

Analisis Kualitatif Uji Strip Sildenafil Sitrat dengan Kombinasi Beberapa Reagen dalam Membran Kertas Selulosa

(Qualitative Analysis of Test Strip for Sildenafil Citrate with Some Combinations Reagen in Cellulosa Paper Membran)

YESSY GLADIANI SUTRISNO, SISKA KHOIRUNNISA, DIANI SRI AGUSTIEN,
EVA KARYATI, NABILA FASYA, HENDRI WASITO*

¹Jurusan Farmasi, Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan (FIKES), Universitas Jenderal Soedirman (UNSOED)
Jl. Soeparno, Purwokerto 53123

Diterima 16 Mei 2017, Disetujui 12 Juli 2017

Abstrak: Sildenafil sitrat banyak digunakan untuk mengatasi disfungsi ereksi pada pria. Permintaan yang cukup tinggi di masyarakat mengakibatkan banyaknya pemalsuan obat tersebut, sehingga diperlukan metode analisis untuk mengetahui keaslian obat tersebut. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mengembangkan serta mengevaluasi kinerja produk uji strip untuk analisis kualitatif senyawa sildenafil sitrat. Penelitian terdiri dari beberapa tahap yaitu preparasi larutan stok dan reagen serta uji positif terhadap senyawa sildenafil sitrat. Reagen yang optimum kemudian diimobilisasi dalam kertas selulosa dan dibuat menjadi produk uji strip. Evaluasi kinerja produk yang dilakukan berupa uji kualitatif, uji reproduksibilitas, spesifisitas dan waktu respon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa membran produk uji strip yang optimum terdiri dari reagen tembaga sulfat dan natrium bikarbonat (2:1); ammonium feri sulfat hexahidrat dan tembaga asetat (1:3); natrium sulfat, tembaga asetat dan feri amonium sulfat (2:1:1) serta reagen merkuri asetat dan tembaga sulfat (2:1). Produk uji strip yang dihasilkan memiliki kemampuan dalam mengidentifikasi sildenafil sitrat secara spesifik dengan tingkat reproduksibilitas yang baik dengan lama waktu respon kurang dari sepuluh detik. Uji strip yang dikembangkan dapat digunakan sebagai alat deteksi awal keaslian tablet obat kuat pria dengan kandungan sildenafil sitrat yang lebih praktis dan cepat.

Kata kunci: sildenafil, imobilisasi, selulosa, strip, kualitatif.

Abstract: Sildenafil citrate was widely used to treat erectile dysfunction in men. The high demand of this drug, influence of counterfeit drugs. Therefore, it is required an analytical method to determine the authenticity of this drug. The aims of this research were to develop and evaluate of strip test for sildenafil citrate identification. Research was conducted by preparation of solution and choosing the appropriate reagent for sildenafil citrate. The optimum reagents were immobilized in cellulose paper followed by manufactured into strip test. Product performance was evaluated by evaluating several test in termed of qualitative, reproducibility, specificity and response time. The results showed that the optimum membrane product was consisted of copper sulfate and sodium bicarbonate (2:1); ammonium ferric sulfate hexahydrate and copper acetat (1:3); sodium sulfate, copper acetate and ammonium ferrite sulfate (2:1:1) and mercury acetate and copper sulfate (2:1) reagents. The strip test had a capability in specific identify of sildenafil citrate with a good reproducibility and less than ten seconds for time response. The strip test developed could be used as an early detection tool for the authenticity of a sildenafil citrate tablet which more rapid.

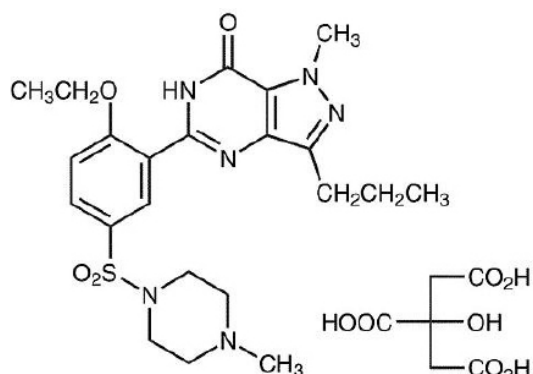
Keywords: sildenafil, immobilization, cellulose, strip, qualitative.

