



**PENGEMBANGAN SENSOR BERBASIS KERTAS (*PAPER
MICROZONE PLATES*) UNTUK PENENTUAN KUERSETIN
MENGUNAKAN REAGEN NBS-SILIKA NANOPARTIKEL
PADA EKSTRAK DAUN JAMBU BIJI**

SKRIPSI

Oleh :

Alfiatur Rohmah

NIM 142210101049

**FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS JEMBER**

2018



**PENGEMBANGAN SENSOR BERBASIS KERTAS (*PAPER
MICROZONE PLATES*) UNTUK PENENTUAN KUERSETIN
MENGUNAKAN REAGEN NBS-SILIKA NANOPARTIKEL
PADA EKSTRAK DAUN JAMBU BIJI**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Studi Farmasi (S1) dan mencapai gelar Sarjana Farmasi

Oleh :

Alfiatur Rohmah

NIM 142210101049

**FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS JEMBER**

2018

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT yang maha kuasa.
2. Kedua orang tua saya Ayahanda Sugiono dan Ibunda Senima yang telah memberikan kasih sayang, perhatian, pengorbanan serta mendoakan yang terbaik untukku dengan sepenuh hati.
3. Saudara-saudaraku, kakakku dan adikku tercinta yang telah memberikan semangat, dukungan, serta motivasi selama proses menyelesaikan pendidikan ini.
4. Bapak Moch. Amrun Hidayat, terima kasih telah memberikan bantuan berupa bahan, alat, serta bimbingan hingga terselesaikannya skripsi ini. Bapak Bambang Kuswandi dan Ibu Indah Yulia Ningsih, terima kasih telah membimbing saya serta memberikan saran dan nasehat selama ini. Ibu Lestyo Wulandari dan Ibu Nia Kristiningrum, terima kasih telah meluangkan waktunya untuk menguji saya hingga skripsi ini selesai.
5. Teman seperjuangan “*Doll Yip and Friends*” Illa dan Hilda, terima kasih atas bantuan, semangat, dan dukungan selama kita menyelesaikan penelitian ini.
6. Sahabat-sahabatku “*Balajaer Squad*” Desy W, Feni, Uul, Mila, Diana, teman-teman laboratorium biologi, teman-teman laboratorium sensor kimia, serta teman-teman farmasi angkatan 2014 yang telah memberikan dukungan dan semangat.
7. Guru-guruku di TK ABA 04 Tamansari, MIM 02 Tamansari, SMPM 07 Tamansari, SMAN Ambulu, serta dosen Fakultas Farmasi Universitas Jember atas ilmu yang diberikan serta bimbingannya sehingga saya bisa menyelesaikan studi ini.
8. Almamater tercinta Fakultas Farmasi Universitas Jember.

MOTTO

Waktu bagaikan pedang. Jika engkau tidak memanfaatkannya dengan baik (untuk memotong), maka ia akan memanfaatkanmu (dipotong).
(HR. Muslim)

Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.
(QS Ar Ra'd Ayat 11)

Agar sukses, kemauanmu untuk berhasil harus lebih besar dari ketakutanmu untuk gagal.
(Bill Cosby)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Alfiatur Rohmah

NIM : 142210101049

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: Pengembangan Sensor Berbasis kertas (Paper Microzone Plates) untuk *Penentuan Kuersetin menggunakan Reagen NBS-Silika Nanopartikel pada Ekstrak Daun Jambu Biji* adalah hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2018

Yang menyatakan,

Alfiatur Rohmah

142210101049

SKRIPSI

PENGEMBANGAN SENSOR BERBASIS KERTAS (*PAPER MICROZONE PLATES*) UNTUK PENENTUAN KUERSETIN MENGGUNAKAN REAGEN NBS-SILIKA NANOPARTIKEL PADA EKSTRAK DAUN JAMBU BIJI

Oleh:

Alfiatur Rohmah

142210101049

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Indah Yulia Ningsih, S.Farm., M.Farm., Apt.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul *Penentuan Kuersetin menggunakan Reagen NBS-Silika Nanopartikel pada Ekstrak Daun Jambu Biji* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Farmasi Universitas Jember pada :

Hari : Selasa
Tanggal : 17 Juli 2018
Tempat : Fakultas Farmasi Universitas Jember

Tim Penguji,

Ketua

Anggota I

Prof. Drs. Bambang K, M.Sc., Ph.D.
NIP 196902011994031002

Lesty Wulandari, S.Si., M.Farm.,Apt.
NIP 197604142002122001

Anggota II

Anggota III

Indah Yulia N, S.Farm., M.Farm., Apt.
NIP 198407122008122002

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

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember,

Lesty Wulandari, S.Si., M.Farm.,Apt.
NIP 197604142002122001

RINGKASAN

Pengembangan Sensor Berbasis Kertas (*Paper Microzone Plates*) untuk Penentuan Kuersetin Menggunakan Reagen NBS-Silika Nanopartikel pada Ekstrak Daun Jambu Biji; Alfiatur Rohmah, 142210101049; 2018; 60 halaman; Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Jambu biji adalah tanaman yang memiliki genus *Psidium* dan famili Myrtaceae. Semua bagian tanaman jambu biji memiliki kandungan kimia yang bermanfaat untuk menyembuhkan berbagai penyakit. Daun jambu biji memiliki beberapa kandungan kimia yaitu tanin, flavonoid, guayaverin, leukosianidin, minyak atsiri, asam malat, damar, dan asam oksalat. Kandungan utama flavonoid pada ekstrak daun jambu biji adalah kuersetin. Kuersetin adalah flavonoid yang termasuk ke dalam subkelas flavonol yang banyak terdapat dalam berbagai makanan seperti bawang, buah, dan sayuran. Penentuan kuersetin telah banyak dilakukan dengan berbagai metode seperti kromatografi (densitometri dan HPLC), spektrofotometri, elektroforesis kapiler, dan spektrofluorometri. Penentuan kuersetin menggunakan metode spektrofotometri dapat dilakukan dengan reaksi brominasi yang menghasilkan kompleks berwarna ungu dengan penambahan reagen anorganik *N-Bromosuccinimide* (NBS). Metode spektrofotometri memiliki beberapa kekurangan seperti membutuhkan keahlian khusus, sampel dan reagen yang dibutuhkan relatif banyak. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu metode baru untuk penentuan kuersetin secara cepat dan efisien.

Penelitian ini dilakukan untuk menemukan metode penentuan kuersetin yang lebih sederhana, cepat, serta penggunaan sampel yang lebih sedikit. Dalam penelitian ini dilakukan pengembangan sensor kuersetin berbasis kertas dengan reagen NBS-silika nanopartikel pada ekstrak daun jambu biji. Karakteristik sensor yang dilakukan pada penelitian ini diantaranya yaitu waktu respon, linieritas, LOD, LOQ, presisi, selektivitas, akurasi, dan waktu pakai. Selain itu, dalam penelitian ini juga dilakukan

penentuan kadar kuersetin pada ekstrak daun jambu biji menggunakan sensor kertas dan KLT Densitometri. Selanjutnya, hasil dari sensor kertas dan spektrofotometri dibandingkan dengan menggunakan uji T untuk mengetahui apakah ada perbedaan yang signifikan antara kedua metode tersebut.

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik sensor diketahui bahwa parameter linieritas, LOD, LOQ, presisi, akurasi telah memenuhi persyaratan. Sensor memiliki waktu respon pada menit ke-8 sampai menit ke-12 yang artinya sensor akan memberikan hasil yang stabil ketika reagen sudah direaksikan dengan sampel pada menit ke-8 hingga menit ke-12. Stabilitas sensor kertas lebih baik ketika sensor disimpan pada suhu dingin dibandingkan sensor yang disimpan pada suhu ruang. Stabilitas sensor kertas untuk kuersetin ini masih belum baik karena sensor hanya bisa disimpan selama 3 hari pada suhu dingin dan 1,5 jam ketika disimpan pada suhu ruang.

Hasil analisis statistik menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan antara hasil pengujian menggunakan metode sensor kertas dan metode spektrofotometri. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa metode sensor kuersetin berbasis kertas dengan reagen NBS-silika nanopartikel dapat digunakan sebagai metode alternatif untuk penentuan kuersetin.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Penentuan Kuersetin menggunakan Reagen NBS-Silika Nanopartikel pada Ekstrak Daun Jambu Biji*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Lesty Wulandari, S.Si., M.Farm., Apt. selaku Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini;
2. Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M.Sc.,Ph.D. selaku dosen pembimbing utama dan Ibu Indah Yulia Ningsih, S.Farm.,M.Farm.,Apt. selaku dosen pembimbing anggota atas waktu, pikiran dan perhatiannya dalam membimbing dan memberi petunjuk sehingga terselesaikannya penulisan skripsi ini;
3. Lesty Wulandari, S.Si., M.Farm., Apt. dan Ibu Nia Kristiningrum, S.Farm.,M.Farm.,Apt. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penulisan skripsi ini;
4. Orang tuaku tercinta yang telah memberikan kasih sayang, doa yang tidak pernah henti menyertaiku, motivasi untuk tidak mudah menyerah dan terus berusaha, nasehat disetiap langkah yang kuambil;
5. Saudara-saudaraku tersayang yang selalu memberikan semangat, nasehat serta untaian doa yang tiada henti selama proses pembuatan skripsi ini;
6. Bu Widi dan mbak Parka selaku teknisi Laboratorium Biologi Farmasi, atas saran dan bantuannya selama penulis melaksanakan penelitian;
7. Bu Wayan dan mbak Hani selaku teknisi Laboratorium Kimia Farmasi, atas saran dan bantuannya selama penulis mengerjakan penelitian;

8. Teman-teman seperjuangan “*Doll Yip and Friends*” Illa dan Hilda yang telah memberikan semangat, dukungan, kerjasama, serta bantuan selama proses pengerjaan tugas akhir ini;
9. Teman-teman kelompok belajarku Desy W, Diana, Uul, Mila, Feni, Yogi yang telah memberiku motivasi, semangat, serta bantuan selama proses penulisan tugas akhir ini;
10. Teman-teman *Biology Squad* (Hilda, Illa, Yogi, Adinda, Sutatik, Vita, Tika, Ayu) yang telah banyak membantu selama proses penelitian;
11. Teman-teman seperjuangan kelompok KKN UMD 42, Nimas, Riza, Hilda, Ayu, Edwin, Rian, Irfan, Mas Jodi, Shenia, yang telah memberikan dukungan, bantuan, kerjasama, dan rasa kekeluargaannya selama ini;
12. Teman-teman angkatan 2014 yang telah memberikan semangat dan bantuan;
13. Semua dosen serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu;

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna sehingga saran dan kritik dari semua pihak diterima dengan senang hati demi kesempurnaan penulisan skripsi ini.

Penulis

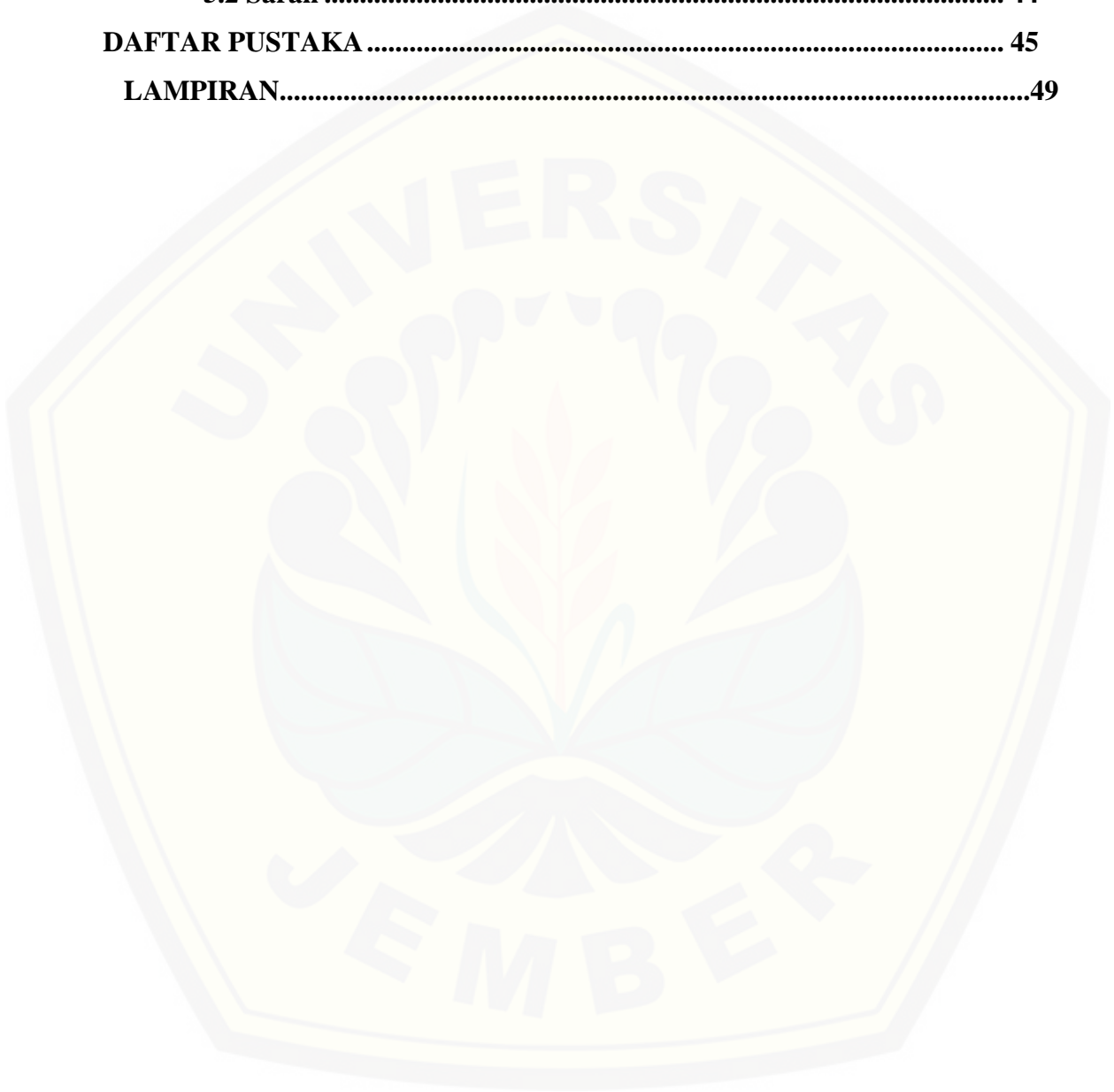
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	xii
HALAMAN PERSEMBAHAN	xii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
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.....	5
2.1 Tinjauan Jambu Biji (<i>Psidium guajava</i>)	5
2.1.1 Klasifikasi Jambu Biji.....	5
2.1.2 Morfologi Jambu Biji	5
2.1.3 Manfaat Jambu Biji.....	6
2.1.4 Kandungan Kimia Jambu Biji.....	6
2.2 Tinjauan Flavonoid.....	7
2.3 Tinjauan Kuersetin.....	8

2.4 Tinjauan NBS (<i>N-Bromosuccinimide</i>)	9
2.5 Tinjauan Sensor Kimia	11
2.5.1 Definisi Sensor Kimia.....	11
2.5.2 Mekanisme Sensor Kimia.....	12
2.6 Tinjauan Teknik Imobilisasi	13
2.6.1 Adsorpsi	13
2.6.2 Enkapsulasi	14
2.6.3 <i>Croslinking</i>	14
2.6.4 <i>Entrapment</i>	14
2.6.5 Ikatan Kovalen	15
2.7 Tinjauan Karakteristik Sensor Kimia	15
2.7.1 Daerah Linier	15
2.7.2 Batas Deteksi dan Batas Kuantitasi	15
2.7.3 Sensitivitas	16
2.7.4 Presisi.....	17
2.7.5 Akurasi.....	17
2.7.6 Selektivitas.....	19
2.7.7 Waktu Respon dan Waktu Pakai	19
BAB 3. METODE PENELITIAN	21
3.1 Jenis Penelitian	21
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	21
3.3.1 Alat.....	21
3.3.2 Bahan	21
3.4 Definisi Operasional	22
3.5 Diagram Alur Penelitian	23
3.6 Prosedur Penelitian	24
3.6.1 Preparasi Larutan Induk Kuersetin	24

