

Pengembangan Sensor Kimia Berbasis Strip Tes untuk Deteksi Logam Berat Merkuri pada Sampel Produk Jamu

(Development of Chemical Sensor-based Strip Test for Mercury Detection on Herbal Medicine Product)

Rizqi Amaliyah, Nia Kristiningrum, Indah Purnama Sary

Fakultas Farmasi Universitas Jember

Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

e-mail korespondensi: qiamaliyah@gmail.com

Abstract

The use of plants as a traditional medicine in the modern era is still in high demand. One of the herbs commonly used by Indonesian is analgesic herbal medicine. The safety aspect of herbal medicine should be considered, such as heavy metal contamination. Mercury is the typical heavy metal found in polluting herbal plants. The maximum mercury level allowed in a medicinal preparation has been regulated by BPOM RI, as much as ≤ 0.5 ppm. A high level of mercury contamination causing toxic effects on the body due to protein precipitation, which inhibits enzyme activity and acts as a corrosive material. A technology that allows the detection of mercury is a chemical sensor. The strip test is optimal if the reagent 1-(2-thiazolyl azo)-2-naphthol (TAN) concentration at 1000 ppm and the sample has been confirmed at pH 7. The results of the strip test characterization showed that the response time was in the range of minutes 17 to 24, the use time of the test strips for 28 days if stored in room temperature and 29 days if stored at in refrigerator temperature, linearity with $r = 0.998$, $Vx0 = 3.96\%$, $p\text{-value} = 0.00000172$, $LOD = 0.102$ ppm and $LOQ = 0.306$ ppm, interference value $< 5\%$, precision with $RSD 6.54\%$, and accuracy with the value of % recovery 98.007%. T-test analysis showed $p = 0.872$, meaning no significant difference between the application of TAN-based test strips with the ICP-AES method.

Keywords: Chemical Sensor, Strip test, Hg, TAN, Herbal Medicine (Jamu)

Abstrak

Pemanfaatan tanaman sebagai obat tradisional di era modern masih sangat diminati masyarakat. Salah satu jamu yang diminati oleh masyarakat Indonesia adalah jamu pegal linu. Hal yang harus diperhatikan terkait dengan keamanan jamu yaitu adanya cemaran logam berat, salah satunya merkuri. Kadar maksimal merkuri yang diperbolehkan dalam suatu sediaan jamu telah diatur oleh BPOM RI yaitu sebesar $\leq 0,5$ ppm. Jika melebihi batas tersebut ion merkuri dapat menyebabkan efek toksik pada tubuh karena terjadinya proses presipitasi protein dimana menghambat aktivitas enzim dan bertindak sebagai bahan yang korosif. Salah satu teknologi yang memungkinkan untuk mendeteksi merkuri adalah sensor kimia. Sensor Kimia yang digunakan dalam penelitian ini yaitu strip tes. Strip tes berada pada kondisi optimum jika konsentrasi reagen 1-(2-tiazolilazo)-2-naftol (TAN) 1000 ppm dan sampel telah dipastikan dalam kondisi pH 7. Hasil karakterisasi strip tes menunjukkan bahwa waktu respon berada pada rentang menit ke 17 sampai 24, waktu pakai strip tes selama 28 hari jika disimpan pada suhu ruang dan 29 hari jika disimpan pada suhu lemari es, linieritas dengan $r = 0,998$; $Vx0 = 3,96\%$; $p\text{-value} = 0,00000172$; $LOD = 0,102$ ppm dan $LOQ = 0,306$ ppm; nilai interferensi $< 5\%$; presisi dengan $RSD 6,54\%$; dan akurasi dengan nilai % recovery 98,007 %. Analisis dengan uji T-test menunjukkan $p = 0,872$, yang berarti tidak ada perbedaan signifikan antara aplikasi strip tes berbasis TAN dengan metode ICP-AES.

Kata kunci: Sensor Kimia, Strip Tes, Hg, TAN, Jamu

Pendahuluan

Pemanfaatan tanaman sebagai obat tradisional (jamu) di era modern masih sangat diminati masyarakat karena efek sampingnya yang lebih sedikit dibandingkan obat dari bahan kimia sintetik meskipun memberikan efek yang terlihat lambat. Salah satu jamu yang diminati oleh masyarakat Indonesia adalah jamu pegal linu. Jamu pegal linu biasa digunakan sebagai obat untuk meredakan nyeri, memperlancar siklus peredaran darah, dan memperkuat sistem imun tubuh. Di dalam jamu obat pegal linu terdapat ekstrak tanaman seperti temulawak, jahe, temu ireng, kunyit, kencur, mengkudu, adas, dan merica [1].

