885	8,570		
Berberin : Sukrosa	1 : 10	80,814	39,442	5,963	13,126	13,213	0,329
		80,449	39,812	5,775	12,668		
		80,931	39,054	6,276	13,845		

E.2 Tabel Interferensi Garam Dapur terhadap Hasil Pengukuran Kadar Alkaloid








Bahan	Perbandingan	Mean blue	Δ Mean blue	Selisih	%Interferensi	%Interferensi rata-rata	SD
Blanko	-	120,256	-	-	-	-	-
		120,311	-	-	-		
		119,885	-	-	-		
Berberin	-	74,851	45,405	-	-	-	-
		74,724	45,587	-	-		
		74,655	45,330	-	-		
Berberin : Garam	1 : 0,1	75,996	44,260	1,145	2,522	2,158	0,174
		75,781	44,530	1,057	2,312		
		75,339	44,586	0,744	1,641		
Berberin : Garam	1 : 1	77,409	42,847	2,558	5,633	6,082	0,152
		77,754	42,557	3,030	6,647		
		77,360	42,625	2,705	5,967		
Berberin : Garam	1 : 10	79,181	41,075	4,330	9,536	9,755	0,172
		79,573	40,738	4,849	9,847		
		79,136	40,849	4,481	9,885		

$$\% \text{ Interferensi} = \frac{\text{Selisih } \Delta \text{mean blue berberin dengan zat interferensi}}{\Delta \text{mean blue berberin}} \times 100\%$$








LAMPIRAN F. PRESISI

Persamaan regresi = $y = 0,0667x + 7,7385$

a. Standar berberin 550 ppm

Keterangan	Mean blue	ΔMean blue	Kadar alkaloid (mg/L)	Gambar
Blanko	120,131	-	-	
Replikasi 1	74,364	45,767	570,244	
Replikasi 2	74,475	45,836	571,279	
Replikasi 3	74,153	45,978	573,408	
Replikasi 4	74,475	45,656	568,580	
Replikasi 5	74,500	45,631	568,205	
Replikasi 6	74,212	45,919	572,523	
Rata-rata			570,707	
SD			2,090	
RSD (%)			0,367	

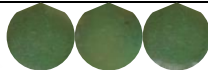


b. Sampel seledri 10%

Keterangan	Mean blue	ΔMean blue	Kadar alkaloid (mg/L)	Gambar
Blanko	120,284	-	-	
Replikasi 1	79,369	40,915	497,398	
Replikasi 2	79,272	41,284	502,931	
Replikasi 3	79,085	41,199	501,657	
Replikasi 4	79,330	40,954	497,984	
Replikasi 5	79,058	41,226	502,061	
Replikasi 6	79,215	41,069	499,708	
Rata-rata			500,290	
SD			2,280	
RSD (%)			0,456	

LAMPIRAN G. AKURASI**G.1 Akurasi Standar Berberin**

Persamaan regresi = $y = 0,0667x + 7,7385$

Perhitungan teoritis

Konsentrasi Standar (mg/L BE)	Adisi	Konsentrasi Adisi	Konsentrasi Teoritis	Gambar
570,707	30%	171,212	741,710	
	45%	256,818	827,211	
	60%	342,424	912,712	

Perhitungan percobaan

Adisi	Mean blue blanko	Mean blue standar	Δ Mean blue	Konsentrasi (mg/L BE)
30%	120,326	63,314	56,952	737,834
		63,356	56,910	737,204
		63,129	57,137	740,607
45%	120,326	57,668	62,592	822,391
		57,560	62,706	824,100
		58,215	62,051	814,280
60%	120,326	52,124	68,142	905,600
		52,413	67,953	902,766
		51,702	68,564	911,927

Perhitungan akurasi

Adisi	Konsentrasi teoritis (mg/L BE)	Konsentrasi percobaan (mg/L BE)	%Recovery	Rata-rata %recovery	SD
30%	741,710	737,834	99,480	99,575	0,243
		737,204	99,393		
		740,607	99,851		
45%	827,211	822,391	99,415	99,159	0,633
		824,100	99,624		
		814,280	98,438		
60%	912,712	905,600	99,221	99,348	0,514
		902,766	98,910		
		911,927	99,914		