3.6.2 Preparasi Larutan Standar Kuersetin	24
3.6.3 Preparasi Larutan Reagen NBS	24
3.6.4 Preparasi Sampel.....	24
3.6.5 Pengukuran Intensitas Warna	25
3.6.6 Desain Sensor Kertas	25
3.6.7 Optimasi Sensor Kertas	25
3.6.8 Pembuatan Kurva Baku Kuersetin.....	26
3.6.9 Karakteristik Sensor Kimia.....	26
3.7 Aplikasi Metode Sensor Kertas pada Ekstra daun Jambu Biji Dibandingkan dengan Metode KLT Densitometri	29
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1 Fabrikasi Sensor Kertas	30
4.2 Optimasi Sensor Kertas.....	32
4.2.1 Optimasi Volume Reagen.....	32
4.2.2 Optimasi Konsentrasi Reagen.....	33
4.3 Karakteristik Sensor Kertas	33
4.3.1 Waktu Respon.....	33
4.3.2 Linieritas	35
4.3.3 Batas Deteksi dan Batas Kuantitasi	36
4.3.4 Selektivitas (Interferensi).....	36
4.3.5 Presisi.....	37
4.3.6 Akurasi.....	38
4.3.7 Waktu Pakai (Stabilitas)	39
4.4 Aplikasi Metode Sensor Kertas pada Ekstrak Daun Jambu Biji Dibandingkan dengan Metode KLT Densitometri	41

BAB 5. PENUTUP	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	49



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kriteria penerimaan studi akurasi dan presisi untuk konsentrasi analit yang berbeda (Huber, 2007).....	18
Tabel 4.1 Hasil optimasi konsentrasi reagen	33
Tabel 4.2 Hasil perubahan nilai $\Delta mean Red$ terhadap waktu.....	34
Tabel 4.3 Waktu respon sensor kertas.....	36
Tabel 4.4 Hasil parameter pengujian LOD dan LOQ.....	37
Tabel 4.5 Hasil pengujian selektivitas (interferensi) sensor kertas.....	38
Tabel 4.6 Hasil uji presisi repetabilitas.....	38
Tabel 4.7 Hasil uji presisi antara.....	39
Tabel 4.8 Hasil uji akurasi sensor kertas.....	39
Tabel 4.9 Hasil penentuan kuersetin pada ekstrak daun jambu biji.....	41

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur kimia kuersetin	9
Gambar 2.2 Mekanisme reaksi brominasi NBS- kuersetin (Foti dan Rocco, 2014)11	11
Gambar 2.3 Skema sensor kimia (Kuswandi, 2010).....	12
Gambar 2.4 Mekanisme sensor kimia dengan metode elektrokimia (Kuswandi, 2010)	13
Gambar 2.5 Sensor kimia berbasis transfer muatan (Kuswandi, 2010)	13
Gambar 2.6 Sensor kimia berbasis kunci-anak-kunci (<i>lock key</i>) (Kuswandi, 2010)13	13
Gambar 3.1 Desain sensor kertas (<i>paper microzone plates</i>).....	25
Gambar 4.1 Perubahan warna pada sensor kertas	30
Gambar 4.2 Hasil pengamatan silika nanopartikel menggunakan SEM.....	31
Gambar 4.3 Optimasi volume reagen NBS silika nanopartikel	32
Gambar 4.4 Hasil optimasi volume reagen NBS silika nanopartikel.....	32
Gambar 4.5 Kurva waktu respon sensor kertas.....	34
Gambar 4.6 Kurva linieritas	35
Gambar 4.7 Penurunan nilai Δ mean Red terhadap waktu pada sensor yang disimpan pada suhu ruang (25°C).....	40
Gambar 4.8 Penurunan nilai Δ mean Red terhadap waktu pada sensor yang disimpan pada suhu dingin (4°C)	40

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Optimasi Volume Reagen.....	49
Lampiran 2. Hasil Optimasi Konsentrasi Reagen	49
Lampiran 3. Waktu Respon Sensor Kertas	53
Lampiran 4. Hasil Uji Linieritas Sensor Kertas	54
Lampiran 5. Hasil Uji Batas Deteksi (LOD) dan Batas Kuantitasi (LOQ).....	56
Lampiran 6. Hasil Uji Selektivitas (Interferensi).....	59
Lampiran 7. Hasil Uji Presisi Sensor Kertas.....	60
Lampiran 8. Hasil Uji Akurasi Sensor Kertas.....	61
Lampiran 9. Hasil Uji Waktu Pakai (Stabilitas).....	64
Lampiran 10. Hasil Penentuan Kuersetin dalam Ekstrak Daun Jambu Biji.....	65
Lampiran 11. Hasil Uji T.....	68

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jambu biji (*Psidium guajava* L.) adalah tanaman yang ditanam di daerah tropis yang dapat tumbuh hingga ketinggian 35 kaki (Joseph, 2011). Tanaman jambu biji tersebar luas di daerah tropis karena cenderung tumbuh subur pada berbagai tanah serta cepat berbuah (Kamath dkk., 2008). Buah jambu biji memiliki nilai nutrisi yang tinggi karena mempunyai kandungan asam askorbat yang tinggi (50-300 mg/ 100 g), tiga sampai enam kali lebih tinggi dari buah jeruk (Thaipong dkk., 2006). Ekstrak daun jambu biji dapat digunakan untuk mengobati infeksi usus dan lambung, diare, disentri dan beberapa penyakit lainnya (Huang dan Zhang, 2004). Daun jambu biji kaya akan kandungan flavonoid khususnya kuersetin (Joseph, 2011).

Kuersetin adalah golongan senyawa flavonoid yang banyak terkandung dalam sebagian besar tumbuhan sehingga kuersetin banyak ditemukan dalam beberapa makanan dan minuman (Jullian dkk., 2007). Kuersetin merupakan turunan flavonoid yang terkandung dalam daun jambu biji (Fратиwi, 2015). Dalam daun jambu biji terdapat sebanyak 2883,08 mg/kg kuersetin (Gutierrez dkk., 2008). Kuersetin diketahui memiliki banyak efek biologis bagi tubuh (Smith dkk., 2016). Kuersetin dapat digunakan sebagai agen antioksidan, antivirus, antibakteri, antikarsinogen, dan antiinflamasi (Materska, 2008).

Penentuan kuersetin telah banyak dilakukan dengan berbagai metode seperti kromatografi (densitometri dan HPLC), spektrofotometri, elektroforesis kapiler, dan spektrofluorometri (Yola dkk., 2013). Salah satu metode yang sering digunakan dalam penentuan kuersetin adalah metode kromatografi lapis tipis (densitometri). Metode densitometri diketahui dapat menentukan kuersetin dalam ekstrak daun jambu biji secara cepat, sederhana dan akurat (Bindu dkk., 2010). Namun metode densitometri tersebut membutuhkan pelarut organik yang relatif banyak sebagai fase gerak proses kromatografi. Selain metode densitometri, penentuan kuersetin juga dapat ditentukan dengan menggunakan metode spektrofotometri. Metode

spektrofotometri dapat digunakan untuk menentukan kuersetin dalam ekstrak daun jambu biji dengan cepat dan sederhana. Penentuan kuersetin juga dapat dilakukan dengan menggunakan spektra H-NMR (Metwally dkk., 2010). Dalam penentuan kuersetin menggunakan metode spektrofotometri juga dapat dilakukan dengan reaksi brominasi yang menghasilkan kompleks berwarna ungu dengan penambahan reagen anorganik *N-Bromosuccinimide* (NBS) (Askal dkk., 1992).

NBS merupakan sumber bromin yang mudah untuk disubstitusikan pada reaksi penambahan elektrofilik (Prasad dkk., 2015). Reaksi brominasi NBS dengan kuersetin akan membentuk warna ungu (Askal dkk., 1992). Oksidasi kuersetin akan menghasilkan dua senyawa yaitu kuinon dan kuinometida yang berwarna ungu pada panjang gelombang 510 nm (Foti dan Rocco, 2014). Meski demikian, penentuan kuersetin dengan NBS secara spektrofotometri memiliki beberapa kekurangan yaitu membutuhkan reagen dan sampel dalam jumlah yang banyak. Berdasarkan hal tersebut, maka dalam penelitian ini akan dilakukan pengembangan untuk penentuan kuersetin dengan metode sensor kimia.

Sensor kimia adalah suatu alat atau instrumen yang mampu mengubah sinyal fisika-kimia menjadi sinyal listrik sehingga mudah dibaca baik secara analog maupun secara digital. Sensor kimia melibatkan reaksi kimia yang spesifik dengan analit. Dalam sensor kimia terdapat beberapa jenis transduser (sinyal) yaitu massa, warna (optik), dan listrik (Kuswandi, 2010). Dalam penelitian Yola dkk. (2013) dilakukan penentuan kuersetin secara voltametri berbasis *p*-aminotiofenol yang digunakan dengan grafena oksida atau nanopartikel emas dengan adanya asam askorbat. Qiu dkk., (2012) melakukan pengembangan sensor kemiluminesen untuk menentukan kuersetin berbasis polimer mikrosfer yang dicetak molekuler. Akyildirim dkk., (2015), melakukan penelitian sensor elektrokimia berbasis grafena oksida atau nanopartikel besi untuk penentuan kuersetin. Ketiga pengembangan sensor kuersetin tersebut merupakan sensor yang menggunakan transduser listrik, sehingga memerlukan alat dan arus listrik yang sesuai dalam pelaksanaannya. Salah satu sensor

kimia yang memiliki transduser warna adalah sensor kertas. Respon dari sensor kertas ini dapat dikonversi menjadi nilai semi kuantitatif dengan menggunakan kurva kalibrasi yang diperoleh dengan gambar dari kamera ponsel atau pemindai (*scanner*) (Evans dkk., 2014). Fabrikasi sensor kertas relatif murah, tidak mencemari lingkungan, penggunaan sampel dan reagen yang sedikit, dan mampu memberikan hasil semi kuantitatif untuk beberapa analit (Evans dkk., 2014).

Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan penentuan kuersetin menggunakan metode sensor kertas dengan reagen NBS. Reaksi NBS dan kuersetin membentuk kompleks yang berwarna ungu, warna ungu yang terbentuk dapat stabil hanya dalam waktu kurang dari 15 menit (Askal dkk., 1992). Karenanya, dalam penelitian ini akan ditambahkan silika nanopartikel untuk meningkatkan intensitas warna yang terbentuk. Silika nanopartikel dapat meningkatkan proses adsorpsi dan imobilisasi dari reagen, sehingga warna yang terbentuk akan stabil (Evans dkk., 2014). Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan penentuan kuersetin dalam sediaan herbal yang mengandung ekstrak daun jambu biji dengan metode sensor kertas berbasis reagen NBS-silika nanopartikel.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah kondisi optimum fabrikasi sensor kuersetin berbasis kertas dengan reagen NBS-silika nanopartikel meliputi konsentrasi dan volume reagen terhadap perubahan warna pada sensor?
2. Bagaimanakah karakteristik analisis (waktu respon, linieritas, LOD, LOQ, selektivitas, presisi, dan akurasi) sensor kuersetin berbasis kertas untuk mendeteksi kuersetin dalam ekstrak daun jambu biji?
3. Bagaimanakah aplikasi sensor kuersetin berbasis kertas sebagai sensor dalam ekstrak daun jambu biji dibandingkan dengan metode KLT Densitometri?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian pengembangan sensor kuersetin berbasis kertas menggunakan reagen NBS-silika nanopartikel adalah sebagai berikut:

1. Untuk menentukan kondisi optimum fabrikasi sensor kuersetin berbasis kertas dengan reagen NBS-silika nanopartikel meliputi konsentrasi dan volume reagen terhadap perubahan warna pada sensor.
2. Untuk mengetahui karakteristik analisis (waktu respon, linieritas, LOD, LOQ, selektivitas, presisi, dan akurasi) sensor kuersetin berbasis kertas untuk mendeteksi kuersetin dalam ekstrak daun jambu biji.
3. Untuk mengetahui aplikasi sensor kuersetin dalam ekstrak daun jambu biji dibandingkan dengan metode KLT Densitometri.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian pengembangan sensor kuersetin berbasis kertas menggunakan reagen NBS-silika nanopartikel adalah sebagai berikut :

1. Pengembangan teknologi sensor kimia untuk deteksi kuersetin pada ekstrak daun jambu biji berbasis kertas dengan reagen NBS-silika nanopartikel.
2. Memberikan informasi kadar kuersetin pada ekstrak daun jambu biji menggunakan sensor kertas dengan reagen NBS-silika nanopartikel.
3. Mampu mendeteksi kuersetin dalam sampel secara cepat, mudah, murah, dan akurat.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan tentang Jambu Biji (*Psidium guajava*)

2.1.1. Klasifikasi Jambu Biji (*Psidium guajava*)

Berdasarkan klasifikasinya, tanaman jambu biji dalam tata nama tumbuhan (taksonomi) diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Tracheophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Orde	: Myrtales
Famili	: Myrtaceae
Genus	: <i>Psidium L.</i>
Species	: <i>Psidium guajava L.</i> (ITIS, 2018)

2.1.2. Morfologi Jambu Biji (*Psidium guajava L.*)

Jambu biji adalah tanaman yang memiliki genus *Psidium* dan famili Myrtaceae (Flores dkk., 2015). Jambu biji dapat tumbuh pada daerah iklim tropis dan subtropis (Rathore, 1976). Jambu biji merupakan tanaman pohon kecil dengan tinggi 10 m dan cabang menyebar luas, memiliki daun lonjong dengan panjang 5-15 cm, bunga dengan 4-6 kelopak berwarna putih, benang sari warna putih, dan kepala sari warna kuning (Flores dkk., 2015). Tanaman jambu biji dapat dikenali dari batang pohon yang memiliki kulit batang tipis, halus dan mengelupas serta lapisan hijau dibawahnya. Jambu biji memiliki buah yang kecil dengan panjang 3-6 cm, berbentuk menyerupai buah pir, berwarna kemerahan sampai kuning ketika matang (Joseph, 2011).

2.1.3. Manfaat Jambu Biji (*Psidium guajava*) Bagi Kesehatan

Tanaman ini telah digunakan secara tradisional sebagai tanaman obat di seluruh dunia untuk mengobati berbagai penyakit (Barbalho dkk., 2012). Hampir semua bagian tanaman jambu biji dapat digunakan untuk mengobati penyakit. Buah, daun, kulit kayu, dan akar dapat digunakan untuk mengobati sakit perut dan diare. Daun, bubur, dan biji digunakan untuk mengobati gangguan pernafasan dan gastrointestinal, antispasmodik, antiinflamasi, obat batuk, diare, hipertensi, obesitas, dan diabetes mellitus (Barbalho dkk., 2012).

Senyawa flavonoid yang terkandung dalam daun jambu biji diketahui dapat mengobati diare (Fратиwi, 2015). Selain flavonoid, daun jambu biji juga mengandung tanin yang dapat digunakan untuk memperlancar sistem saluran pencernaan dan sirkulasi darah (Fратиwi, 2015). Jambu biji memiliki aktivitas sebagai antioksidan karena adanya kandungan polifenol dan karotenoid dalam jambu biji. Hal tersebut dapat diketahui dari kulit buah dan daging buah yang berwarna merah, dimana warna tersebut menunjukkan tingginya kandungan polifenol, karotenoid dan provitamin A pada jambu biji (Joseph, 2011).

2.1.4. Kandungan Kimia Jambu Biji (*Psidium guajava*)

Jambu biji merupakan tanaman golongan Myrtaceae yang memiliki beberapa kandungan kimia. Semua bagian tanaman jambu biji memiliki kandungan kimia yang bermanfaat untuk menyembuhkan berbagai penyakit. Buah jambu biji memiliki kandungan asam askorbat yang tinggi (50-300 mg/100 g) (Thaipong dkk., 2006), terpenoid dan triterpenoid (Barbalho dkk., 2012). Buah jambu biji mengandung karbohidrat (13,2%), lemak (0,53%), protein (0,88%) serta memiliki kandungan air yang tinggi (84,9%), minyak esensial, dan senyawa aromatis (Gutierrez dkk., 2008).