* Penulis korespondensi, Hp: 085647793250
e-mail: hendri.apt@gmail.com

PENDAHULUAN

SILDENAFIL sitrat atau 1-[3-(6,7-dihydro-1-methyl-7-oxo-3-propyl-1H-pyrazolo[4,3-d]pyrimidine-5-yl)4ethoxyphenyl]sulfonil]-4-methylpiperazine citrate (Gambar 1) merupakan senyawa sintetik yang mempunyai efek menambah waktu relaksasi otot polos penis sehingga dapat mengatasi disfungsi ereksi pada pria. Mekanisme ereksi pada penis terjadi dengan pelepasan senyawa *nitric oxide* dibagian *corpus cavernosum* pada penis. *Nitric oxide* akan mengaktifkan enzim guanilat siklase yang menyebabkan peningkatan senyawa siklik guanosin monofosfat (cGMP) dan selanjutnya akan melebarkan pembuluh darah di sekitar *corpus cavernosum* sehingga darah dapat mengalir ke penis. cGMP dapat didegradasi oleh enzim fosfodiesterase-5 (PDE5) sehingga sildenafil sitrat bekerja dengan menghambat enzim tersebut sehingga proses ereksi dapat berlangsung lebih lama⁽¹⁾. Penggunaan sildenafil sitrat secara berlebihan dan tidak tepat dapat menyebabkan penurunan tekanan darah secara drastis sehingga pasien dapat mengalami penurunan kesadaran⁽²⁾.

Efek sildenafil sitrat yang biasanya digunakan sebagai obat kuat pria dengan berbagai merek dagang dapat berlangsung dengan cepat, sehingga penggunaanya cukup tinggi di masyarakat. Permintaan yang cukup tinggi di masyarakat mengakibatkan banyaknya pemalsuan obat tersebut dan hal ini diperparah dengan menjamurnya pedagang obat secara online dan ilegal di masyarakat. Untuk mengetahui keaslian obat kuat yang berisi sildenafil sitrat yang beredar di masyarakat, diperlukan analisis secara kimiawi dengan berbagai metode analisis. Beberapa metode analisis sildenafil sitrat yang telah dilaporkan diantaranya adalah *high pressure liquid chromatography* (HPLC)^(3,4), spektrofotometri⁽⁵⁾, analisis elektrokimia^(6,7), dan *liquid chromatography coupled mass spectrophotometric* (LC/MS/MS)⁽⁸⁾. Namun metode-metode tersebut membutuhkan



Gambar 1. Struktur kimia senyawa sildenafil sitrat.

keahlian khusus dalam operasionalnya serta instrumen analisis yang cukup mahal. Metode yang cukup sederhana berupa analisis kualitatif berupa *color spot test* telah dilakukan menggunakan reagen spesifik serta karakterisasi titik leleh dan metode kromatografi lapis tipis (KLT)⁽⁹⁾. Metode analisis kualitatif tersebut tidak praktis karena reagen yang digunakan berbentuk larutan sehingga cenderung tidak stabil serta analisis tersebut harus dilakukan di laboratorium dengan proses preparasi sampel yang tidak sederhana.