Jamu yang baik harus memperhatikan mutu dan keamanan supaya layak dikonsumsi masyarakat. Salah satu yang harus diperhatikan terkait dengan keamanan jamu yaitu adanya cemaran logam berat. Semua logam berat dapat menimbulkan pengaruh negatif dalam tubuh manusia pada batas konsentrasi tertentu. Salah satu logam berat yang ditemukan mencemari tanaman herbal yaitu merkuri. Kadar maksimal merkuri yang diperbolehkan dalam suatu sediaan jamu telah diatur oleh Badan Pengawasan Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM RI) yaitu sebesar $\leq 0,5$ ppm [2]. Jika melebihi batas tersebut ion merkuri dapat menyebabkan efek toksik pada tubuh karena terjadinya proses presipitasi protein dimana menghambat aktivitas enzim dan bertindak sebagai bahan yang korosif.

Salah satu teknologi yang memungkinkan untuk digunakan sebagai pendeteksi merkuri adalah sensor kimia. Sensor kimia merupakan suatu alat analisis (*analytical device*) yang berisi reagen kimia (*chemical material/reagent*) yang dapat bereaksi dengan analit tertentu dalam larutan atau gas sehingga menghasilkan perubahan fisika kimiawi yang dapat dirubah (*physicochemical transducer*) menjadi sinyal elektrik proporsional [3].

Sensor kimia banyak dikembangkan salah satunya dengan menggunakan sinyal fluoresens pada membran sol gel, namun pada metode ini butuh preparasi membran yang sulit, sehingga berdasarkan kelemahan tersebut perlu dikembangkan metode yang lebih praktis lagi

seperti strip tes, dimana metode ini dapat digunakan untuk mengetahui konsentrasi bahan maupun analit dalam sampel serta memberikan kesimpulan yang cepat di samping hemat waktu dan biaya.

Metode strip tes mampu mendeteksi kontaminasi merkuri pada produk jamu dengan cara immobilisasi dengan teknik represipitasi dari reagen 1-(2-tiazolilazo)-2-naftol (TAN), dimana fase pendukung dalam strip tes tersebut menggunakan membran ester selulosa. Pemilihan TAN didasarkan pada penelitian terdahulu bahwa TAN memiliki kemampuan berikatan dengan merkuri dengan membentuk kompleks dan memberikan perubahan warna dari merkuri yang berwarna jingga menjadi ungu hingga merah tua [4].

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES)*, komputer, *hot plate & stirrer*, *hairdryer*, set alat gelas, *ball pipet*, pipet volume (Pyrex®), pipet ukur (Pyrex®), neraca analitik (Sartorius®), pipet mikro (Gilson®), labu ukur (Pyrex®), *scanner (Scanoscan_cannon®)*, botol semprot, vial, *yellow tip*, dan *aluminium foil*

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Aqua bidestillata/pro injectio* (Otsuka/Widatra), membran ester selulosa (Merck – Millipore, Germany®), 1-(2-tiazolilazo)-2-naftol (TAN) (Sigma Aldrich®), standar logam berat merkuri ($\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$) (Merck®), NaOH p.a (Merck®), etanol p.a (Merck®), KH_2PO_4 p.a (Merck®), sampel jamu pegal linu.

Pembuatan Sensor

a. Optimasi Konsentrasi Reagen

Dibuat larutan TAN sebesar 2000 ppm, 1000 ppm dan 500 ppm dalam etanol p.a kemudian diimmobilisasi dengan cara sebanyak 100 μL larutan TAN dilarutkan ke dalam 10 mL air yang distirer dengan kecepatan 1000 rpm selama 1 menit. Campuran larutan dispersi yang terbentuk dilewatkan dalam membran ester selulosa dan dikeringkan.

b. Optimasi Warna (*Red/Green/Blue*)

Didasarkan pada nilai koefisien korelasi (r) antara konsentrasi reagen dengan intensitas warna *mean red*, *mean green*, *mean blue*, *mean RGB* yang memiliki nilai r yang paling mendekati 1.

Pemilihan warna *Red/Green/Blue* dilakukan dengan membandingkan nilai koefisien korelasi (r) masing-masing warna dari konsentrasi reagen 500 ppm, 1000 ppm dan 2000 ppm melalui pembacaan program *ImageJ*.

c. Optimasi pH Analisis

Sensor TAN yang telah dibuat dicelupkan pada larutan merkuri dengan pH 5, 6, 7, 8 yang dikendalikan menggunakan pH meter.

d. Teknik Immobilisasi

Reagen TAN didispersikan dalam pelarut etanol p.a sebanyak 100 μ L ke dalam 10 mL air pada putaran 1000 rpm selama 1 menit. Kemudian dilewatkan membran ester selulosa sampai dihasilkan lapisan reagen kimia pada bagian permukaan membran.