Daun jambu biji memiliki beberapa kandungan kimia yaitu tanin, flavonoid, guayaverin, leukosianidin, minyak atsiri, asam malat, damar, dan asam oksalat (Fратиwi, 2015). Daun jambu biji mengandung minyak lemak 6% dan minyak atsiri 0,4%, damar 3%, tanin 9%, asam ursolat, asam psidiolat, asam kratogolat, asam

oleanolat, asam guajaverin, dan vitamin (Rivai dkk., 2010). Selain itu, dalam daun jambu biji juga terdapat nerolidiol, β -sitosterol, resin, lemak, selulosa, klorofil, dan garam mineral (Gutierrez dkk., 2008). Ekstrak metanol daun jambu biji mengandung minyak atsiri, flavonoid, tanin, dan saponin (Barbalho dkk., 2012). Ekstrak etanol daun jambu biji mengandung minyak esensial, flavonoid, dan β -karoten (Moura dkk., 2012). Ekstrak air daun jambu biji mengandung senyawa fenolik yang dapat menyebabkan hipoglikemik dan hipotensi pada tikus kondisi diabetes (Barbalho dkk., 2012).

Komponen utama minyak atsiri jambu biji adalah α -pinene, β -pinene, limonene, menthol, terpenil asetat, isopropil alkohol, caryophyllene, β -bisabolene, cineol, caryophyllen oksid, β -copanen, famesene, humulene, selinene, cardinene, dan curcumene (Gutierrez dkk., 2008). Senyawa minyak atsiri yang terdapat pada daun jambu biji diketahui dapat menghambat pertumbuhan dari bakteri *Salmonella typhimurium* yang merupakan mikroorganisme penyebab diare (Fратиwi, 2015). Flavonoid yang terkandung dalam daun jambu biji adalah myricetin ($208,44 \text{ mg kg}^{-1}$), kuersetin ($2883,08 \text{ mg kg}^{-1}$), luteolin ($51,22 \text{ mg kg}^{-1}$), dan kaempferol ($97,25 \text{ mg kg}^{-1}$) (Gutierrez dkk., 2008). Flavonoid merupakan salah satu kandungan kimia daun jambu biji yang dapat digunakan sebagai antidiare. Senyawa turunan flavonoid yang memiliki aktivitas antidiare adalah kuersetin (Fратиwi, 2015).

2.2. Tinjauan tentang Flavonoid

Flavonoid adalah kandungan kimia pada tanaman yang termasuk dalam golongan fenolik (Erlund, 2004). Flavonoid merupakan turunan benzo-c-piran yang banyak terdapat pada berbagai tanaman, dan biasanya tersedia dalam bentuk glikosida (Pekkarinen dkk., 1999). Flavonoid banyak ditemukan pada buah, sayuran dan minuman (Russo dkk., 2012). Lebih dari 4000 flavonoid yang termasuk golongan polifenol telah ditemukan dalam tanaman (Lin dan Tang, 2007).

Flavonoid terdiri dari 2 cincin benzen yang dihubungkan oleh cincin pirena yang mengandung oksigen. Flavonoid mengandung gugus hidroksil pada posisi C-3 dari cincin pirena yang digolongkan sebagai 3-hidroksiflavonoid (flavonol, antosianidin, leukoantosianidin, dan katekin), dan bagian yang lain disebut sebagai 3-desoxyflavonoid (flavanon dan flavon). Penggolongan tersebut didasarkan pada ada tidaknya tambahan gugus hidroksil pada cincin atau posisi molekul yang berbeda (Erlund, 2004). Flavonoid biasanya tersedia dalam bentuk glikosida. Glikosida yang terbentuk yaitu O-glikosida dengan bagian gula terikat pada gugus hidroksil posisi C-3 atau C-7. Bagian gula yang umum ada pada flavonoid adalah d-glukosa dan l-rhamnosa (Erlund, 2004).

Flavonoid memiliki efek biologis bagi tubuh yaitu sebagai agen antioksidan, antiinflamasi, mengobati penyakit kardiovaskuler dan juga sebagai antikanker (Russo dkk., 2012). Flavonoid telah lama diketahui memiliki potensi bioaktif, namun data tentang ketersediaan hayati, metabolisme, dan efek kesehatannya masih terbatas. Flavonoid merupakan antioksidan kuat secara *in vitro*, oleh karena itu flavonoid dapat mengobati berbagai penyakit degeneratif (Erlund, 2004).

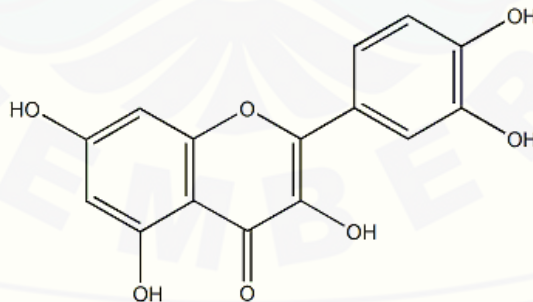
2.3. Tinjauan tentang Kuersetin

Kuersetin adalah flavonoid yang termasuk ke dalam subkelas flavonol yang banyak terdapat dalam berbagai makanan seperti bawang, buah, dan sayuran (Smith dkk., 2016). Kuersetin tersedia dalam berbagai macam tanaman, mudah diekstrak, mudah diisolasi, dan mudah dideteksi (Alrawaiq dan Abdullah, 2014). Kuersetin tersedia dalam bentuk glikosida dengan aglikon yang terkonjugasi pada bagian gula seperti glukosa dan rutinosa (Guo dan Bruno, 2015).

Kuersetin memiliki molekul yang mengandung lima gugus hidroksil yang berperan dalam menentukan aktivitas biologis dan kemungkinan jumlah turunan yang terbentuk. Kelompok utama turunan kuersetin adalah glikosida dan eter (Materska,

2008). Kuersetin glikosida adalah adanya penambahan gugus gula pada gugus hidroksil posisi C-3. Beberapa turunan kuersetin golongan glikosida yaitu kuersetin 3-O-galaktosida, kuersetin 3-O-glukosida, kuersetin 3-O-ramnosida, kuersetin 7-O-glukosida, kuersetin 3-O-ramnosida-7-O-glukosida, kuersetin 3-O-rutinosida dan lain-lain (Materska, 2008). Turunan kuersetin eter dapat terbentuk apabila diantara gugus hidroksil dari molekul kuersetin dan molekul alkohol membentuk ikatan eter. Salah satu contoh turunan eter adalah kuersetin 7-metoksi-3-glukosida dan kuersetin 3'-metoksi-3-galaktosida (Materska, 2008). Gambar struktur kimia kuersetin ditunjukkan pada Gambar 2.1.

Kuersetin memiliki manfaat biologis yang baik bagi tubuh manusia diantaranya yaitu untuk mengobati akibat kerusakan oksidatif (antioksidan), kanker (antikanker), inflamasi (antiinflamasi), infeksi bakteri dan virus, penyakit kardiovaskuler dan diabetes (Smith dkk., 2016). Kuersetin disebut sebagai antioksidan kuat karena mampu menangkap radikal bebas dan mengikat ion transisi logam. Selain bersifat antioksidan, kuersetin juga dapat meningkatkan konsentrasi glutathion yang dapat menghambat pembentukan radikal bebas. Sifat antioksidan dari kuersetin dapat menurunkan tingkat kejadian penyakit kronis seperti jantung koroner, stroke, dan diabetes (Smith dkk., 2016).

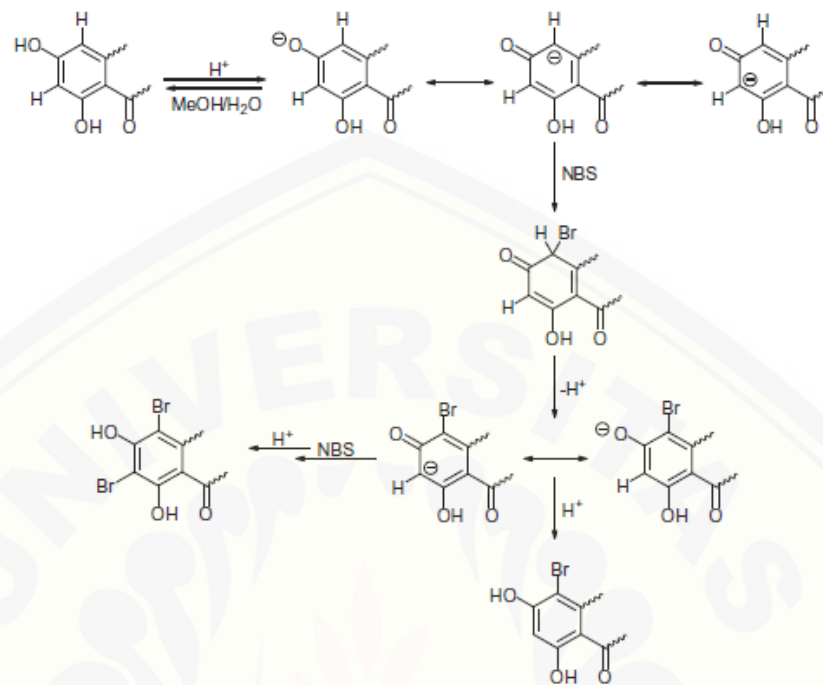


Gambar 2.1 Struktur kimia kuersetin

2.4. Tinjauan tentang NBS (*N-Bromosuccinimide*)

N-Bromosuccinimide (NBS) merupakan sumber bromin yang mudah untuk disubstitusikan pada radikal bebas reaksi penambahan elektrofilik (Prasad dkk., 2015). NBS dimanfaatkan sebagai cincin atau brominasi atom dengan menggunakan beberapa katalis seperti $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-CF}_3\text{CO}_2\text{H}$, asam *p*-toluena sulfonat, dibromodimetilhidantoin dalam fase air, dan HZSM-5 (Mohan dkk., 2014). NBS digunakan sebagai pereaksi brominasi elektrofilik untuk menggantikan molekul bromin. Molekul bromin memiliki sifat toksik dan korosif, penanganan yang sulit dan reaktivitas yang tinggi serta menghasilkan reaksi eksotermik (Podgoršek dkk., 2009). NBS telah banyak digunakan dalam analisis senyawa hidroksi, dan ternyata NBS juga dapat digunakan dalam analisis kuantitatif untuk menentukan senyawa flavonoid secara spektrofotometri (Askal dkk., 1992).

Penentuan senyawa flavonoid terutama kuersetin secara kuantitatif dapat dilakukan dengan menggunakan reagen NBS secara selektif, mudah dan cepat menggunakan metode spektrofotometri (Askal dkk., 1992). Reaksi oksidasi kuersetin oleh NBS menghasilkan dua elektron oksidasi yaitu kuinon dan kuinometida yang membentuk kompleks berwarna ungu (Foti dan Rocco, 2014). NBS hanya akan membentuk kompleks berwarna ungu ketika bereaksi dengan kuersetin, sedangkan untuk flavonoid golongan lain tidak terbentuk kompleks warna sehingga dapat dikatakan bahwa NBS selektif untuk menentukan kuersetin (Askal dkk., 1992). Kompleks warna ungu dari kuersetin dan NBS akan terbaca pada panjang gelombang 510 nm (Askal dkk., 1992). Reaksi brominasi kuersetin dan NBS dapat dilihat pada Gambar 2.2.



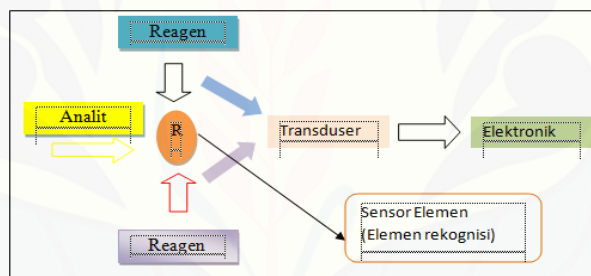
Gambar 2.2 Mekanisme reaksi brominasi NBS- kuersetin (Foti dan Rocco, 2014)

Untuk meningkatkan absorbansi dan stabilitas warna yang terbentuk, maka perlu ditambahkan senyawa pereduksi. Beberapa senyawa pereduksi seperti fenol, hidrogen peroksida, asam salisilat, salisilamida, sulfanilamid, sodium nitril, dan anilin sulfat dapat digunakan untuk meningkatkan absorbansi dan stabilitas warna yang terbentuk. Fenol diketahui dapat memberikan absorbansi maksimum dibanding senyawa pereduksi yang lain serta dapat meningkatkan waktu stabilitas kompleks warna yang terbentuk (Askal dkk., 1992). Selain senyawa pereduksi yang dapat meningkatkan absorbansi dan stabilitas warna kompleks NBS kuersetin, efek pH terhadap warna yang terbentuk juga dapat meningkatkan absorbansi dan stabilitas warna. Pengujian dengan dapar asetat dan dapar fosfat menunjukkan bahwa intensitas dan stabilitas warna maksimum diperoleh dengan dapar fosfat pH 7, namun pengaruh efek pH ini stabilitas warna yang terbentuk masih kalah dibanding dengan penggunaan fenol. Hal tersebut dikarenakan interaksi berlebih NBS dengan fenol sehingga mencegah efek dekonstruktif kromogen yang terbentuk (Askal dkk., 1992).

2.5. Tinjauan tentang Sensor Kimia

2.5.1. Definisi Sensor Kimia

Sensor kimia merupakan suatu disiplin ilmu yang melibatkan reaksi kimia yang spesifik terhadap analit tertentu menggunakan instrumentasi serta mampu mengubah dari fisika-kimia menjadi sinyal listrik, sehingga dapat dibaca secara analog maupun secara digital (Kuswandi, 2010). Sensor kimia dapat memberikan respon atau perubahan terhadap zat yang diukur dengan adanya reagen kimia (Kuswandi, 2010). Umumnya sensor kimia banyak diaplikasikan untuk menentukan entitas kimiawi dengan menggunakan reagen kimia yang sesuai. Entitas kimia tersebut sering disebut dengan analit (Kuswandi, 2010). Secara skematis, sensor kimia dapat digambarkan seperti berikut:



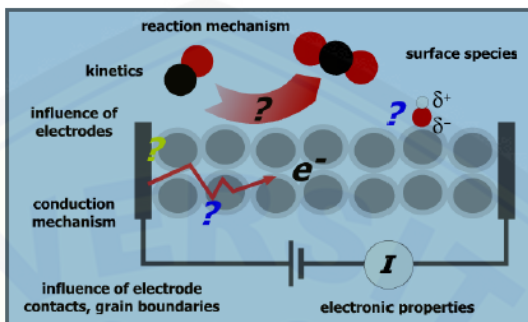
Gambar 2.3 Skema sensor kimia (Kuswandi, 2010)

Berdasarkan gambar diatas dapat diartikan bahwa sensor kimia merupakan suatu alat analisa berisi reagen kimia yang dapat bereaksi dengan analit menghasilkan perubahan dari fisika-kimia menjadi sinyal listrik yang proporsional dengan analit tersebut.

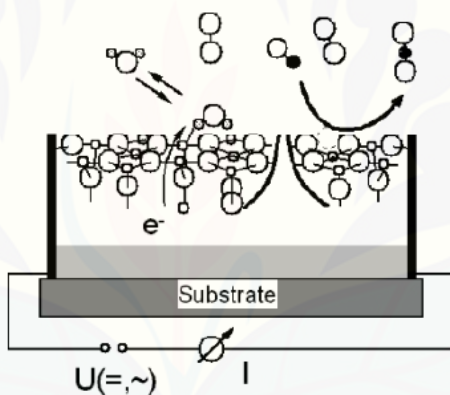
2.5.2. Mekanisme Sensor Kimia

Sensor kimia dapat dikatakan baik apabila sensor tersebut mampu berinteraksi dengan analit secara reversibel, sehingga sinyal sensor dengan mudah dapat dikontrol baik secara kinetik maupun dinamik (Kuswandi, 2010). Mekanisme sensor kimia dapat dirancang sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik analit yang akan dideteksi

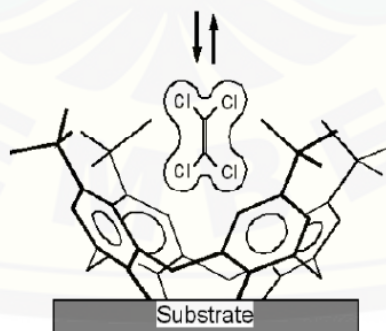
(Kuswandi, 2010). Berdasarkan mekanismenya sensor kimia dibagi menjadi 3, yaitu sebagai berikut:



Gambar 2.4 Mekanisme sensor kimia dengan metode elektrokimia (Kuswandi, 2010)



Gambar 2.5 Sensor kimia berbasis transfer muatan (Kuswandi, 2010)



Gambar 2.6 Sensor kimia berbasis kunci-anak-kunci (*lock key*) (Kuswandi, 2010)

2.6. Tinjauan tentang Teknik Imobilisasi

Untuk membuat suatu sensor kimia bisa bekerja dengan baik, maka reagen kimia yang digunakan di dalamnya harus bisa terhubung dengan baik pada transduser. Imobilisasi reagen dapat didefinisikan sebagai pengikatan reagen pada fasa padat atau material pendukung secara merata, yang memungkinkan untuk terjadinya pertukaran dengan larutan sampel dimana terdapat analit untuk dideteksi. Pengikatan reagen ini dapat ditempuh dengan berbagai cara, yaitu fisika dan kimia. Secara garis besar, imobilisasi reagen dapat digolongkan pada dua jenis metode imobilisasi yaitu metode fisika dan metode kimia. Metode imobilisasi secara fisik meliputi proses penyerapan (adsorpsi), pemerangkapan (*entrapment*), pengkapsulan (*encapsulasi*) dan interaksi elektrostatis. Sedangkan, secara kimia meliputi pembentukan ikatan kovalen dan *crosslinking* (Kuswandi, 2010).