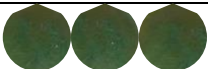


Perhitungan pembuatan standar adisi

- Konsentrasi rata-rata hasil penentuan konsentrasi standar adalah 570,707 ppm.
- Standar adisi 30% = $30\% \times 570,707 \text{ ppm} = 171,212 \text{ ppm}$ (1,712 mg)
5,5 mg standar ditimbang, kemudian ditambahkan dengan 1,712 mg, dan dilarutkan dengan metanol ad 10 mL.
Konsentrasi teoritis = $570,707 \text{ ppm} + 171,212 \text{ ppm} = 741,710 \text{ ppm}$
- Standar adisi 45% = $45\% \times 570,707 \text{ ppm} = 256,818 \text{ ppm}$ (2,568 mg)
5,5 mg standar ditimbang, kemudian ditambahkan dengan 2,568 mg, dan dilarutkan dengan metanol ad 10 mL.
Konsentrasi teoritis = $570,707 \text{ ppm} + 256,818 \text{ ppm} = 827,211 \text{ ppm}$
- Standar adisi 60% = $60\% \times 570,707 \text{ ppm} = 342,424 \text{ ppm}$ (3,424 mg)
5,5 mg standar ditimbang, kemudian ditambahkan dengan 1,712 mg, dan dilarutkan dengan metanol ad 10 mL.
Konsentrasi teoritis = $570,707 \text{ ppm} + 171,212 \text{ ppm} = 912,712 \text{ ppm}$

G.2 Akurasi Sampel Seledri 10%

Persamaan regresi = $y = 0,0667x + 7,7385$

Perhitungan teoritis

Konsentrasi Sampel (mg/L BE)	Adisi	Konsentrasi Adisi	Konsentrasi Teoritis	Gambar
500,290	30%	150,087	650,377	
	45%	225,131	725,421	
	60%	300,174	800,464	

Perhitungan percobaan

Adisi	Mean blue blanko	Mean blue standar	Δ Mean blue	Konsentrasi (mg/L BE)
30%	120,224	69,318	50,906	647,189
		69,282	50,942	647,729
		69,156	51,068	649,618
45%	120,224	63,979	56,245	727,234
		64,052	56,172	726,139
		63,893	56,331	728,523
60%	120,224	59,085	61,139	800,607
		59,236	60,998	798,343
		69,177	61,047	799,228

Perhitungan akurasi

Adisi	Konsentrasi teoritis (mg/L BE)	Konsentrasi percobaan (mg/L BE)	%Recovery	Rata-rata %recovery	SD
30%	650,377	647,189	99,510	99,630	0,143
		647,729	99,593		
		649,618	99,788		
45%	725,421	727,234	100,250	100,259	0,165
		726,139	100,098		
		728,523	100,428		
60%	800,464	800,607	100,018	99,855	0,163
		798,343	99,692		
		799,228	99,856		