Pembuatan Larutan Merkuri

Sebanyak 16,18 mg $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ dimana setara dengan 10 mg Hg dicampur dan dilarutkan dalam 10 mL aquadest. Lalu diencerkan menjadi beberapa konsentrasi, yaitu 5 ppm, 0,5 ppm, dan 0,1 ppm.

Pembuatan Seri Larutan Dapar Fosfat

Sejumlah tertentu NaOH 0,1 N dicampur dengan KH_2PO_4 0,1 N kemudian diatur pH dengan pH meter digital untuk mendapat seri larutan dapar fosfat pada rentang pH 5 – 8.

Karakterisasi Sensor

a. Waktu Respon

Penentuan waktu respon dilakukan dengan cara mereaksikan reagen TAN yang telah diimmobilisasi ke dalam membran ester selulosa pada merkuri dan dilakukan scanning dengan jangka waktu tertentu. Kemudian hasilnya dianalisis menggunakan pembacaan pada program *imageJ* dengan melihat nilai Δ mean *red* untuk mendapatkan waktu respon yang optimum.

b. Waktu Pakai

Penentuan waktu pakai dari strip tes dilakukan dengan membungkus strip tes menggunakan *aluminium foil* dan disimpan pada *plastic clip* beserta penyerap kelembaban berupa *silica gel*. Tahapan ini dilakukan pada dua kondisi berbeda, yaitu suhu ruang 25 °C dan suhu lemari es 2 - 8 °C. Penentuan waktu pakai dilakukan dengan mengamati respon warna pada strip tes saat diaplikasikan ke dalam konsentrasi logam merkuri setiap hari.

c. Linieritas

Penentuan nilai linieritas dilakukan dengan menggunakan *imageJ* dengan Δ mean RGB yang linier. Tahapannya yaitu dengan mencelupkan strip tes ke dalam variasi rentang konsentrasi 25 – 200 % standar merkuri 0,5 ppm. Parameter yang digunakan untuk mengetahui hubungan linieritas adalah koefisien korelasi (r) pada analisis regresi $y = a + bx$. Hasil dapat dikatakan linier apabila nilai r mendekati 1 [5].

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

Dibuat seri konsentrasi larutan standar logam berat di bawah konsentrasi terkecil dari rentang pengujian linieritas. Program *Validation Method of Analysis* digunakan untuk menganalisis data yang diperoleh sehingga didapatkan kurva linieritas konsentrasi yang sebanding dengan nilai Δ mean RGB dan dihitung nilai LOD dan LOQnya [5].

e. Selektivitas

Pada penelitian ini sampel yang berisi merkuri digunakan sebagai standard untuk membandingkan dengan sampel berisi merkuri dengan campuran timbal dan merkuri dengan campuran kadmium. Masing-masing sampel diberi perlakuan 1:1, 1:10 dan 1:100 selanjutnya dihitung nilai interferensinya [5].

Penentuan selektivitas dilakukan untuk memperoleh hasil perbandingan Δ mean RGB standar merkuri yang telah diberi komponen pengganggu seperti timbal dan kadmium dengan tanpa diberi pengganggu. Metode dikatakan selektif apabila %interferensi < 5%. Perhitungan

nilai selektifitas dapat dilihat pada rumus di bawah ini.

$$\% \text{ Selektivitas} = \frac{(\Delta \text{mean RGB uji} - \Delta \text{mean RGB standar})}{\Delta \text{mean RGB standar}} \times 100 \%$$

f. Presisi

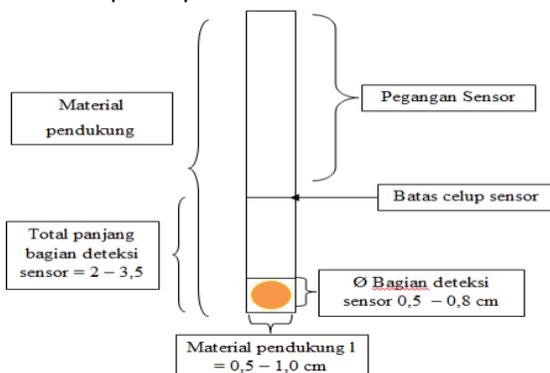
Penentuan presisi dapat ditentukan dengan menghitung nilai Standar Deviasi Relatif (RSD) dari 6 kali pengukuran strip tes yang berbeda.