2.6.1. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan teknik imobilisasi yang paling mudah karena dapat mengikat reagen baik yang organik maupun anorganik. Dalam proses adsorpsi ikatan yang terjadi adalah ikatan van der Waals dan ikatan kovalen. Jenis adsorben yang sering digunakan dalam proses imobilisasi reagent adalah polimer berpori, material karbon, dan material anorganik (Kuswandi, 2010). Secara umum adsorpsi dibedakan menjadi dua golongan, yaitu adsorpsi kimia dan adsorpsi fisik. Pada adsorpsi fisik (fisisorpsi) ikatan yang terjadi biasanya adalah ikatan yang lemah yaitu ikatan van der Waals atau ikatan hidrogen. Sedangkan, pada adsorpsi kimia (kemisorpsi) ikatan yang terbentuk adalah ikatan kovalen dengan ikatan yang sangat kuat. Adsorpsi fisik banyak digunakan dalam mengimobilisasi reagen dengan material pendukung dibandingkan adsorpsi kimia. Hal tersebut dikarenakan ikatan yang terbentuk akan lebih lemah dibanding adsorpsi kimia (Kuswandi, 2010).

2.6.2. Enkapsulasi

Enkapsulasi atau sering disebut mikroenkapsulasi merupakan teknik imobilisasi dengan cara memerangkap reagen kimia pada membran semipermeabel di permukaan sensor. Membran yang sering digunakan adalah PVC (*Polyvinylchloride*), *cellulose acetate*, *polycarbonate*, dan *polytetrafluoroethylene* (Teflon). Teknik imobilisasi enkapsulasi sering digunakan dalam pengembangan sensor kimia karena relatif lebih stabil terhadap perubahan pH, temperatur, kekuatan ion dan komposisi kimia (Kuswandi, 2010).

2.6.3. *Crosslinking*

Crosslinking adalah metode imobilisasi yang dilakukan dengan cara merangkap reagen kimia pada membran padat atau material lainnya seperti gel. Reagen yang sering digunakan pada metode ini adalah glutaraldehid. Metode ini memiliki keterbatasan difusi, bisa merusak material biologi, serta kekuatan mekanis sistem yang buruk. Namun, metode ini dapat menstabilkan material biologi yang teradsorpsi (Eggins, 2002).

2.6.4 *Entrapment*

Entrapment merupakan teknik imobilisasi fisik yang bekerja dengan cara merangkap reagen dengan menggunakan lapisan tipis film atau gel. Membran dapat dibuat dengan cara mencampurkan reagen dengan larutan monomer yang kemudian mengalami polimerisasi sehingga terbentuk membran tipis film atau gel, dimana reagen akan terperangkap pada lapisan film yang terbentuk (Kuswandi, 2010).

2.6.5 Ikatan Kovalen

Ikatan kovalen adalah metode imobilisasi yang digunakan untuk membentuk ikatan antara material biologis dengan matriks pendukung. Metode imobilisasi ikatan kovalen akan membentuk ikatan yang kuat sehingga material biologis yang

diimobilisasi tidak akan mudah lepas dari matriks. Metode imobilisasi ini harus dilakukan pada kondisi suhu rendah, kekuatan ion rendah, dan pH netral (dalam rentang pH fisiologis) (Eggins, 2002). Imobilisasi kovalen ini biasanya melibatkan nukleofilik seperti NH_2 , CO_2H , OH , $\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$, dan SH (Eggins, 2002).

2.7. Tinjauan tentang Karakteristik Sensor Kimia

2.7.1. Daerah Linier

Daerah linier atau daerah kerja sensor kimia adalah daerah/range konsentrasi suatu sensor kimia untuk dapat mendeteksi analit mulai dari konsentrasi terendah pengukuran dapat dilakukan sampai konsentrasi tertinggi dimana kurva kalibrasi mulai menyimpang dari kelinierannya (Kuswandi, 2010). Dengan menggunakan data daerah linier dapat pula ditentukan batas kuantifikasi sensor atau LOQ (*limit of quantification*), batas kelinieran sensor atau LOL (*limit of linearity*), serta batas deteksi sensor atau LOD (*limit of detection*). Batas kelinieran atau LOL (*limit of linearity*) dapat ditentukan dari awal mula titik mulai menyimpang dari kelinieran kurva kalibrasi (Kuswandi, 2010).

2.7.2. Batas Deteksi dan Batas Kuantitasi

Batas deteksi atau LOD (*limit of detection*) adalah batas terendah konsentrasi analit yang bisa dideteksi atau untuk menentukan apakah dalam suatu sampel tersebut mengandung suatu analit tertentu (Kuswandi, 2010). Batas kuantitasi atau LOQ adalah batas terendah konsentrasi sampel yang mengandung analit dan bisa diukur. LOQ digunakan untuk mengetahui seberapa banyak analit yang terkandung dalam sampel. Oleh karena itu dalam LOQ nilai yang digunakan untuk menentukan analit adalah sepuluh kali dari standar deviasi, berbeda dengan LOD yang besarnya hanya tiga kali standar deviasinya (Kuswandi, 2010). Pada analisis instrumen batas deteksi dapat dihitung dengan mengukur respon blanko beberapa kali

kemudian dihitung simpangan baku respon blanko seperti persamaan 2.1 berikut (Harmita, 2004) :

$$Q = \frac{k \times Sb}{Sl} \dots\dots\dots(2.1)$$

Q = LOD (batas deteksi) atau LOQ (batas kuantitasi)

k = 3 untuk LOD dan 10 untuk LOQ

Sb = simpangan baku respon analitik dari blanko

Sl = arah garis dari kurva antara respon terhadap konsentrasi = slope

Simpangan baku respon (Sb) dapat dihitung dengan persamaan 2.2 berikut:

$$Sb = \sqrt{\frac{\sum(y-y_i)^2}{n-2}} \dots\dots\dots(2.2)$$

2.7.3. Sensitivitas

Sensitivitas dalam sensor diartikan sebagai kemampuan suatu sensor untuk membedakan konsentrasi analit pada konsentrasi yang sangat kecil. Biasanya nilai sensitivitas suatu sensor pada kurva kalibrasi dapat ditentukan dari nilai *slope* yang dihasilkan. Selain sensitivitas kalibrasi (m) ada pula yang disebut sebagai sensitivitas analitik (γ). Berikut persamaan sensitivitas kalibrasi dan sensitivitas analitik (γ):

$$S_m = mc + S_{bl} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\gamma = \frac{m}{S_s} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana S adalah sinyal atau respon sensor, S_{bl} adalah sinyal dari blanko, dan c adalah konsentrasi sampel. Sedangkan γ adalah sensitivitas analitik, m adalah slop dan S_s adalah standar deviasi dari pengukuran analit pada konsentrasi tertentu.

2.7.4. Presisi

Dalam sensor kimia presisi diartikan sebagai kedekatan respon sensor terhadap respon lainnya untuk analit yang sama. Presisi juga sering diartikan sebagai

kesesuaian dalam pengulangan pengukuran sehingga biasanya disebut sebagai deviasi dari *mean* atau rata-rata (Kuswandi, 2010). Berikut persamaan presisi sebagai deviasi dari rata-rata :

$$di = |xi - \bar{x}| \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana x_i adalah respon sensor dan x adalah rata-rata respon sensor. Selain persamaan diatas, presisi juga dinyatakan sebagai bentuk standar deviasi (s), baik standar deviasi relatif (*RSD*) atau koefisien variasi (*CV*) (Kuswandi, 2010). Dengan adanya standar deviasi ini maka reproduibilitas dan repeatabilitas respon sensor dapat diukur. Repeatabilitas adalah kepresisian respon sensor terhadap analit yang diukur pada waktu dan kondisi yang sama. Sedangkan reproduibilitas diartikan sebagai kepresisian respon sensor terhadap analit yang diukur pada waktu yang berbeda dan kondisi yang relatif sama (Kuswandi, 2010). Dari penelitian dijumpai bahwa *RSD* meningkat dengan menurunnya kadar analit yang dianalisis, dimana nilai *RSD* dapat ditentukan melalui persamaan 2.6 dan 2.7 (Harmita, 2004). Kriteria penerimaan presisi untuk konsentrasi yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2.1.

$$SD = \sqrt{\frac{\sum x_i - x^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.6)$$

$$RSD = \frac{SD}{x} \times 100\% \dots \dots \dots (2.7)$$

2.7.5. Akurasi

Akurasi dalam sensor diartikan sebagai kedekatan respon sensor terhadap nilai sebenarnya atau kesesuaian antara rata-rata respon sensor terhadap nilai yang sebenarnya (Kuswandi, 2010). Akurasi sering dinyatakan dalam persen perolehan kembali (*%Recovery*), dimana kriteria penerimaan *% Recovery* dapat dilihat pada Tabel 2.1. Persen perolehan kembali diperoleh melalui pengukuran sejumlah analit

yang diketahui kadarnya ditambahkan dalam sampel. Akurasi dapat ditentukan dengan dua metode yaitu (Harmita, 2004) :

- a. Metode simulasi (*spike-placebo recovery*), yaitu pengukuran sejumlah analit yang ditambahkan kedalam campuran bahan pembawa sediaan farmasi (plasebo) dan hasilnya dibandingkan dengan kadar analit yang sebenarnya. Penentuan persen perolehan kembali dapat ditentukan dengan menggunakan tiga macam konsentrasi antara 80%-120% kali dari kadar analit yang diperkirakan.
- b. Metode penambahan standar atau pembanding (*standard addition method*), yaitu menambahkan sejumlah tertentu analit dalam sampel yang telah dianalisis untuk selanjutnya dianalisis kembali. Penambahan analit ditentukan dengan menggunakan tiga macam konsentrasi antara 30%-60% kali dari kadar analit yang diperkirakan. Perhitungan *%Recovery* dapat ditentukan dengan rumus seperti persamaan 2.8.

$$\% Recovery = \frac{\text{konsentrasi analit percobaan}}{\text{konsentrasi teoritis}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.8)$$

Tabel 2.1 Kriteria penerimaan studi akurasi dan presisi untuk konsentrasi analit yang berbeda (Huber, 2007)

Konsentrasi analit (%)	Unit	Akurasi (<i>recovery</i>)	Presisi (RSD%)
100	100%	98-102	1,3
≥10	10%	98-102	2,7
≥1	1%	97-103	2,8
≥0,1	0,1%	95-105	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	40-120	30

2.7.6. Selektifitas (Interferensi)

Selektifitas adalah parameter yang digunakan untuk menentukan layak tidaknya suatu sensor kimia digunakan dalam pengukuran suatu analit. Selektifitas merupakan parameter yang penting dari sensor kimia karena dalam setiap analisis, respon yang diinginkan adalah respon sensor yang spesifik terhadap sinyal analit tertentu. Namun, biasanya sinyal yang dihasilkan adalah sinyal dari semua komponen yang ada dalam sampel. Oleh karena itu, untuk meminimalisir munculnya respon dari komponen lain, maka dapat ditentukan dengan koefisien selektifitas (Kuswandi, 2010). Dalam IUPAC, penentuan selektifitas dapat dilakukan dengan dua metode yaitu metode pemisahan larutan (*separate solution method/SSM*) dan metode interferensi tetap (*fixed interference method/FIM*). Kedua metode tersebut banyak digunakan untuk menentukan sensitifitas sensor kimia di berbagai literatur (Kuswandi, 2010). Selektivitas suatu metode analisis terhadap analit dapat digolongkan baik jika interferensi <5% (Ermer, J., & Miller, 2005). Nilai % interferensi dihitung berdasarkan persamaan berikut.

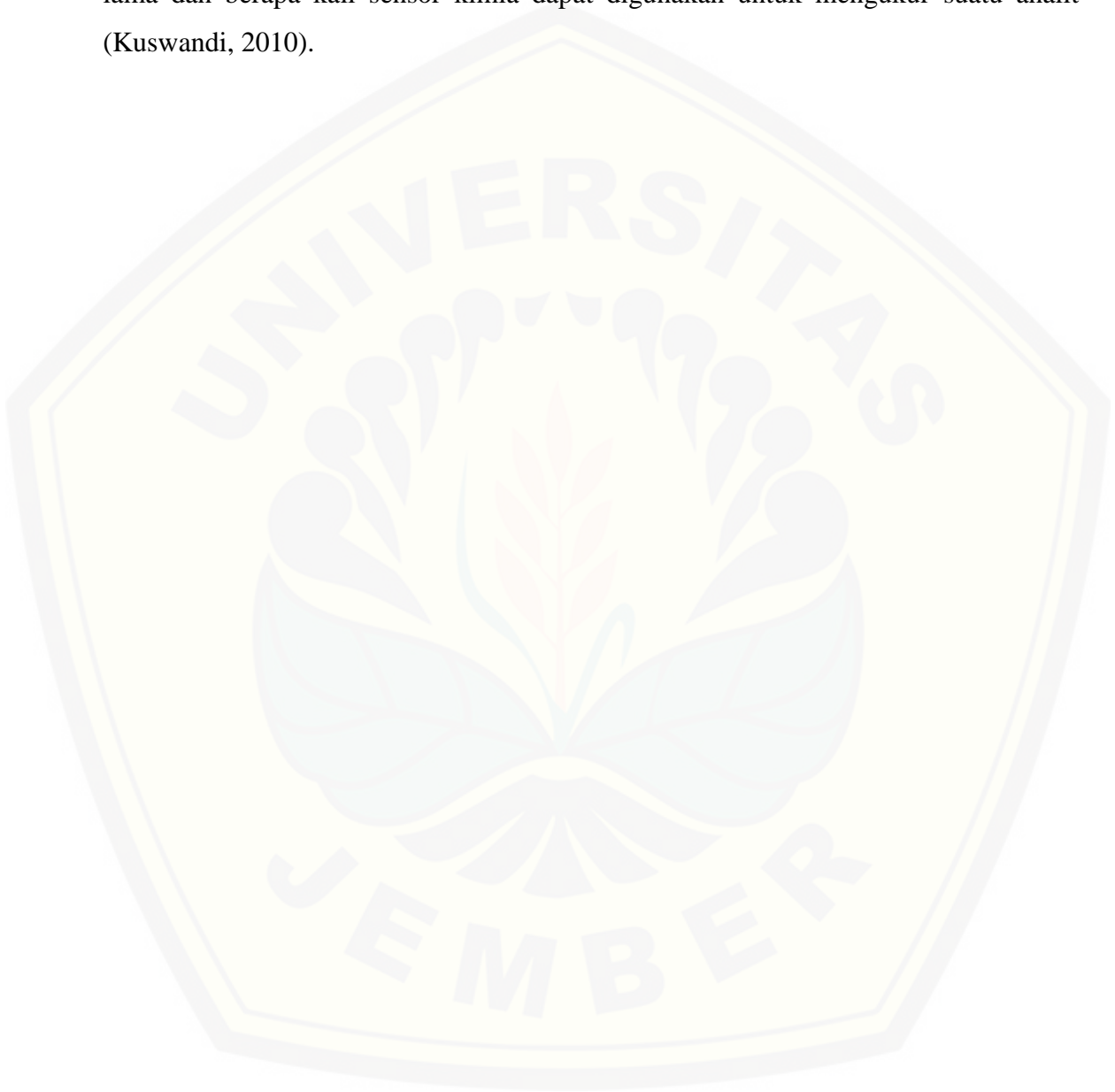
$$\% \text{ Interferensi} = \frac{\Delta \text{mean Red uji} - \Delta \text{mean Red standar}}{\Delta \text{mean Red standar}} \times 100\% \dots\dots (2.9)$$

2.7.7. Waktu Respon dan Waktu Pakai

Waktu respon sensor kimia dalam IUPAC diartikan sebagai waktu antara pertama kali sensor direaksikan dengan sampel (dicelupkan, diekspos, atau dialirkan) dengan waktu pertama kali respon menghasilkan sinyal yang stabil (*steady-state*). Waktu respon biasanya juga 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_{95}) dari total sinyal sensor terhadap analit yang dihasilkan (Kuswandi, 2010).