Perhitungan pembuatan standar adisi

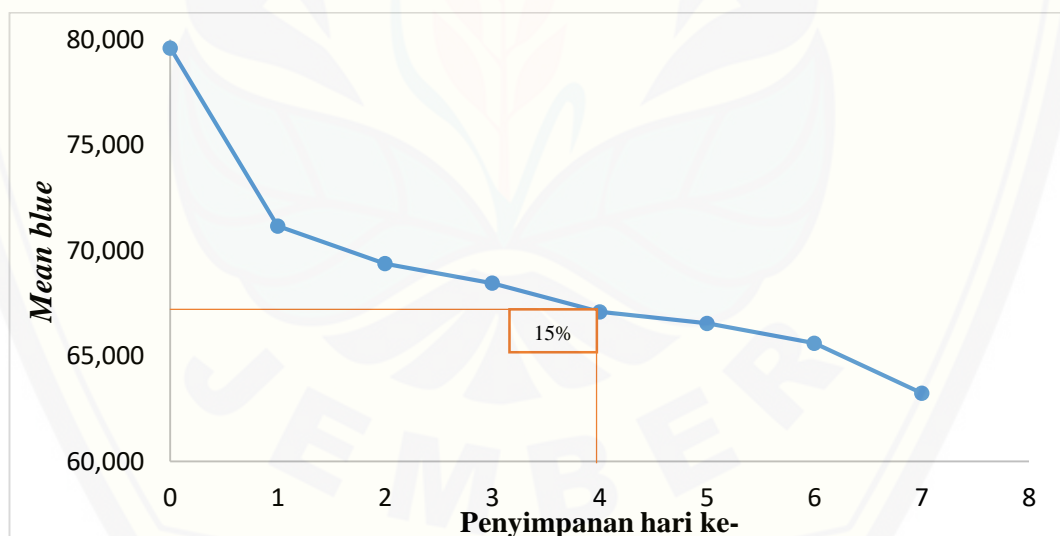
- Konsentrasi rata-rata hasil penentuan konsentrasi standar adalah 500,290 ppm.
- Standar adisi 30% = $30\% \times 500,290 \text{ ppm} = 150,087 \text{ ppm}$ (1,501 mg)
1 g sampel ditimbang, kemudian ditambahkan dengan 1,712 mg, dan dilarutkan dengan metanol ad 10 mL.
Konsentrasi teoritis = $500,290 \text{ ppm} + 150,087 \text{ ppm} = 650,377 \text{ ppm}$
- Standar adisi 45% = $45\% \times 570,707 \text{ ppm} = 225,131 \text{ ppm}$ (2,251 mg)
1 g sampel ditimbang, kemudian ditambahkan dengan 2,568 mg, dan dilarutkan dengan metanol ad 10 mL.
Konsentrasi teoritis = $500,290 \text{ ppm} + 225,131 \text{ ppm} = 725,421 \text{ ppm}$
- Standar adisi 60% = $60\% \times 500,290 \text{ ppm} = 300,174 \text{ ppm}$ (3,002 mg)
1 g sampel ditimbang, kemudian ditambahkan dengan 1,712 mg, dan dilarutkan dengan metanol ad 10 mL.
Konsentrasi teoritis = $500,290 \text{ ppm} + 300,174 \text{ ppm} = 800,464 \text{ ppm}$

LAMPIRAN H. WAKTU PAKAI

H.1 Tabel Waktu Pakai pada Suhu Ruang ($\pm 25^{\circ}\text{C}$)

Hari ke-	<i>Mean Blue</i>			Rata-rata	%Penurunan
	R1	R2	R2		
0	79,568	79,947	79,287	79,601	-
1	71,330	71,023	71,126	71,160	10,604
2	69,310	69,250	69,562	69,374	12,847
3	68,511	68,250	68,581	68,447	14,012
4	67,239	67,124	66,912	67,092	15,715
5	66,677	66,785	66,166	66,543	16,404
6	65,656	65,597	65,574	65,609	17,577
7	63,204	63,072	63,427	63,234	20,561

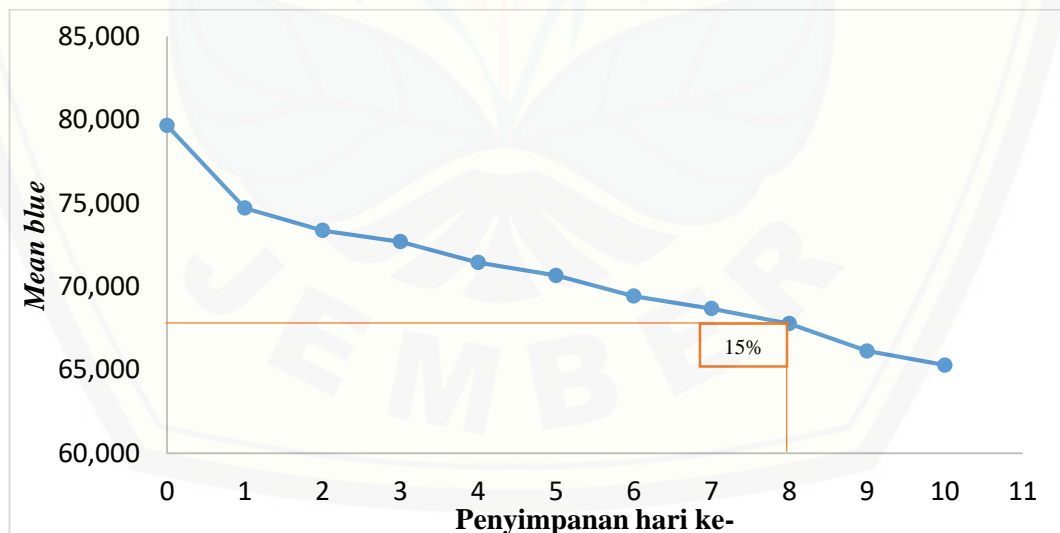
H.2 Kurva Waktu pakai pada Suhu Ruang ($\pm 25^{\circ}\text{C}$)