g. Akurasi

Tahapan ini dilakukan dengan cara menimbang 0,5 g sampel plasebo dengan tiga macam konsentrasi yaitu 80%, 100%, dan 120% lalu ditambahkan standar Hg dan dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL kemudian ditambahkan aquabidest sampai tanda batas. Selanjutnya strip tes dicelupkan ke dalam larutan campuran tersebut dan diamati perubahan warna yang terjadi. Nilai $\Delta \text{mean RGB}$ yang diperoleh dimasukkan ke dalam persamaan regresi sehingga didapatkan konsentrasi merkuri dalam sampel. Selanjutnya ditentukan nilai $\% \text{recovery}$ dengan membandingkan massa logam berat yang diperoleh dengan massa logam berat secara teoritis [5].

Pembuatan Strip Tes

Bagian pegangan digunakan mika plastik yang tidak dapat menyerap cairan dengan ukuran 7,5cm x 0,5cm, dan area deteksi kandungan logam digunakan membran ester selulosa berbentuk lingkaran dengan diameter 0,5 – 0,8cm. Area deteksi direkatkan pada pegangan hingga seluruh permukaan bagian belakang strip tes tertutup sempurna.



Gambar 1 Desain Strip Test

Aplikasi Strip Tes pada Sampel Jamu Pegal Linu

Sampel yang digunakan yakni produk jamu di pasaran, mempunyai nomor ijin edar yang tercantum dalam kemasan, dan klaim untuk jamu pegal linu yang sudah terdaftar di BPOM maupun yang tidak terdaftar di BPOM.

Penetapan Kadar Merkuri pada Jamu Pegal Linu dengan Metode ICP-AES

Ditimbang 1 g sampel jamu kemudian dimasukkan dalam erlenmeyer. Tambahkan 20 mL HNO₃:HClO₄ (2:1) dan didestruksi di *hot plate* hingga jernih. Lalu tambahkan 10 mL air suling, lalu saring di labu 25 mL dan dilakukan penambahan air suling kembali hingga tanda batas. Pada tahap terakhir dilakukan pembacaan dengan alat ICP-AES dengan mengukur nilai absorbansi dari sampel pada panjang gelombang pengukuran 200 nm.

Hasil Penelitian

Optimasi Kondisi Analisis

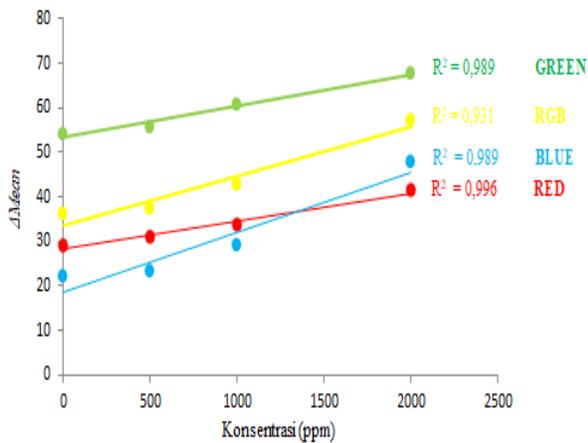
a. Optimasi Konsentrasi Reagen

Pemilihan konsentrasi reagen didasarkan pada intensitas perubahan warna yang diberikan reagen TAN setelah diimmobilisasi. Hasil optimasi dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1. Optimasi Konsentrasi Reagen

	Immobilisasi Reagen	TAN + Hg 0,5 ppm
500 ppm		
1000 ppm		
2000 ppm		

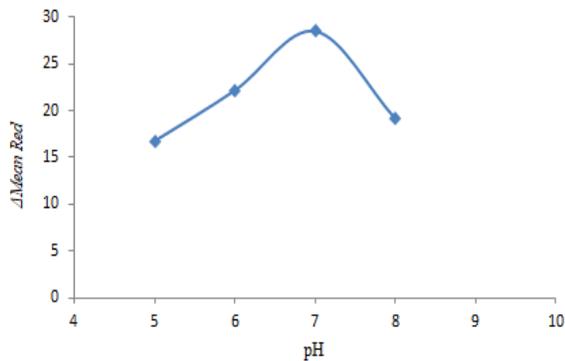
b. Optimasi Pemilihan Warna Red/Green/Blue