Waktu pakai sensor diartikan sebagai waktu dimana sensor memberikan reaksi yang sama dan stabil terhadap suatu analit pada konsentrasi yang sama sampai

waktu respon sensor mengalami penurunan yang signifikan (biasanya lebih dari 15% respon awal). Dengan mengetahui waktu pakai sensor, maka dapat ditentukan berapa lama dan berapa kali sensor kimia dapat digunakan untuk mengukur suatu analit (Kuswandi, 2010).



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental laboratorik.

3.2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Januari 2018 sampai selesai, bertempat di Laboratorium Biologi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Jember.

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain *ball pipet*, seperangkat alat gelas, neraca analitik, *hair dryer*, aluminium foil, vial, *blue tip*, *yellow tip*, *white tip*, *scanner* (Canon LiDE 120).

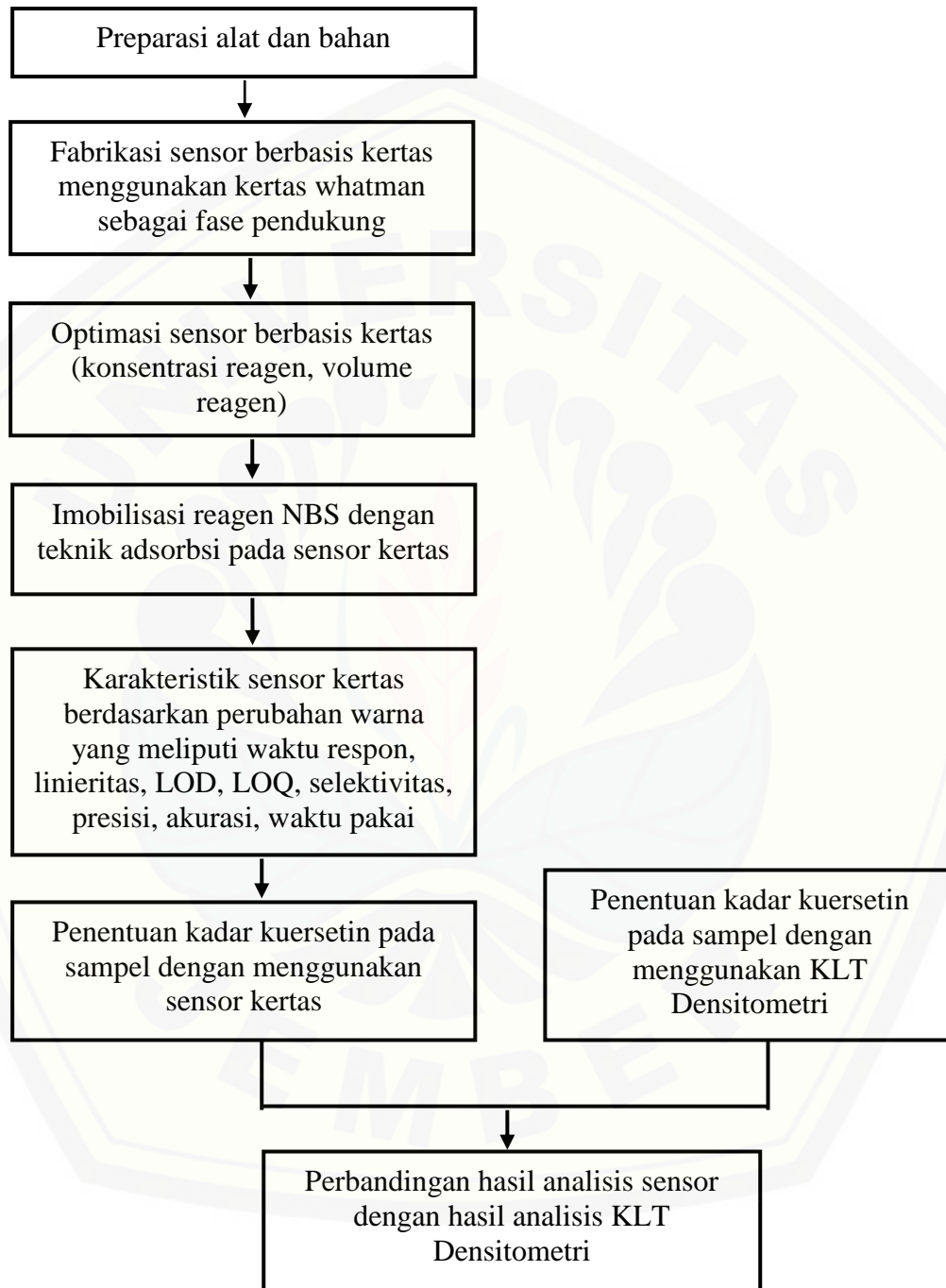
3.3.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi kuersetin (Sigma-Aldrich), NBS (*N-Bromosuccinimide*) (Sigma-Aldrich), fenol 1% dalam metanol, silika nanopartikel dengan ukuran partikel 5-15 nm (Sigma-Aldrich), CTAB (*Cetyltrimethyl amonium bromide*) (Sigma-Aldrich), metanol, akuades, simplisia daun jambu biji (*Psidium guajava l*) yang diperoleh dari Laboratorium Biologi Farmasi.

3.4. Definisi Operasional

- a. Sensor berbasis kertas (*paper microzone plates*) adalah suatu metode yang digunakan dalam penentuan kuersetin berdasarkan perubahan warna sensor dari putih menjadi ungu atau violet.
- b. *Red* adalah analisis warna yang digunakan pada aplikasi *ImageJ* untuk mengetahui perubahan warna yang terjadi pada saat NBS (*N-Bromosuccinimide*) direaksikan dengan standar kuersetin maupun larutan sampel.
- c. $\Delta mean Red$ merupakan selisih antara *mean Red* dari blanko dan *mean Red* dari standar kuersetin maupun larutan sampel.
- d. Pengambilan gambar pada perubahan warna kertas dilakukan dengan menggunakan *scanner*.
- e. Sampel yang digunakan adalah ekstrak daun jambu biji merah dan ekstrak daun jambu biji putih.

3. 5. Diagram Alur Penelitian



3.6. Prosedur Penelitian

3.6.1. Preparasi Larutan Induk Kuersetin

Larutan induk kuersetin 10 mM dan 20 mM dibuat dengan menimbang 75,55 mg dan 151,12 mg kuersetin yang dilarutkan menggunakan metanol dalam labu ukur 25 ml sampai tanda batas labu ukur.

3.6.2. Preparasi Larutan Standar Kuersetin

Larutan induk 10 mM dipipet sebanyak 1 ml dimasukkan dalam labu ukur 10 ml dan 4 ml dimasukkan dalam labu ukur 5 ml, ditambahkan metanol sampai tanda batas, sehingga diperoleh larutan induk 1 mM dan 8 mM. Larutan induk 20 mM dipipet 1 ml, 2 ml, dan 3 ml dimasukkan dalam labu ukur 10 ml kemudian ditambahkan metanol sampai tanda batas, hingga diperoleh larutan induk 2 mM, 4 mM dan 6 mM.

3.6.3. Preparasi Larutan Reagen NBS

Reagen NBS 36 mM dibuat dengan melarutkan 160,18 mg NBS dengan akuades dalam labu ukur 25 ml sampai tanda batas. Larutan reagen ditambahkan silika nanopartikel sebanyak 0,25 g dan surfaktan CTAB sebanyak 0,5 g. Kemudian campuran reagen diaduk dengan stirer hingga terbentuk larutan yang homogen. Fenol 1% dibuat dalam metanol yaitu dengan menimbang 1 g fenol dan dilarutkan ke dalam 100 ml metanol.

3.6.4. Preparasi Sampel

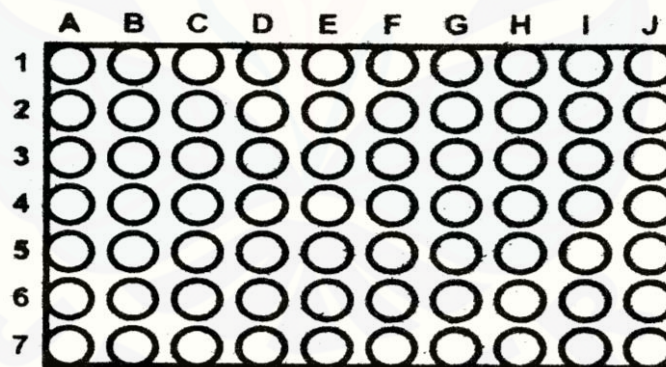
Sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu ekstrak daun jambu biji yang meliputi jambu merah dan jambu putih. Ekstrak daun jambu biji ditimbang sebanyak 0,2 g untuk jambu putih dan 0,4 g untuk jambu merah, kemudian dilarutkan dengan 10 ml metanol dan diultrasonik selama 30 menit. Selanjutnya, larutan disaring dengan kertas saring dan kemudian dianalisa dengan sensor kertas.

3.6.5. Pengukuran Intensitas Warna

Pengukuran intensitas warna dilakukan dengan menggunakan *scanner*. Masing-masing reagen dan sampel ditetaskan. Setelah reagen NBS-silika nanopartikel ditetaskan pada sensor kertas serta larutan standar atau sampel, maka selanjutnya perubahan warna yang terjadi kemudian discanning. Perubahan warna yang terbentuk dianalisis menggunakan program *ImageJ* untuk mengetahui nilai $\Delta mean Red$.

3.6.6. Desain Sensor Kertas (*paper microzone plates*)

Sensor dibuat dari kertas Whatman No. 1 dengan diameter 125 mm. Setiap lembar kerja terdiri dari 10 kolom dan 7 baris lubang, dengan setiap diameter masing-masing lubang 0,6 cm. Tinta yang digunakan adalah pasta karet. Area kerja berada dalam setiap lubang lingkaran yang telah diimobilisasi reagen NBS-silika nanopartikel. Desain sensor kertas ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 3.1 Desain sensor kertas (*paper microzone plates*)

3.6.7. Optimasi Sensor Kertas

a. Optimasi Volume Reagen

Optimasi volume reagen yang dapat memenuhi area deteksi dilakukan dengan meneteskan reagen NBS dengan volume 1 μ l, 2 μ l, 3 μ l, 4 μ l, dan 5 μ l. Setelah diperoleh

volume yang dapat memenuhi seluruh area deteksi, selanjutnya dilakukan penentuan volume yang memberikan nilai $\Delta mean Red$ terbesar. Reagen NBS diteteskan pada area deteksi sesuai dengan volume yang dapat memenuhi area deteksi, selanjutnya diteteskan standar kuersetin, dan kemudian dilakukan pengukuran intensitas warna.

b. Optimasi Konsentrasi Reagen

Optimasi konsentrasi reagen dilakukan dengan meneteskan sebanyak hasil optimasi volume reagen NBS 36 mM, 32 mM dan 40 mM pada sensor kertas, kemudian diteteskan standar kuersetin 4 mM pada kertas. Selanjutnya, dilakukan pengukuran intensitas warna yang terbentuk. Konsentrasi NBS yang digunakan adalah konsentrasi yang memberikan perubahan warna yang signifikan dan memberikan perubahan warna putih menjadi warna ungu.

3.6.8. Pembuatan Kurva Baku Kuersetin

Larutan standar kuersetin dicampur fenol 1% dengan perbandingan sama banyak. Larutan reagen NBS dipipet 3 μ l diimobilisasi pada kertas, kemudian kertas dikeringkan kurang lebih selama 10 menit. Selanjutnya, dipipet 3 μ l campuran kuersetin fenol pada kertas yang telah diimobilisasi reagen NBS dan tunggu hingga kertas kering. Setelah kertas kering, kemudian dilakukan scanning untuk pengukuran intensitas warna. Replikasi dilakukan sebanyak tiga kali. Dari data tersebut diperoleh persamaan kurva baku menggunakan regresi linier.

3.6.9 Karakterisasi Sensor Kimia

a. Linieritas

Penentuan linearitas dilakukan dengan cara menguji reagen NBS pada standar kuersetin pada konsentrasi 1 mM-10 mM. Parameter untuk menentukan linieritas digunakan koefisien korelasi (r) antara konsentrasi standar dengan melakukan

pengukuran intensitas warna. Koefisien korelasi (r) dihitung menggunakan analisis regresi linier $y = bx + a$, dimana hubungan dinyatakan linier apabila nilai r mendekati +1 atau -1.

b. Penentuan Waktu Respon

Waktu respon merupakan waktu yang dibutuhkan untuk bereaksi dengan reagen NBS sampai terjadi perubahan warna yang sempurna. Pengukuran dilakukan menggunakan stopwatch setiap 2 menit. Penentuan waktu respon dapat dihitung dengan membuat kurva antara waktu (menit) vs nilai *Red*.

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

Penentuan LOD dan LOQ dilakukan dengan membuat sejumlah larutan standar kuersetin pada konsentrasi 1mM-10mM. Kemudian, larutan tersebut dipipet 3 μ l pada kertas yang sudah terimobilisasi reagen NBS. Selanjutnya, dilakukan pengukuran intensitas warna. Perhitungan LOD dan LOQ dilakukan dengan menggunakan persamaan yang terdapat pada sub bab 2.7.2 dengan data yang diperoleh dari persamaan regresi.

d. Selektivitas (Interferensi)

Penentuan selektivitas dilakukan dengan menggunakan standar kuersetin yang telah diberi pengganggu sukrosa dan amilum dengan perbandingan volume antara standar dan komponen pengganggu 1:1. Selanjutnya, dilakukan pengukuran intensitas warna, kemudian dibandingkan nilai $\Delta_{mean Red}$ standar yang tidak diberi pengganggu dengan standar yang telah diberi komponen pengganggu. Penentuan %interferensi dapat dihitung menggunakan persamaan yang terdapat pada sub bab 2.7.6.

e. Presisi

Penentuan presisi dapat ditentukan dengan menghitung standar deviasi relatif (RSD) seperti pada persamaan 2.6 dan 2.7 dari 6 kali pengukuran yang dilakukan.

Penentuan presisi dilakukan dengan cara mengukur standar rutin 6 mM sebanyak 6 (enam) kali replikasi. Selanjutnya reagen diimobilisasikan pada kertas dan dikeringkan. Kemudian, ditetaskan 3 μ l standar pada kertas dan dilakukan pengukuran intensitas warna. Kriteria penerimaan presisi untuk konsentrasi yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2.1.

f. Akurasi

Penentuan akurasi dilakukan dengan metode penambahan standar adisi, yaitu dengan persen *recovery* dari tiga kali penambahan analit sebesar 30, 45, dan 60% dari konsentrasi sampel yang sudah 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, ditambahkan 1 ml standar adisi dalam labu ukur 10 ml. Sampel ditetaskan pada kertas yang telah diimobilisasi dengan reagen NBS dan dimati perubahan warna yang terjadi. Nilai $\Delta mean Red$ hasil pengukuran dimasukkan ke dalam persamaan regresi, sehingga diperoleh konsentrasi kuersetin dalam sampel (konsentrasi kuersetin yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan massa kuersetin dalam sampel). Massa kuersetin hasil pengukuran tersebut dibandingkan dengan massa kuersetin teoritis, sehingga dapat ditentukan nilai % *Recovery*. Nilai % *Recovery* dihitung berdasarkan persamaan 2.8. Kriteria penerimaan % *Recovery* untuk konsentrasi yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2.1.

g. Waktu Pakai

Pengujian waktu pakai dilakukan dengan menyimpan sensor kertas ke dalam wadah yang kedap cahaya dengan dua kondisi yang berbeda, yaitu pada suhu ruang ($\pm 25^{\circ}\text{C}$) dan suhu lemari es ($\pm 4^{\circ}\text{C}$). Pengukuran untuk penentuan waktu pakai dilakukan dengan mengukur perubahan warna sensor kertas ketika ditetaskan standar kuersetin 4 mM setiap hari, kemudian dilakukan perbandingan nilai $\Delta mean Red$ hingga mengalami penurunan lebih dari 15% dari respon sensor awal (pengukuran pada hari ke-0) (Kuswandi, 2010).