H.3 Tabel Waktu Pakai pada Suhu *Chiller* ($\pm 4^{\circ}\text{C}$)

Hari ke-	Mean Blue			Rata-rata	%Penurunan
	R1	R2	R2		
0	79,625	79,680	79,672	79,659	-
1	74,376	74,736	74,989	74,700	6,225
2	73,263	73,208	73,618	73,363	7,904
3	72,664	72,442	72,949	72,685	8,755
4	71,360	71,470	71,486	71,439	10,319
5	70,656	70,715	70,613	70,661	11,295
6	69,160	69,769	69,347	69,425	12,847
7	68,494	68,945	68,586	68,675	13,789
8	67,712	67,750	67,864	67,775	14,918
9	66,168	66,035	66,209	66,137	16,974
10	65,396	65,313	65,144	65,284	18,045

H.4 Kurva Waktu Pakai pada Suhu *Chiller* ($\pm 4^{\circ}\text{C}$)



LAMPIRAN I. APLIKASI SENSOR ALKALOID

I. 1. Aplikasi Sensor Alkaloid pada Sampel

Sampel	<i>mean Blue</i>			<i>Δmean Blue</i>			SD	Kadar Alkaloid (mg/L)			Rata-rata	Kadar Alkaloid (mg/g BE)			Rata-rata
	R1	R2	R3	R1	R2	R3		R1	R2	R3		R1	R2	R3	
Blanko	120,315	120,655	120,757	-	-	-	0,231	-	-	-	-	-	-	-	-
Biji Jintan putih	77,499	77,301	78,101	42,816	43,354	42,656	0,417	525,900	533,966	523,501	527,789	5,259	5,340	5,235	5,278
Biji Jintan hitam	83,444	83,985	84,900	36,871	36,670	35,857	0,736	436,769	433,756	421,567	430,697	4,368	4,338	4,216	4,307
Daun Ungu	81,402	81,910	81,238	38,913	38,745	39,519	0,350	467,384	464,865	476,469	469,573	4,674	4,649	4,765	4,696
Daun Jombang	86,386	86,715	86,875	33,929	33,940	33,882	0,249	392,661	392,826	391,957	392,481	3,927	3,928	3,920	3,925
Daun Pegagan	81,930	80,877	81,433	38,385	39,778	39,324	0,527	459,468	480,352	473,546	471,122	4,595	4,804	4,735	4,711
Rimpang Kunyit	74,503	74,067	74,267	45,812	46,588	46,490	0,218	570,817	582,451	580,982	578,083	5,708	5,825	5,810	5,781
Rimpang Jahe	74,299	74,555	74,872	46,016	46,100	45,885	0,287	573,876	575,135	571,912	573,641	5,739	5,751	5,736	5,742
Herba Meniran	77,131	77,332	77,572	43,184	43,323	43,185	0,221	531,417	533,501	531,432	532,116	5,314	5,335	5,314	5,321
Herba Seledri	79,669	79,572	79,685	40,646	41,083	41,072	0,061	493,366	499,918	499,753	497,679	4,934	4,999	4,998	4,977
Kayu Secang	75,287	75,487	75,567	45,028	45,168	45,190	0,144	559,063	561,162	561,492	560,572	5,591	5,612	5,615	5,606

LAMPIRAN J. METODE PEMBANDING (SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS)

J.1 Penentuan panjang gelombang maksimum (λ_{\max})