Gambar 2 Pembacaan Warna Menggunakan *ImageJ*

Gambar 2 menunjukkan pembacaan *imageJ* di atas maka warna yang terpilih yaitu *red* dengan koefisien korelasi yang paling mendekati 1 yaitu 0,996.

c. Optimasi pH Analisis



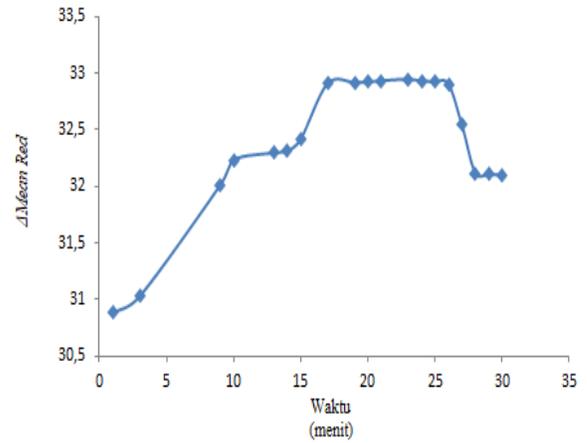
Gambar 3. Kondisi Optimum pH

Berdasarkan gambar di atas dapat disimpulkan bahwa pH berpengaruh terhadap kerja strip tes dengan pH netral yaitu 7, karena pH 7 memiliki nilai $\Delta mean red$ paling tinggi yaitu 28,494.

Karakteristik Sensor

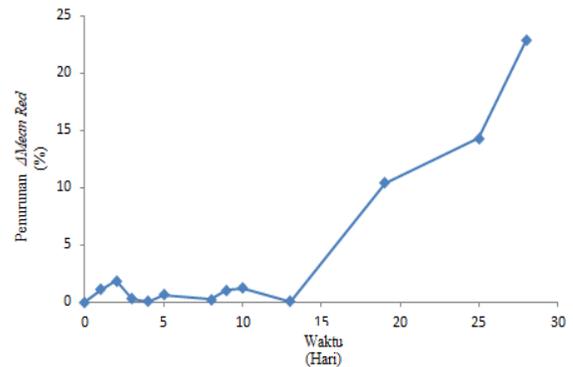
a. Waktu Respon

Hasil pengukuran waktu respon ditunjukkan pada gambar 4.

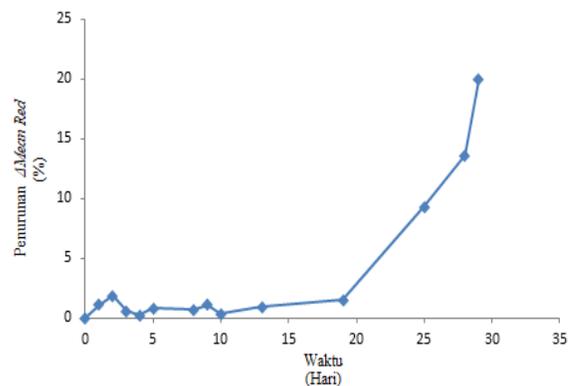


Gambar 4 Grafik Waktu Respon

b. Waktu Pakai



Gambar 5 Waktu Pakai Sensor Pada Suhu Ruang



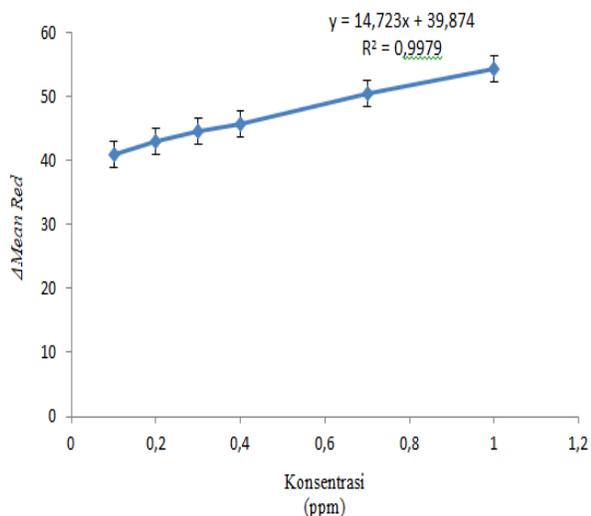
Gambar 6 Waktu Pakai Sensor Pada Suhu Lemari Es

c. Linieritas

Dalam penelitian ini uji linieritas dilakukan melalui 6 konsentrasi standar merkuri pada rentang 0,1 ppm – 1 ppm. Konsentrasi uji terpilih yaitu, 0,1 ppm, 0,3 ppm, 0,4 ppm, 0,5 ppm, 0,6 ppm, dan 1 ppm.