3.7 Aplikasi Metode Sensor Kertas pada Ekstrak Daun Jambu Biji dibandingkan dengan Metode KLT Densitometri

Penelitian ini menggunakan sampel ekstrak daun jambu biji yang diperoleh dari Laboratorium Biologi Farmasi Universitas Jember. Pengujian dilakukan dengan melakukan preparasi sampel terlebih dahulu seperti pada sub bab 3.6.4.

Pengujian menggunakan sensor kertas dilakukan dengan memipet 3 μ l reagen NBS dan 3 μ l masing-masing sampel, kemudian dilakukan pengukuran intensitas warna. Pengukuran nilai Δ mean Red digunakan untuk menghitung konsentrasi kuersetin pada masing-masing sampel. Pada pengujian menggunakan metode KLT Densitometri dilakukan dengan mengukur area dari sampel pada panjang gelombang maksimum yang sudah diekstraksi dengan eluen Toluena:Aseton:Asam formiat (5:4:1). Dari nilai area yang diperoleh dapat ditentukan konsentrasi kuersetin dalam sampel. Selanjutnya dilakukan perbandingan hasil analisis sensor dengan hasil analisis KLT Densitometri.

BAB 5. PENUTUP

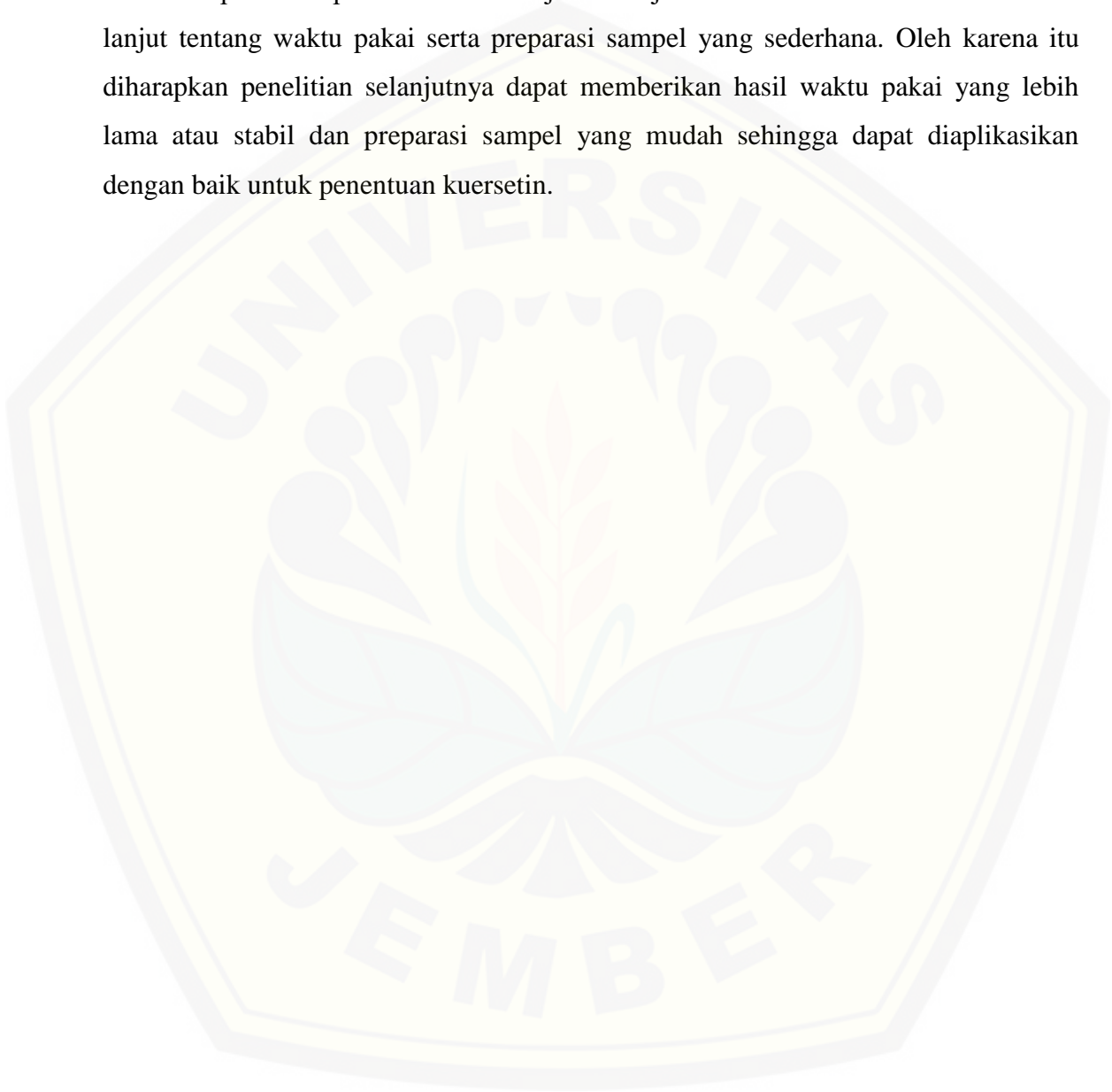
5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi optimum fabrikasi sensor kuersetin berbasis kertas pada ekstrak daun jambu biji meliputi volume reagen optimum sebanyak 3 μ l dan konsentrasi reagen optimum sebesar 36 mM.
2. Karakteristik sensor kuersetin berbasis kertas pada ekstrak daun jambu biji, yaitu:
 - a. Waktu respon yang dibutuhkan sensor kertas untuk bereaksi serta memberikan hasil yang *steady-state* adalah 8 sampai 12 menit.
 - b. Linieritas metode sensor kertas yaitu pada rentang 1-10 mM dengan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,999, nilai V_{x0} (RSD) sebesar 1,539%, dan persamaan regresi yang diperoleh sebesar $y = 4809x + 13243$.
 - c. Batas deteksi (LOD) sensor kertas sebesar 0,425 mM dan batas kuantitasi (LOQ) sensor yaitu sebesar 1,275 mM.
 - d. Metode sensor kertas untuk kuersetin akan terganggu dengan adanya amilum dengan perbandingan berat 1:10 dan sukrosa dengan perbandingan berat 1:1 dan 1:10.
 - e. Metode sensor kertas untuk kuersetin memenuhi parameter presisi dengan nilai presisi sebesar 2,339%.
 - f. Metode sensor kertas untuk kuersetin memenuhi parameter akurasi dengan nilai *%recovery* sebesar 98,97%.
 - g. Metode sensor kertas untuk kuersetin stabil dalam penyimpanan suhu dingin ($\pm 4^{\circ}\text{C}$) hingga 3 hari dan stabil pada suhu ruang ($\pm 25^{\circ}\text{C}$) hingga 1,5 jam (90 menit).
3. Metode sensor kertas untuk kuersetin dapat digunakan sebagai metode alternatif untuk penentuan kuersetin pada sampel ekstrak daun jambu biji.

5.2. Saran

Penelitian “Sensor kertas Berbasis NBS-silika nanopartikel untuk deteksi kuersetin pada sampel ekstrak daun jambu biji” masih membutuhkan studi lebih lanjut tentang waktu pakai serta preparasi sampel yang sederhana. Oleh karena itu diharapkan penelitian selanjutnya dapat memberikan hasil waktu pakai yang lebih lama atau stabil dan preparasi sampel yang mudah sehingga dapat diaplikasikan dengan baik untuk penentuan kuersetin.



DAFTAR PUSTAKA

- Akyildirim, O., H. Medetalibeyoglu, S. Manap, M. Beytur, F. S. Tokali, M. L. Yola, dan N. Atar. 2015. Electrochemical sensor based on graphene oxide/iron nanoparticles for the analysis of quercetin. *International Journal of Electrochemical Science*. 10(9):7743–7753.
- Alrawaiq, N. S. dan A. Abdullah. 2014. A review of flavonoid quercetin : metabolism , bioactivity and antioxidant properties. *PharmTech Reserch*. 6(3):933–941.
- Askal, H. F., G. A. Saleh, dan E. Y. Backheet. 1992. A selective spectrophotometric of quercetin in the presence of other flavonoids. *Talanta*. 39(3):259–263.
- Barbalho, S. M., F. M. V Farinazzi-machado, R. D. A. Goulart, A. Cláudia, S. Brunnati, dan A. M. Machado. 2012. Psidium guajava (guava): a plant of multipurpose medicinal applications. *Medicinal And Aromatic Plants*. 1(4):1–6.
- Bindu, A. R., K. Remya, N. A. Aleykutty, dan J. Sajan. 2010. High performance thin layer chromatographic method for quantitative determination of quercetin in tender leaves of psidium guajava. *Pharmacognosy Journal*. 2(17):21–23.
- Eggins, B. R. 2002. *Chemical Sensor and Biosensors*. Northern ireland: John Wiley & Sons Ltd.
- Erlund, I. 2004. Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology. *Nutrition Reasearch*. 24:851–874.
- Ermer, J., dan Miller, J. H. M. 2005. *Method Validation in Pharmaceutical Analysis*. Germany: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Evans, E., M. Gabriel, E. Benavidez, W. Karlos, T. Coltro, dan C. D. Garcia. 2014. Modification of microfluidic paper-based devices with silica nanoparticles. *Royal Society Of Chemistry*. 5560–5567.



- Flores, G., S. Wu, A. Negrin, dan E. J. Kennelly. 2015. Chemical composition and antioxidant activity of seven cultivars of guava (*Psidium guajava*) fruits. *Food Chemistry*. 170:327–335.
- Foti, Mario C dan C. Rocco. 2014. Unveiling the chemistry behind bromination of quercetin : the “ violet chromogen ”. *Tetrahedron Letters*. 55(9):1602–1607.
- Fratiwi, Y. 2015. The potential of guava leaf (*Psidium guajava* L.) for diarrhea. *J Majority*. 4(1):113–118.
- Guo, Y. dan R. S. Bruno. 2015. Endogenous and exogenous mediators of quercetin bioavailability. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 26(3):201–210.
- Gutierrez, R. M. ., S. Mitchell, dan R. vargas Solis. 2008. *Psidium guajava* : a review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Ethno-Pharmacology*. 117(16):1–27.
- Harmita. 2004. Petunjuk pelaksanaan validasi metode dan cara perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*. I(3):117–135.
- Huang, J. dan Z. Zhang. 2004. Microwave-assisted extraction of quercetin and acid degradation of its glycosides in *Psidium guajava* leaves. *Analytical Sciences*. 20:395–397.
- Huber, L. 2007. *Validation and Qualification in Analytical Laboratories*. Edisi Second Edi. New York: Informa Healthcare USA, Inc.
- Joseph, B. 2011. Review on nutritional, medicinal and pharmacological properties of guava. *Pharma and Bio Sciences*. 2(1):53–69.
- Jullian, C., L. Moyano, C. Yanez, dan C. Olea-azar. 2007. Complexation of quercetin with three kinds of cyclodextrins : an antioxidant study. *Spectrochimica Acta*. 67:230–234.
- Kamath, J. ., N. Rahul, A. C. K. Kumar, dan M. S. Lakshmi. 2008. *Psidium guajava* L : a review. *Green Pharmacy*. 2(1):9–12.

- Kuswandi, B. 2010. *Sensor Kimia*. Jember: University Press.
- Lin, J. dan C. Tang. 2007. Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. *Food Chemistry*. 101:140–147.
- Materska, M. 2008. Quercetin and its derivatives: chemical structure and bioactivity – a review. *Food and Nutrition Sciences*. 58(4):407–413.
- Metwally, A. ., S. El Sohafy, A. Omar, dan F. Harraz. 2010. Phytochemical investigation and antimicrobial activity of *Psidium guajava* L. leaves. *Pharmacognosy Magazine*. 6(23):212–218.
- Mohan, R. B., G. T. Reddy, dan N. C. Gangi Reddy. 2014. Substrate directed regioselective monobromination of aralkyl ketones using n-bromosuccinimide catalysed by active aluminium oxide: α -bromination versus ring bromination. *ISRN Organic Chemistry*. 2014:1–11.
- Moura, P. M., G. H. C. Prado, M. A. A. Meireles, dan C. G. Pereira. 2012. Supercritical fluid extraction from guava (*Psidium guajava*) leaves: global yield, composition and kinetic data. *Journal of Supercritical Fluids*. 62:116–122.
- Pekkarinen, S. S., I. M. Heinonen, dan A. I. Hopia. 1999. (+)-catechin as antioxidants in methyl linoleate. *The Science of Food and Agriculture*. 79:499–506.
- Podgoršek, A., S. Stavber, M. Zupan, dan J. Iskra. 2009. Environmentally benign electrophilic and radical bromination “on water”: H_2O_2 –HBr system versus n-bromosuccinimide. *Tetrahedron*. 65(22):4429–4439.
- Prasad, P. K., R. N. Reddi, dan A. Sudalai. 2015. Regioselective oxo-amination of alkenes and enol ethers with n-bromosuccinimide dimethyl sulfoxide combination: a facile synthesis of α -amino-ketones and esters. *Organic Letters*. 11–14.
- Qiu, H., C. Luo, M. Sun, F. Lu, L. Fan, dan X. Li. 2012. A novel chemiluminescence sensor for determination of quercetin based on molecularly imprinted polymeric microspheres. *Food Chemistry*. 134(1):469–473.