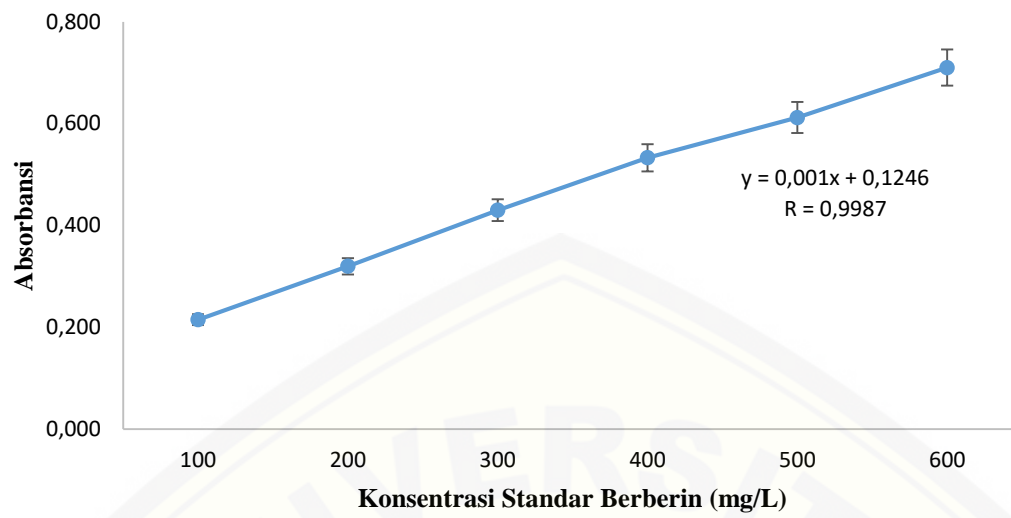
λ_{\max} yang digunakan dalam pengukuran absorbansi adalah 446 nm

Panjang gelombang (λ)	Absorbansi
452,0	0,943
451,0	0,956
450,0	0,968
449,0	0,973
448,0	0,974
447,0	0,979
446,0	0,982
445,0	0,974
444,0	0,966
443,0	0,959
442,0	0,952
441,0	0,940
440,0	0,921
439,0	0,905

J.2 Data Pengukuran Absorbansi Berberin

Konsentrasi Berberin (mg/L)	Absorbansi			Rata-rata	SD
	R1	R2	R3		
100,030	0,212	0,210	0,215	0,215	0,003
200,060	0,321	0,310	0,320	0,320	0,006
300,030	0,423	0,425	0,441	0,430	0,010
400,120	0,536	0,526	0,538	0,533	0,006
500,150	0,607	0,614	0,611	0,612	0,004
600,060	0,707	0,710	0,713	0,710	0,003

J.3 Kurva Baku Standar Berberin



J.4 Data Perhitungan Kadar Alkaloid dengan Metode Spektrofotometri

Sampel	Absorbansi			Rata-rata	SD	Kadar Alkaloid (mg/L)			Rata-rata	Kadar Alkaloid (mg/g BE)			Rata-rata
	R1	R2	R3			R1	R2	R3		R1	R2	R3	
Biji Jintan putih	0,636	0,652	0,655	0,648	0,010	511,400	527,400	530,400	523,067	5,114	5,274	5,304	5,231
Biji Jintan hitam	0,543	0,552	0,559	0,551	0,008	418,400	427,400	434,400	426,733	4,184	4,274	4,344	4,267
Daun Ungu	0,584	0,565	0,574	0,574	0,010	459,400	528,400	449,400	479,067	4,594	5,284	4,494	4,791
Daun Jombang	0,522	0,514	0,510	0,515	0,006	397,400	389,400	385,400	390,733	3,974	3,894	3,854	3,907
Daun Pegagan	0,596	0,577	0,591	0,588	0,010	471,400	452,400	466,400	463,400	4,714	4,524	4,664	4,634
Rimpang Kunyit	0,705	0,693	0,702	0,700	0,006	580,400	568,400	577,400	575,400	5,804	5,684	5,774	5,754
Rimpang Jahe	0,711	0,705	0,699	0,705	0,006	586,400	580,400	574,400	580,400	5,864	5,804	5,744	5,804
Herba Meniran	0,661	0,652	0,641	0,651	0,010	536,400	527,400	516,400	526,733	5,364	5,274	5,164	5,267
Herba Seledri	0,618	0,608	0,621	0,616	0,007	491,067	483,400	496,400	490,289	4,911	4,831	4,964	4,903
Kayu Secang	0,684	0,689	0,675	0,683	0,007	558,067	564,400	550,400	557,622	5,581	5,641	5,504	5,576

J.5 Hasil Analisis Statistik Perbandingan Metode Sensor Kimia dengan Spektrofotometri Uv-Vis

Biji Jintan Putih

Group Statistics

	Metode	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Konsentrasi biji jintan putih	Sensor	3	5,27833	,054848	,031667
	Spektro	3	5,23067	,102144	,058973

Independent Sample Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Konsentrasi biji jintan putih	Equal variances assumed	2,201	,212	,712	4	,516	,047667	,066937	-,138180	,233513
	Equal variances not assumed			,712	3,065	,527	,047667	,066937	-,162830	,258163