Tabel 2 Hasil Uji Linieritas

Konsentrasi Analit (ppm)	$\Delta Mean Red$	SD (%)
0,1	41,003	0,578
0,2	42,940	0,854
0,3	44,526	0,542
0,4	45,742	0,802
0,7	50,384	0,483
1	54,403	0,050



Gambar 7 Grafik Hubungan Antara Konsentrasi dengan $\Delta Mean Red$

Berdasarkan hasil di atas diperoleh nilai koefisien korelasi (r) 0,998 dan analisis regresi $y = 14,723x + 39,874$. Nilai r tersebut memenuhi parameter adanya hubungan linier dengan nilai koefisien korelasi mendekati 1. Artinya hubungan antara konsentrasi dengan $\Delta mean red$ linieritas di atas memiliki korelasi yang positif, hal ini dikarenakan kenaikan atau penurunan konsentrasi yang berbanding lurus dengan $\Delta mean red$. Nilai r di atas diikuti dengan nilai p -value 0,00000172 dan $Vx0$ 3,96 %. Nilai tersebut

memenuhi parameter dengan syarat nilai p -value $\leq 0,01$ dan $Vx0 < 5\%$. Nilai p -value menunjukkan kesalahan hasil perhitungan merkuri yang didapat peneliti, dengan angka 0,0000017 maka hasil peneliti dapat diterima dan dianggap signifikan.

d. LOD dan LOQ

Tabel 3 Konsentrasi Standar Merkuri dan $\Delta Mean Red$

Konsentrasi Analit (ppm)	$\Delta Mean Red$
0,1	41,003
0,2	42,940
0,3	44,526
0,4	45,742
0,7	50,384
1	54,403

Berdasarkan hasil analisis dengan VMA didapatkan nilai LOD dan LOQ sebagai berikut:
DL value (LOD) : 0,102 ppm
QL value (LOQ) : 0,306 ppm

Dari hasil diatas dapat dinyatakan bahwa nilai batas deteksi analit yaitu 0,102 ppm yang artinya jumlah kadar merkuri terkecil yang masih bisa dideteksi tetapi belum tentu bisa terukur oleh strip tes di dalam sampel jamu yakni 0,102 ppm. Sedangkan nilai batas kuantitasi yaitu 0,306 ppm, dapat diartikan bahwa batas nilai konsentrasi terendah merkuri yang dapat diukur pasti oleh strip tes yakni 0,306 ppm.

e. Selektivitas

Tabel 4 Perbandingan Penambahan Interferensi dan Nilai % Interferensi

Penambahan Interferensi	Perbandingan Konsentrasi (ppm)	Interferensi (%)
Standard Hg		0
Pb (1:1)	0,4 Hg : 0,4 Pb	2,67
Pb (1:10)	0,4 Hg : 4 Pb	2,36
	0,4 Hg : 40 Pb	1,58

Pb (1 : 100)

Cd (1:1)	0,4 Hg : 0,4 Cd	1,29
Cd (1:10)	0,4 Hg : 4 Cd	0,94
Cd (1:100)	0,4 Hg : 40 Cd	4,55

Dari hasil uji selektivitas diperoleh grafik antara $\Delta mean red$ dengan interferensi masing-masing penambahan analit pengganggu. Dapat disimpulkan bahwa sensor memenuhi parameter adanya selektivitas, yaitu < 5% yang artinya sensor selektif untuk pengujian logam berat merkuri dan meskipun terdapat logam berat pengganggu lainnya seperti Pb dan Cd tidak akan mempengaruhi hasil yang diberikan sensor.

f. Presisi

Tabel 5 Nilai RSD Ke-3 Hari yang Berbeda

Presisi Hari Ke-	Nilai RSD (%)
1	6,93
2	6,03
3	6,67
Rata-Rata RSD	6,54%

Berdasarkan hasil di atas diperoleh rata-rata RSD dari ke-3 hari yang berbeda sebesar 6,54%. Presisi menunjukkan kedekatan nilai satu dengan yang lainnya pada hari yang berbeda, nilai RSD berurutan diperoleh 6,93%; 6,03%; 6,67%; semakin dekat nilai RSD hari pertama sampai hari ke tiga maka semakin baik pula nilai RSD yang diperoleh. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai presisi memiliki kedekatan atau keseragaman pengulangan nilai yang baik. Hasil yang didapat dari penelitian ini menunjukkan kesesuaian dengan persyaratan RSD yaitu $\leq 7,3\%$ [6].

g. Akurasi

Penelitian ini dilakukan 3 kali replikasi dan dihitung $\%recovery$ nya dengan menggunakan tiga macam konsentrasi yaitu 80%, 100% dan 120% dari kadar analit. Konsentrasi yang dibuat antara lain 0,04 ppm (80%), 0,5 ppm (100%) dan 0,6 ppm (120%).