- Rathore, D. S. 1976. Effect of season on the growth and chemical composition of guava (*Psidium guajava* L.) fruits effect of season on the growth and chemical composition. *Horticultural Science*. 51(1):41–47.
- Rivai, H., L. Putriani, dan Mahyuddin. 2010. Karakterisasi flavonoid antioksidan dari daun jambu biji (*Psidium guajava* L.). *Jurnal Farmasi Higea*. 2(2):127–136.
- Russo, M., C. Spagnuolo, I. Tedesco, S. Bilotto, dan G. L. Russo. 2012. The flavonoid quercetin in disease prevention and therapy: facts and fancies. *Biochemical Pharmacology*. 83(1):6–15.
- Smith, A. J., J. Oertle, D. Warren, dan D. Prato. 2016. Quercetin: a promising flavonoid with a dynamic ability to treat various diseases, infections, and cancers. *Cancer Therapy*. 7:83–95.
- Thaipong, K., U. Boonprakob, K. Crosby, L. Cisneros-zevallos, dan D. Hawkins. 2006. Comparison of abts, dpph, frap, and orac assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Food Composition and Analysis*. 19:669–675.
- Yola, M. L., N. Atar, Z. Ustundag, dan A. O. Solak. 2013. A novel voltammetric sensor based on p-aminothiophenol functionalized graphene oxide/gold nanoparticles for determining quercetin in the presence of ascorbic acid. *Electroanalytical Chemistry*. 698:9–16.
- Yuwono, M. dan G. Indrayanto. 2005. Validation of chromatographic methods of analysis. *Profiles of Drug Substances, Excipients and Related Methodology*. 32(5):241–260.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Optimasi Volume Reagen

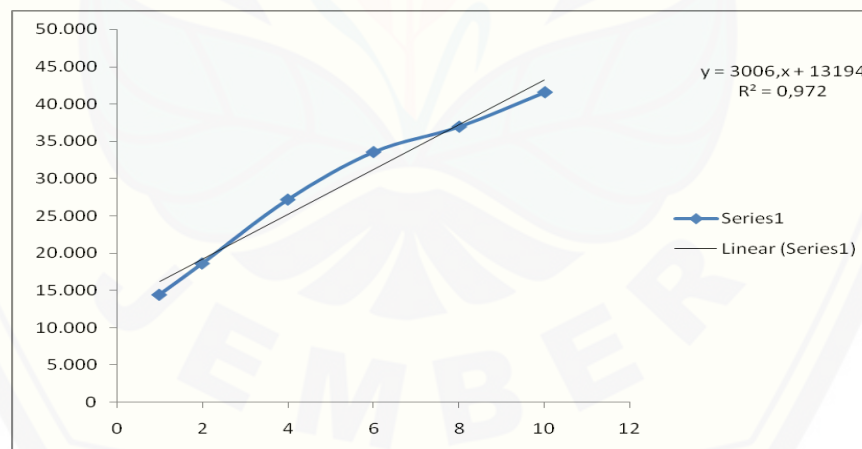
Gambar	Volume	Blanko	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Δ mean Red 1	Δ mean Red 2	Δ mean Red 3	Rata-rata	SD
	2 mikro	238.628	202.583	203.507	201.529	36.045	35.121	37.099	36.088	0,989
	3 mikro	238.628	188.057	188.744	188.177	51.313	50.626	51.193	51.044	0,367

Lampiran 2. Optimasi Konsentrasi Reagen

Gambar	Konsentrasi	Blanko	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Δ mean Red 1	Δ mean Red 2	Δ mean Red 3	Rata-rata	SD
	40 mM	244.698	217.908	181.555	196.864	26.790	35.142	27.846	29.926	4,547
	36 mM	240.976	209.556	173.750	195.648	59.421	67.226	64.405	63.684	3,952
	32 mM	242.591	216.852	176.571	191.890	45.727	46.943	50.701	47.791	2,593

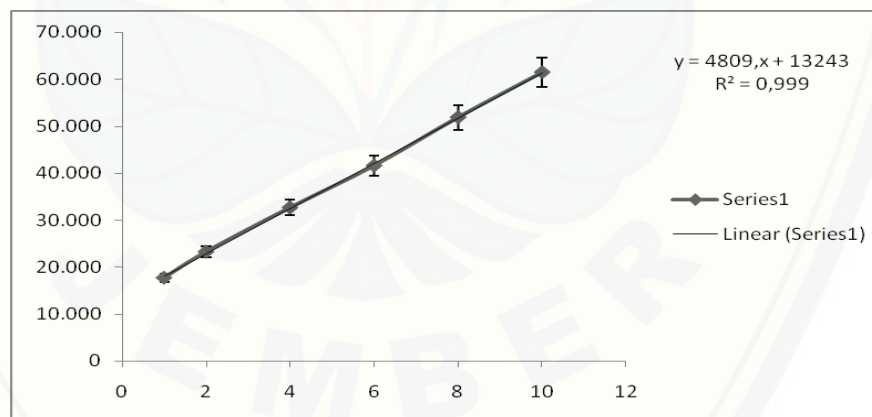
1. NBS 40 mM

Standar (mM)	0	1	2	4	6	8	10
Rep 1	245.737	233.297	227.739	218.465	212.320	206.513	204.514
Rep 2	244.948	229.190	225.643	217.030	209.831	210.548	202.870
Rep 3	244.810	229.730	226.241	218.421	212.653	207.541	203.361
Rata-Rata	245.165	230.739	226.541	217.972	211.601	208.201	203.582
Δ mean Red		14.426	18.624	27.193	33.564	36.964	41.583
SD	0,500	2,231	1,079	0,816	1,542	2,096	0,843
RSD	0,204	0,967	0,476	0,374	0,728	1,007	0,414



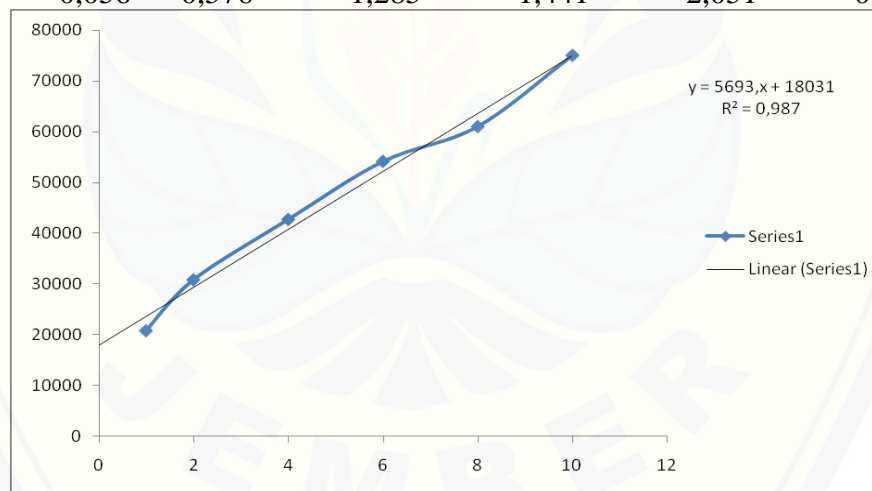
2. NBS 36 mM

Standar (mM)	0	1	2	4	6	8	10
R1	240.676	222.426	216.513	206.967	198.477	188.482	178.358
R2	239.471	221.768	216.805	207.633	198.926	187.928	178.634
R3	239.598	222.277	216.608	207.127	197.600	187.760	178.538
Rata-Rata	239.915	222.157	216.642	207.242	198.334	188.057	178.510
$\Delta mean Red$		17.758	23.273	32.673	41.581	51.858	61.405
SD	0,543	0,345	0,146	0,348	0,674	0,378	0,140
RSD	0,243	1,943	0,627	1,064	1,622	0,729	0,228



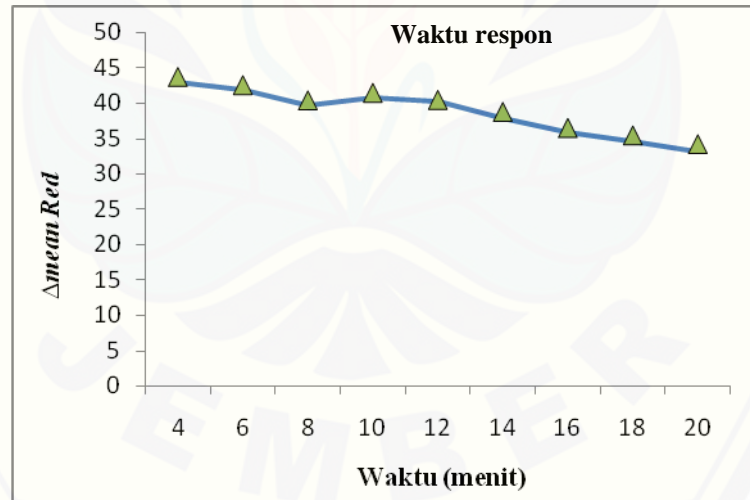
3. NBS 32 mM

Standar (mM)	0	1	2	4	6	8	10
R1	244.248	223.773	216.449	200.183	187.886	182.390	170.735
R2	244.415	222.005	211.122	199.538	185.727	182.372	171.324
R3	244.142	224.512	212.641	204.861	196.695	184.936	165.613
Rata-Rata	244.268	223.430	213.404	201.527	190.103	183.233	169.224
<i>Δmean Red</i>		20.838	30.864	42.741	54.166	61.036	75.044
SD	0,137	1,288	2,744	2,904	2,354	1,475	1,976
RSD	0,056	0,576	1,285	1,441	2,051	0,080	1,856



Lampiran 3. Waktu Respon

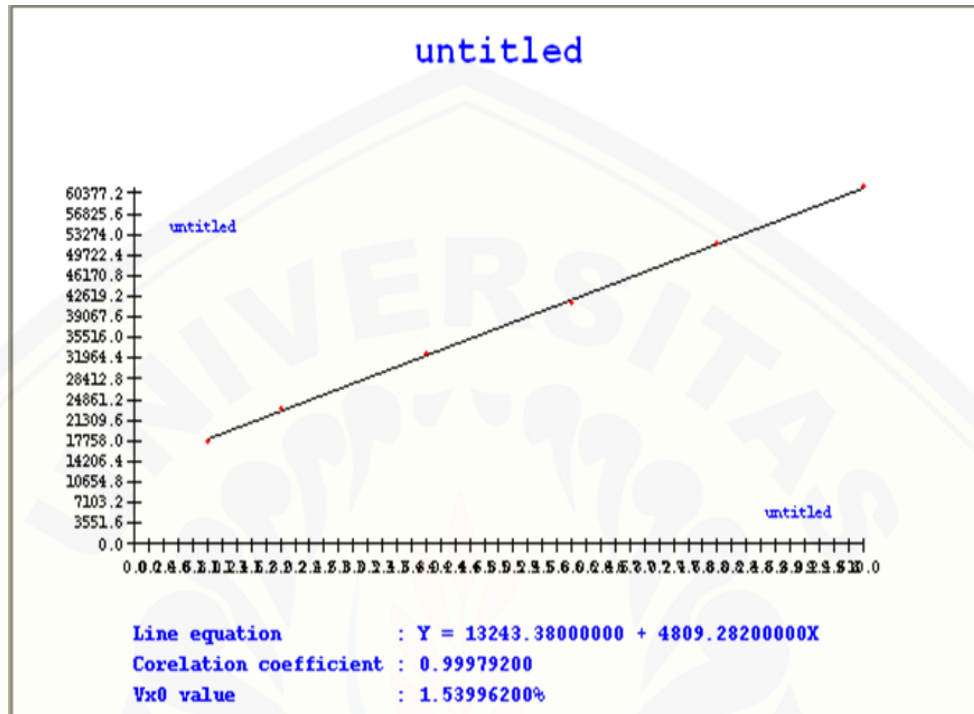
Waktu	Blanko	Rep 1	Rep 2	Rep 3	$\Delta mean$ <i>Red 1</i>	$\Delta mean$ <i>Red 2</i>	$\Delta mean$ <i>Red 3</i>	Rata-rata	SD	RSD
4	240.242	197.302	195.944	196.499	42.698	44.056	43.501	43.660	0,683	1,564
6	239.841	197.091	198.020	196.859	42.750	41.821	42.982	42.517	0,614	1,445
8	239.978	198.979	200.263	199.132	40.995	39.711	40.842	40.389	0,644	1,595
10	239.448	197.799	197.476	198.587	41.649	41.972	40.861	41.426	0,548	1,324
12	240.551	199.964	200.152	200.006	40.587	40.399	40.545	40.450	0,201	0,496
14	240.375	202.321	200.504	201.993	38.054	39.871	38.382	38.769	0,968	2,497
16	240.450	203.722	204.675	203.424	36.728	35.775	37.026	36.509	0,653	1,789
18	240.804	205.071	206.346	204.601	35.733	34.458	36.203	35.465	0,902	2,544
20	240.412	205.606	207.412	205.516	34.806	33.000	34.896	34.234	1,069	3,124



Lampiran 4. Hasil Uji Linieritas Sensor Kertas**1. Data Konsentrasi Standar Kuersetin**

Konsentrasi Standar (mM)	Blanko	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Δ mean Red 1	Δ mean Red 2	Δ mean Red 3	Rata-rata	SD	RSD
1	239.915	222.426	221.768	222.277	17.489	18.147	17.638	17.758	0,345	1,943
2	239.915	216.805	216.805	215.754	24.749	23.110	24.161	23.273	0,146	0,627
4	239.915	206.967	207.633	207.127	32.948	32.282	32.673	32.673	0,348	1,064
6	239.915	198.477	198.926	197.600	41.438	40.989	42.315	41.581	0,674	1,622
8	239.915	188.482	187.928	187.760	51.433	51.987	52.155	51.858	0,378	0,729
10	239.915	178.358	178.634	178.538	61.557	61.281	61.377	61.405	0,140	0,228

2. Hasil Analisis Menggunakan Program Validasi



Method	: Linearity
Probability	: 95%
Number of data	: 6
Line equation	: $Y = 13243.38000000 + 4809.28200000X$
Corelation coefficient	: 0.99979200
Sy value	: 382.64920000
Vx0 value	: 1.53996200%
Xp value	: 0.42505990

The Corelation coefficient is fullfilled the requirement (> 0.99)

The Vx0 value is fullfilled the requirement (0% to 5%)

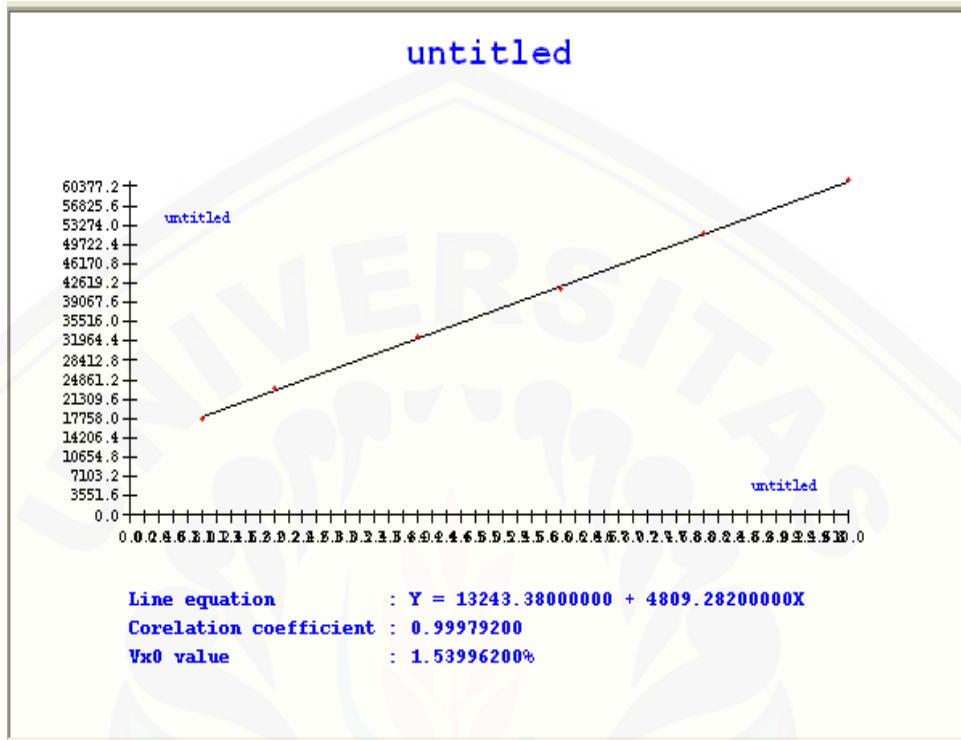
The Xp value is OK (< 1.00000000)

Lampiran 5. Hasil Uji Batas Deteksi (LOD) dan Batas Kuantitasi (LOQ)**a. Perhitungan Batas Deteksi (LOD) dan Batas Kuantitasi (LOQ)**