Biji Jintan Hitam

Group Statistics

	Metode	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Konsentrasi biji jintan hitam	Sensor	3	4,30733	,080507	,046481
	Spektro	3	4,26733	,080208	,046308

Independent Sample Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Konsentrasi biji jintan hitam	,031	,868	,610	4	,575	,040000	,065612	-,142167	,222167
			,610	4,000	,575	,040000	,065612	-,142168	,222168

Daun Ungu

Group Statistics

	Metode	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Konsentrasi daun ungu	Sensor	3	4,69600	,061049	,035247
	Spekro	3	4,79067	,430155	,248350

Independent Sample Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Konsentrasi daun ungu	Equal variances assumed	10,289	,033	,377	4	,725	-,094667	,250839	-,791107	,601774
	Equal variances not assumed			,377	2,081	,741	-,094667	,250839	-,1.134876	,945542

Daun Jombang

Group Statistics

	Metode	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Konsentrasi daun	Sensor	3	3,92500	,004359	,002517
jombang	Spektro	3	3,90733	,061101	,035277

Independent Sample Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Konsentrasi daun	6,582	,063	,500	4	,644	,017667	,035366	-,080526	,115859
jombang			,500	2,020	,667	,017667	,035366	-,133043	,1688376

Daun Pegagan

Group Statistics

	Metode	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Konsentrasi daun	Sensor	3	4,71133	,106491	,061483
pegagan	Kimia	3	4,63400	,098489	,056862

Independent Sample Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Konsentrasi daun	Equal variances assumed	,014	,8913	,923	4	,408	,077333	,083746	-,155184	,309850
	Equal variances not assumed			,923	3,976	,408	,077333	,083756	-,155742	,310409

Rimpang Kunyit

Group Statistics

	Metode	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Konsentrasi	Sensor	3	5,78100	,063663	,036756
rimpang kunyit	Kimia	3	5,75400	,062450	,036056

Independent Sample Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Konsentrasi	Equal variances assumed	,011	,923	,524	4	,628	,027000	,051448	-,115953	,169953
rimpang kunyit	Equal variances not assumed			,524	3,999	,628	,027000	,051448	-,115974	,169774

Rimpang Jahe

Group Statistics

	Metode	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Konsentrasi	Sensor	3	5,74200	,007937	,004583
rimpang jahe	Spekto	3	5,80400	,045826	,026458

Independent Sample Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Konsentrasi	Equal variances assumed	5,067	,088	-2,681	4	,109	,072000	,026851	-,146552	,002552
rimpang jahe	Equal variances not assumed			-2,681	2,120	,109	,072000	,026851	-,181491	,037491

Herba Meniran

Group Statistics

	Metode	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Konsentrasi herba meniran	Sensor	3	5,32100	,012124	,007000
	Spektro	3	5,26733	,100167	,057831

Independent Sample Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Konsentrasi herba meniran	Equal variances assumed	3,630	,129	,921	4	,409	,053667	,058353	-,108070	,215404
	Equal variances not assumed			,921	2,059	,452	,053667	,058253	-,190263	,297597

Herba Seledri

Group Statistics

	Metode	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Konsentrasi herba seledri	Sensor	3	4,97700	,037242	,021502
	Spektro	3	4,90200	,066955	,038657

Independent Sample Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Konsentrasi herba meniran	Equal variances assumed	,819	,417	1,696	4	,165	,075000	,044234	-,047814	,197814
	Equal variances not assumed			1,696	3,129	,185	,075000	,044234	-,063535	,212535