Tabel 6 Hasil Rata-Rata % Recovery

Penambahan Analit (%)	% Recovery	Mean	SD	RSD
80	96,263			
100	102,596	98,007%	4,018	4,09%
120	95,163			

Dari data diatas diperoleh hasil $\% recovery$ sama dengan 98,007%. Akurasi menunjukkan ketepatan dan kemiripan nilai antara pengukuran dengan analit yang ditambahkan, semakin dekat nilai antara pengukuran dan analit maka nilai akurasi yang diperoleh semakin baik Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil $\% recovery$ 80 – 120% memiliki rata-rata 98,007% yang mana hasil ini memenuhi parameter kriteria penerimaan akurasi [6].

Pembuatan Strip Tes

Strip tes yang akan digunakan untuk mendeteksi kandungan logam merkuri terdiri dari dua bagian yaitu bagian pegangan dan bagian deteksi, bagian pegangan strip tes digunakan bahan yang tahan terhadap cairan dengan ukuran 6,5 cm x 0,4 cm yang terbuat dari mika plastik, sedangkan bagian deteksi untuk logam digunakan bahan yang terbuat dari membran ester selulosa berbentuk lingkaran dengan diameter 0,5 – 0,8 cm. Bagian deteksi direkatkan menggunakan *doubletape* pada pegangan hingga merekat sempurna.

Penetapan Kadar Merkuri dalam Jamu Pegal Linu Menggunakan Strip Tes

Tahap terakhir penelitian ini setelah dilakukan validasi metode analisis adalah penerapan metode analisis strip tes terhadap sampel jamu lain yakni NRL, YST, SBT dan IPL. Untuk mengetahui konsentrasi merkuri dalam jamu, dilakukan penetapan kadar sampel jamu dengan strip tes yang telah tervalidasi.

Tabel 7 Penetapan Kadar Sampel Jamu

Nama Sampel	Konsentrasi Hasil Percobaan (ppm)
IPL	0,315
NRL	-0,155 (Tidak terdeteksi Hg)

SBT	-0,006 (Tidak terdeteksi Hg)
YST	0,017

Analisa Data

Pada penelitian ini dilakukan analisis data dengan metode uji T berpasangan (*Paired Sampe T-Test*) untuk mengetahui apakah sensor kimia yang digunakan dapat diterapkan atau tidak. Analisis data T-test diperoleh dari perbandingan penentuan kadar menggunakan strip tes dengan ICP-AES.

Tabel 8 Perbandingan Penetapan Kadar Menggunakan Strip Tes dan ICP-AES

Nama Sampel	Strip Tes (ppm)	ICP-AES (ppm)	Hasil Analisa T-test
IPL	0,315	0,048	0,498
YST	0,017	0,016	

Kemudian dilakukan uji *T-test* dari hasil pembacaan kedua metode di atas. Hasil uji *T-test* diperoleh nilai P ($T \leq t$) sebesar 0,498 sehingga dapat dikatakan jika hasil nilai *T-test* $> 0,05$ maka data hasil perbandingan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Pembahasan

Penelitian diawali dengan mencari optimasi kondisi analisis, seperti hasil pada table 1. Perubahan warna yang paling optimum (perubahan warna dari jingga ke merah keunguan) ditunjukkan oleh konsentrasi 1000 ppm. Sedangkan pada konsentrasi 500 ppm perubahan warna yang dihasilkan berupa warna jingga tua, dan pada konsentrasi 2000 ppm perubahan warna yang dihasilkan yaitu merah kecoklatan. Hal ini disebabkan karena pada konsentrasi 2000 ppm reagen TAN terlalu pekat sehingga perubahan warna yang terjadi lebih gelap tidak seperti yang diharapkan, dan pada konsentrasi 500 ppm tidak menunjukkan perubahan warna yang signifikan.

Selain itu, optimasi juga dilakukan terhadap pemilihan warna. Berdasarkan pembacaan *imageJ* pada gambar 1 maka warna yang terpilih yaitu *red* dengan koefisien korelasi yang paling mendekati 1 yaitu 0,996. Hal ini berkaitan dengan perubahan warna yang diinginkan dalam penelitian yaitu merah keunguan. Pada optimasi pH, yang berpengaruh terhadap kerja strip tes adalah pH netral yaitu 7, karena pH 7 memiliki nilai $\Delta mean red$ paling tinggi yaitu 28,494.