Konsentrasi Standar (mM)	Blanko	Rep 1	Rep 2	Rep 3	$\Delta mean$ Red 1	$\Delta mean$ Red 2	$\Delta mean$ Red 3	Rata-rata	SD	RSD
1	239.915	222.426	221.768	222.277	17.489	18.147	17.638	17.758	0,345	1,943
2	239.915	216.805	216.805	215.754	24.749	23.110	24.161	23.273	0,146	0,627
4	239.915	206.967	207.633	207.127	32.948	32.282	32.673	32.673	0,348	1,064
6	239.915	198.477	198.926	197.600	41.438	40.989	42.315	41.581	0,674	1,622
8	239.915	188.482	187.928	187.760	51.433	51.987	52.155	51.858	0,378	0,729
10	239.915	178.358	178.634	178.538	61.557	61.281	61.377	61.405	0,140	0,228

b. Hasil Penentuan LOD dan LOQ Menggunakan Program Validasi

1. Kurva linieritas



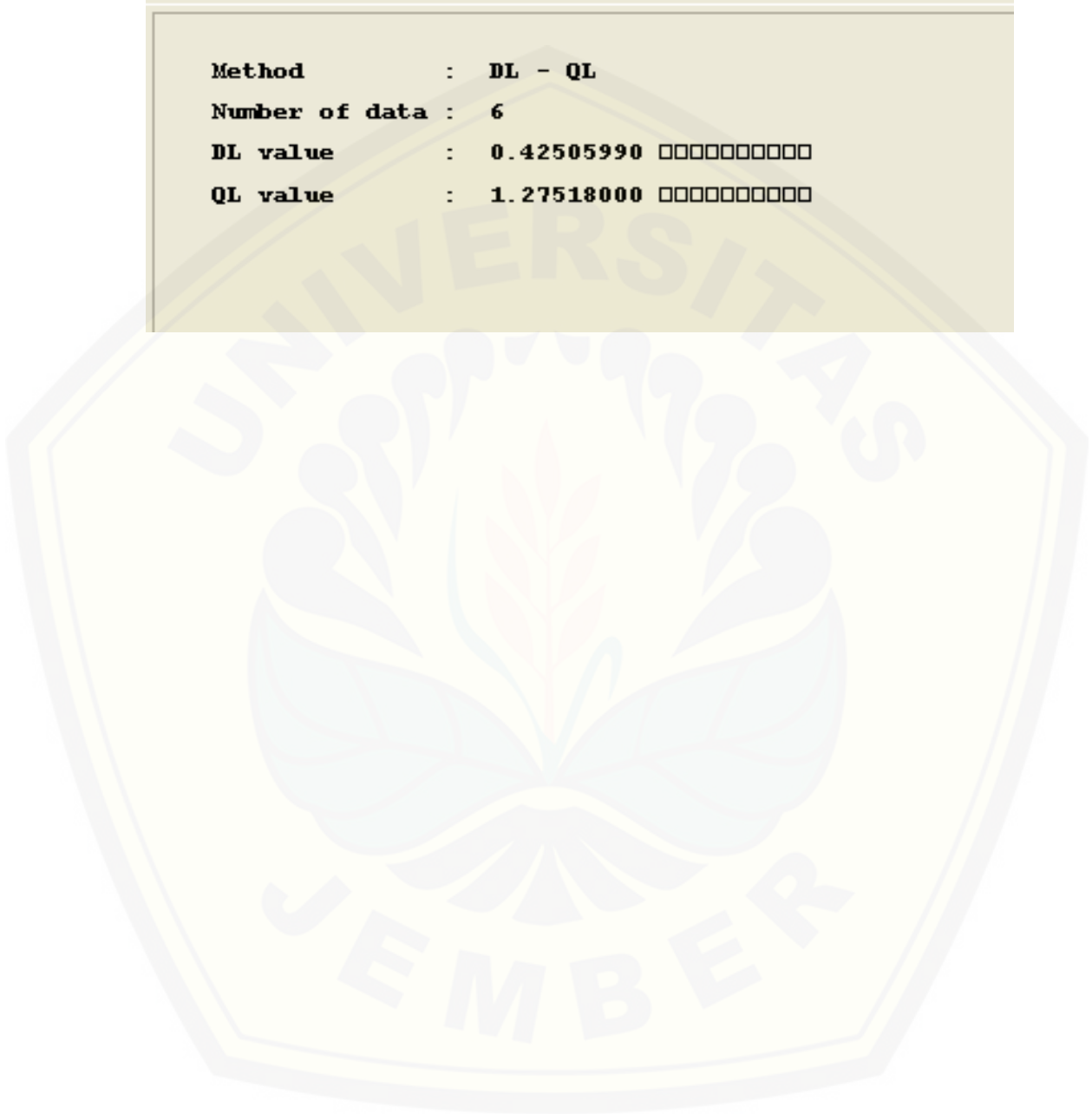
2. Parameter linieritas

Method	: Linearity
Probability	: 95%
Number of data	: 6
Line equation	: $Y = 13243.38000000 + 4809.28200000X$
Corelation coefficient	: 0.99979200
Sy value	: 382.64920000
Vx0 value	: 1.53996200%
Xp value	: 0.42505990








The Corelation coefficient is fullfilled the requirement (> 0.99)
 The Vx0 value is fullfilled the requirement (0% to 5%)
 The Xp value is OK (< 1.00000000)

3. LOD dan LOQ

```
Method      : DL - QL
Number of data : 6
DL value    : 0.42505990 □□□□□□□□□□
QL value    : 1.27518000 □□□□□□□□□□
```









Lampiran 6. Uji Selektivitas (interferensi)

Komponen	Blanko	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Δ mean Red 1	Δ mean Red 2	Δ mean Red 3	Rata- rata	% Interferensi	SD
 Standar kuersetin 2mM	242.163	214.398	214.288	214.376	27.765	27.875	27.787	27.765		0,058
 Kuersetin 2 mM + sukrosa (1:0,1)	242.163	213.227	213.154	213.811	28.936	29.009	28.352	28.765	3,603%	0,360
 Kuersetin 2 mM + sukrosa (1:1)	242.163	211.276	211.938	212.333	30.887	30.225	29.830	30.314	9,179%	0,534
 Kuersetin 2 mM + sukrosa (1:10)	242.163	209.149	209.213	208.555	33.014	32.950	33.608	33.190	19,54%	0,363
 Kuersetin 2 mM + amilum (1:0,1)	242.163	214.841	214.293	214.686	27.322	27.870	27.477	27.556	0,752%	0,282
 Kuersetin 2 mM + amilum (1:1)	242.163	213.981	213.857	213.392	28.182	28.306	28.871	28.453	2,478%	0,367
 Kuersetin 2 mM + amilum (1:10)	242.163	211.974	212.008	211.294	30.189	30.155	30.869	30.404	9.506%	0,403

Lampiran 7. Hasil Uji Presisi Sensor Kertas

Persamaan regresi $Y = 4847x + 13362$

1. Hasil Uji Presisi Repetabilitas

Replikasi	Gambar	Blanko	Mean Red	Δ mean Red	Konsentrasi (mM)
1		239.915	194.843	45.072	6,542
2		239.915	195.388	44.527	6,430
3		239.915	194.016	45.899	6,713
4		239.915	195.056	44.859	6,498
5		239.915	194.707	45.208	6,570
6		239.915	195.096	44.819	6,490
Rata-rata					6,541
SD					0,089
RSD					1,356

2. Hasil Uji Presisi Antara

Hari ke-	SD	RSD (%)
1	0,089	1,356
2	0,153	2,329
3	0,213	3,331
Rata-rata		2,339

Lampiran 8. Hasil Uji Akurasi Sensor Kertas

Persamaan regresi $Y = 4847x + 13362$

a. Perhitungan massa teoritis dengan konsentrasi analit 1,60 mM

Hasil analit (mM)	Massa analit (mg)	Adisi (%)	Konsentrasi (mM)	Massa adisi (mg)	Massa teoritis (mg)
1,6	4,836	30	0,48	1,451	6,287
1,6	4,836	45	0,72	2,176	7,012
1,6	4,836	60	0,96	2,901	7,737

b. Perhitungan massa percobaan

Adisi	Blanko	<i>Red</i>	Δ mean <i>Red</i>	Konsentrasi (mM)	Massa percobaan (mg)
0,3	241.891	218.573	23.318	2,054	6,208
		218.613	23.278	2,046	6,184
		218.429	23.462	2,084	6,298
0,45	241.891	217.490	24.401	2,277	6,882
		217.358	24.533	2,305	6,966
		217.191	24.700	2,339	7,069
0,6	241.891	216.545	25.346	2,472	7,473
		216.287	25.604	2,526	7,633
		216.128	25.763	2,558	7,731

c. Perhitungan akurasi

Adisi (%)	Massa teoritis (mg)	Massa percobaan (mg)	% <i>Recovery</i>	Rata-Rata	SD	RSD
0,3	6,287	6,208	98,743	99,093	0,956	0,965
		6,184	98,361			
		6,298	100,174			
0,45	7,012	6,882	98,146	99,434	1,336	1,343
		6,966	99,343			
		7,069	100,812			
0,6	7,737	7,473	96,59	98,388	1,683	1,710
		7,633	98,65			
		7,731	99,92			

d. Perhitungan pembuatan sampel adisi

- Konsentrasi rata-rata hasil penentuan konsentrasi analit adalah sebesar 1,600 mM
- Adisi 30% = $30\% \times 1,600 \text{ mM} = 0,48 \text{ mM}$ (1,451 mg)
0,2 gram sampel ditimbang kemudian ditambahkan dengan 1,451 mg, dilarutkan dengan metanol ad 10 ml.
Konsentrasi teoritis = $1,600 \text{ mM} + 0,48 \text{ mM} = 2,08 \text{ mM}$
Massa teoritis = $4,836 \text{ mg} + 1,451 \text{ mg} = 6,287 \text{ mg}$
- Adisi 45% = $45\% \times 1,600 \text{ mM} = 0,72 \text{ mM}$ (2,176 mg)
0,2 gram sampel ditimbang kemudian ditambahkan dengan 2,176 mg, dilarutkan dengan metanol ad 10 ml.
Konsentrasi teoritis = $1,600 \text{ mM} + 0,72 \text{ mM} = 2,32 \text{ mM}$
Massa teoritis = $4,836 \text{ mg} + 2,176 \text{ mg} = 7,012 \text{ mg}$
- Adisi 60% = $60\% \times 1,600 \text{ mM} = 0,96 \text{ mM}$ (2,901 mg)
0,2 gram sampel ditimbang kemudian ditambahkan dengan 2,901 mg, dilarutkan dengan metanol ad 10 ml.
Konsentrasi teoritis = $1,600 \text{ mM} + 0,96 \text{ mM} = 2,56 \text{ mM}$
Massa teoritis = $4,836 \text{ mg} + 2,901 \text{ mg} = 7,737 \text{ mg}$

Lampiran 9. Hasil Uji Waktu Pakai (Stabilitas)

• Penyimpanan Suhu Ruang

Jam ke-	Blanko	Rep 1	Rep 2	Rep 3	$\Delta mean$ <i>Red 1</i>	$\Delta mean$ <i>Red 2</i>	$\Delta mean$ <i>Red 3</i>	Rata-rata	%Penurunan
0,5	237.743	197.747	196.565	197.958	39.996	41.178	39.785	40.320	
1	237.447	199.504	199.054	199.900	37.943	38.393	37.547	37.961	6,213
1,5	236.586	200.854	201.886	200.327	35.732	34.700	36.259	35.564	13,373
2	236.296	202.656	203.241	203.424	33.640	33.055	32.872	33.189	21,485
2,5	235.237	205.605	205.174	205.540	29.632	30.063	29.733	29.797	35,313
3	234.334	206.096	206.402	206.751	28.238	27.932	27.583	27.816	44,953
3,5	234.187	208.428	208.145	208.953	25.759	26.042	25.234	25.678	57,018
4	233.664	211.343	211.823	211.361	22.321	21.841	22.303	22.155	81,938
4,5	233.213	212.436	212.549	212.402	20.777	20.664	20.811	20.751	94,305
5	232.900	214.039	214.627	214.247	18.861	18.273	18.653	18.596	116,823

• Penyimpanan Suhu Dingin

Hari ke-	Blanko	Rep 1	Rep 2	Rep 3	$\Delta mean$ <i>Red 1</i>	$\Delta mean$ <i>Red 2</i>	$\Delta mean$ <i>Red 3</i>	Rata-rata	%Penurunan
1	240.343	190.608	190.241	189.014	49.735	50.102	51.389	50.389	
2	238.369	192.997	191.698	191.203	45.372	46.671	47.166	46.403	8,589
3	237.447	194.204	193.122	193.208	43.243	44.325	44.239	43.936	14,687
4	236.467	196.023	196.541	196.933	40.444	39.926	39.534	39.968	26,072
5	235.001	197.744	198.656	197.095	37.968	36.345	37.906	37.169	35,565

Lampiran 10. Hasil Penentuan Kuersetin dalam Ekstrak Daun Jambu Biji

1. Sensor Kertas

Persamaan regresi $Y = 4809x + 13243$

Replikasi	Blanko	Jambu Merah			Jambu Putih		
		<i>Red</i>	Δ <i>mean Red</i>	Konsentrasi (mM)	<i>Red</i>	Δ <i>mean Red</i>	Konsentrasi (mM)
Replikasi 1	241.891	219.782	22.109	1,843	219.734	22.157	1,853
Replikasi 2	241.891	219.807	22.084	1,838	219.941	21.950	1,810
Replikasi 3	241.891	219.941	21.950	1,810	216.637	22.254	1,873

2. KLT Densitometri

Persamaan regresi $Y = 11581,134 + 2,397x$

Track	Rf	Amount Fraction	Height	Area	
1	0,71	604,48 ng	567,80	13004,75	Standar 1 (1 mM)
2	0,71	1205 ng	636,51	14668,70	Standar 2 (2 mM)
3	0,71	2410 ng	710,73	17464,63	Standar 3 (4 mM)
4	0,72	3615 ng	746,59	20401,29	Standar 4 (6 mM)
5	0,72	4820 ng	782,42	23174,48	Standar 5 (8 mM)
6	0,73	6025 ng	794,88	26382,90	Standar 6 (10mM)

Replikasi	Jambu Merah			Jambu Putih		
	Luas Area	Massa (mg)	Konsentrasi (mM)	Luas Area	Massa (mg)	Konsentrasi (mM)
Replikasi 1	13748,81	4,521	1,560	14317,77	5,705	1,880
Replikasi 2	14693,50	6,492	2,100	14242,26	5,550	1,836
Replikasi 3	14276,86	5,623	1,860	15675,34	6,890	2,280

Perhitungan konsentrasi Jambu Merah

- Replikasi 1

$$13748,81 = 11581,134 + 2,397x$$

$$X = 904,329 \text{ ng dalam } 2 \mu\text{l}$$

$$904,329 \times 10^{-6} \text{ mg} / 2 \times 10^{-3} \text{ ml} = x / 10 \text{ ml}$$

$$X = 4,521 \text{ mg} = 1,560 \text{ mM kuersetin}$$

- Replikasi 2

$$14693,50 = 11581,134 + 2,397x$$

$$X = 1298,44 \text{ ng dalam } 2 \mu\text{l}$$

$$1298,44 \times 10^{-6} \text{ mg} / 2 \times 10^{-3} \text{ ml} = x / 10 \text{ ml}$$

$$X = 6,492 \text{ mg} = 2,100 \text{ mM kuersetin}$$

- Replikasi 3

$$14276,86 = 11581,134 + 2,397x$$

$$X = 1124,62 \text{ ng dalam } 2 \mu\text{l}$$

$$1124,62 \times 10^{-6} \text{ mg} / 2 \times 10^{-3} \text{ ml} = x / 10 \text{ ml}$$

$$X = 5,623 \text{ mg} = 1,860 \text{ mM kuersetin}$$

Perhitungan konsentrasi Jambu Putih

• Replikasi 1

$$14317,77 = 11581,134 + 2,397x$$

$$X = 1141,64 \text{ ng dalam } 2 \mu\text{l}$$

$$1141,64 \times 10^{-6} \text{ mg} / 2 \times 10^{-3} \text{ ml} = x / 10 \text{ ml}$$

$$X = 5,705 \text{ mg} = 1,880 \text{ mM kuersetin}$$

• Replikasi 2

$$14242,26 = 11581,134 + 2,397x$$

$$X = 1110,190 \text{ ng dalam } 2 \mu\text{l}$$

$$1110,190 \times 10^{-6} \text{ mg} / 2 \times 10^{-3} \text{ ml} = x / 10 \text{ ml}$$

$$X = 5,550 \text{ mg} = 1,836 \text{ mM kuersetin}$$

• Replikasi 3

$$15675,34 = 11581,134 + 2,397x$$

$$X = 1378,52 \text{ ng dalam } 2 \mu\text{l}$$

$$1378,52 \times 10^{-6} \text{ mg} / 2 \times 10^{-3} \text{ ml} = x / 10 \text{ ml}$$

$$X = 6,89 \text{ mg} = 2,28 \text{ mM kuersetin}$$

Lampiran 11. Hasil Uji T

a. Sampel Jambu Merah

Group Statistics					
	Kelompok	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Konsentrasi	sensor	3	1.8453	.03219	.01859
	KLT	3	1.8400	.27055	.15620

Independent Samples Test								
		t-test for Equality of Means						
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
							Lower	Upper
Konsentrasi	Equal variances assumed	.034	4	.975	.00533	.15731	-.43142	.44209
	Equal variances not assumed	.034	2.057	.976	.00533	.15731	-.65396	.66462

b. Sampel Jambu Putih

Group Statistics

	Kelompok	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Konsentrasi	sensor	3	1.8453	.03219	.01859
	KLT	3	1.9987	.24463	.14124

Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means						
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
							Lower	Upper
Konsentrasi	Equal variances assumed	-1.076	4	.342	-.15333	.14246	-.54886	.24219
	Equal variances not assumed	-1.076	2.069	.391	-.15333	.14246	-.74703	.44037