Kayu Secang

Group Statistics

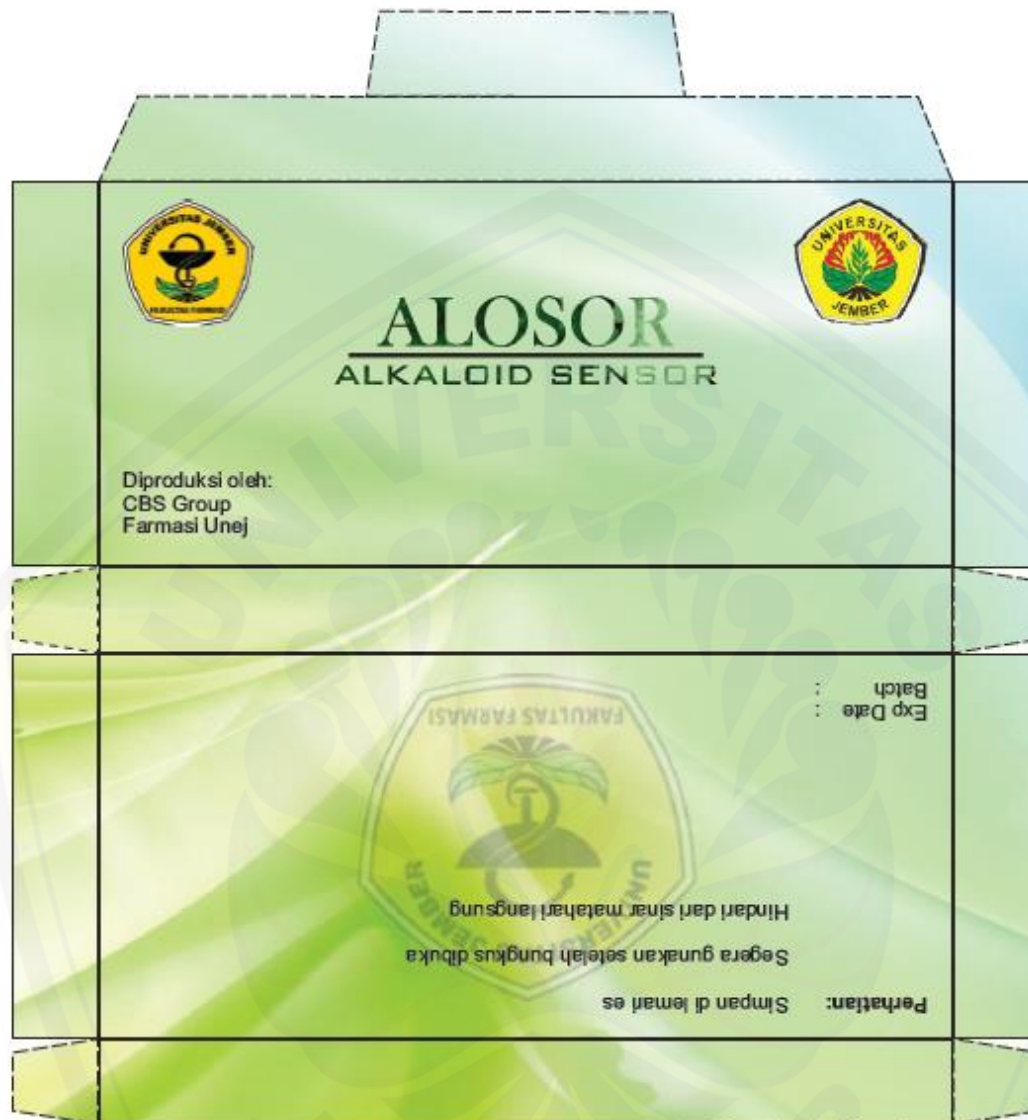
	Metode	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Konsentrasi kayu secang	Sensor	3	5,60600	,013077	,007550
	Spektro	3	5,57533	,068676	,039650

Independent Sample Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Konsentrasi kayu secang	Equal variances assumed	3,146	,151	,760	4	,490	,030667	,040362	-,081397	,142730
	Equal variances not assumed			,760	2,145	,522	,030667	,040362	-,132230	,0193563

LAMPIRAN K. KEMASAN PRODUK

K.1 Desain Kemasan Produk



K.2 Brosur Produk

ALOSOR











Alkaloid Sensor

ALOSOR merupakan suatu reagen kering asam sulfat-dikromat yang digunakan untuk menentukan kadar alkaloid dalam sampel ekstrak tanaman obat dengan lebih mudah dan cepat.

Aturan Pakai:

Tambahkan ± 3 tetes larutan sampel ke dalam blister.
Amati perubahan warna setelah 6-10 menit.

Cara Pembacaan Hasil Tes:

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Perubahan Warna										
Kadar Alkaloid (mg/L BE)	0	100	200	300	400	500	600	800	900	1000

Peringatan dan Perhatian:

Jangan membuka bungkus blister apabila tidak segera digunakan.

Cara Penyimpanan:

Simpan dalam lemari es (suhu $\pm 4^{\circ}\text{C}$) dan hindari dari sinar matahari langsung.