Karakteristik sensor diukur dengan beberapa indikator. Pembacaan sensor dengan *imageJ* dimulai pada menit ke-17 hingga menit ke-24. Setelah itu sensor sudah mengalami penurunan waktu respon. Jadi, apabila dilakukan pembacaan setelah menit ke-24 maka hasilnya sudah tidak valid atau tidak dapat dipercaya. Hasil karakteristik sensor juga menunjukkan sensor hanya dapat digunakan selama 28 hari jika disimpan pada suhu ruang (25 °C) dan 29 hari jika disimpan pada suhu lemari es (2 – 8 °C), selebihnya sensor akan mengalami penurunan kualitas dan tidak dapat digunakan kembali karena hasil yang diperoleh tidak valid.

Mengacu pada Gambar 7 semakin tinggi nilai konsentrasi standar merkuri maka semakin tinggi pula nilai $\Delta mean red$ nya, hal tersebut disebabkan oleh perubahan warna yang diberikan konsentrasi yang lebih tinggi menghasilkan intensitas warna lebih tinggi pula yaitu merah keunguan.

Strip tes yang akan digunakan untuk mendeteksi kandungan logam merkuri terdiri dari dua bagian yaitu bagian pegangan dan bagian deteksi, bagian pegangan strip tes digunakan bahan yang tahan terhadap cairan dengan ukuran 6,5 cm x 0,4 cm yang terbuat dari mika plastik, sedangkan bagian deteksi untuk logam digunakan bahan yang terbuat dari membran ester selulosa berbentuk lingkaran dengan diameter 0,5 – 0,8 cm.

Tahap akhir penelitian ini adalah validasi hasil pengukuran. Hasil penelitian terlihat bahwa konsentrasi merkuri dalam sampel jamu IPL, NRL, SBT dan YST berturut-turut sebesar 0,315; -0,155; -0,006; 0,017. Nilai minus (-) pada pengujian diatas menunjukkan bahwa sampel

jamu tersebut tidak mengandung merkuri di dalamnya. Dan dilanjutkan dengan analisis data. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil penetapan kadar dengan menggunakan strip tes dan ICP-AES tidak memiliki perbedaan, sehingga strip tes ini dapat diterapkan dalam pengujian kadar logam berat merkuri pada produk jamu.

Simpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa pengembangan sensor kimia berbasis strip tes untuk deteksi logam berat merkuri (Hg) berada pada kondisi optimum konsentrasi reagen TAN 1000 ppm dan sampel dipastikan dalam kondisi pH 7.

Hasil karakterisasi strip tes menunjukkan bahwa waktu respon berada pada rentang menit ke 17 sampai 24, waktu pakai strip tes selama 28 hari jika disimpan pada suhu ruang dan 29 hari jika disimpan pada suhu lemari es. Linieritas dengan $r = 0,998$; $V_{x0} = 3,96 \%$; $p\text{-value} = 0,00000172$, $LOD = 0,102$ ppm dan $LOQ = 0,306$ ppm, nilai interferensi kurang dari 5 %, presisi dengan $RSD 6,54 \%$, dan akurasi dengan nilai % *recovery* 98,007 %. Analisis data menunjukkan bahwa data hasil perbandingan antara aplikasi strip tes berbasis TAN dengan metode *Inductively Coupled Plasma–Atomic Emission Spectrometry* (ICP-AES) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Daftar Pustaka

- [1] Husna OL, dan Hanifah A. 2015. Analisa kandungan logam berat timbal, kadmium, dan merkuri dalam produk jamu pegal linu yang beredar di kota pekanbaru. *Jom Fmipa*. 2(1):130–135.
- [2] BPOMRI. 2017. Statistik Semua Produk BPOM.
- [3] Kuswandi B. 2010. Sensor kimia: teori, praktek dan aplikasi. Jember: Jember University Press.
- [4] Kuswandi B, Vaughan AA, dan Narayanaswamy R. 2001. Simple regression model using an optode for the simultaneous determination of zinc and cadmium mixtures in aqueous samples. *Analytical sciences : the international journal of the Japan Society for Analytical Chemistry*. 17(1) : 181–186
- [5] Harmita. 2004. Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya, *Maj Ilmu Kefarmasian*, 1(3):127.
- [6] Huber L. 2007. Validation and Qualification in Analytical Laboratories, Second Edition. Edisi 2nd. Boca Raton: CRC Press.