Teknik analisa kualitatif yang lebih sederhana dan lebih mudah dalam proses analisa yang berkembang saat ini yaitu uji strip. Uji strip mengandung reagen spesifik yang diimobilisasi dalam suatu membran yang akan bereaksi dengan sampel sehingga memberikan perubahan warna yang mudah untuk diamati. Teknik pembuatan uji strip dapat dilakukan dengan cara imobilisasi melalui adsorpsi kedalam membran⁽¹⁰⁾. Membran yang digunakan pada umumnya adalah polisulfon, polietersulfon, polivinilidin fluorida, poliakrilonitril, kertas selulosa, selulosa bakteri, poliamida, poliester keton, dan sebagainya⁽¹¹⁾. Proses identifikasi atau deteksi metode uji strip dapat berlangsung karena adanya reaksi antara sampel dengan reagen yang terimobilisasi di dalam membran. Penggunaan uji strip dalam mengidentifikasi obat sudah dikembangkan, diantaranya untuk identifikasi adanya obat-obatan golongan narkotika seperti metamfetamin, kodein, morfin, kokain dan metadon⁽¹²⁾. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan serta menguji kinerja uji strip untuk analisis tablet sildenafil sitrat. Uji strip yang dikembangkan dapat digunakan sebagai alat deteksi awal keaslian tablet obat kuat pria dengan kandungan sildenafil sitrat yang lebih praktis, cepat dan mudah untuk dilakukan.

BAHAN DAN METODE

BAHAN. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sildenafil sitrat yang diekstraksi dari tablet (Viagra, Pfiser), asam klorida 37% (Merck), *aquadest*, etanol 96% (Merck), asam sulfat pekat (Merck), feri amonium sulfat hexahidrat (Merck), natrium bikarbonat (Merck), natrium karbonat (Merck), natrium sulfat (Merck), tembaga sulfat (Merck), merkuri asetat (Merck), merkuri klorida (Merck), asam nitrat (Merck), reagen barfoed, reagen nash, reagen gries dan kertas saring Whatman no 4.

Alat. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Spektroskopi UV-Vis (Cecil), *hotplate*, neraca analitis, *magnetic stirrer*, kamera (SONY 8 MP), software analisis ImageJ®, dan alat-alat gelas laboratorium.

METODE. Preparasi Larutan Stok Sildenafil Sitrat dan Reagen Analisis Kualitatif. Pembuatan larutan stok dilakukan menggunakan senyawa sildenafil sitrat yang diekstraksi dari tablet sildenafil sitrat 100 mg. Tablet digerus kemudian dilarutkan dalam 100 mL aqua destilata lalu dihomogenkan. Larutan tablet sildenafil selanjutnya disentrifugasi dengan kecepatan 600 rpm selama 20 menit untuk memisahkan filtrat dan supernatan. Filtrat yang didapatkan dituang ke dalam labu ukur untuk disimpan menjadi larutan stok. Sampel larutan stok dikonfirmasi kebenaran senyawanya dengan menggunakan spektrofotometri UV untuk memastikan bahwa senyawa yang terekstraksi adalah sildenafil sitrat. Konfirmasi senyawa dilakukan dengan pengukuran profil serapan UV pada panjang gelombang 200 hingga 400 nm. Profil spektra yang didapatkan dibandingkan dengan profil spektra sildenafil sitrat pada sumber referensi standar⁽¹³⁾. Reagen untuk analisis kualitatif yang digunakan dalam penelitian ini yaitu terbuat dari beberapa campuran tembaga sulfat, tembaga asetat, natrium bikarbonat, natrium sulfat, natrium nitrit, merkuri asetat, merkuri klorida, ferri amonium sulfat heksahidrat dan pereaksi nash.

Uji Positif dan Optimasi Reagen Analisis Kualitatif. Uji positif reagen dilakukan dengan membandingkan perubahan warna yang terjadi dari reaksi antara larutan reagen dengan larutan stok sildenafil sitrat. Dilakukan perbandingan warna larutan sebelum dan sesudah ditambahkan reagen, apabila ditemukan perubahan warna maka reagen tersebut dikategorikan memberikan respon positif terhadap sampel. Kemudian reagen yang menunjukkan respon positif tersebut akan dilanjutkan tahap optimasi reagen. Optimasi reagen dilakukan untuk mengetahui respon perubahan warna yang terbaik dari reagen spesifik yang telah direaksikan dengan larutan stok sildenafil sitrat. Optimasi dilakukan dengan melihat intensitas perubahan warna reagen yang diuji. Masing-masing reagen divariasikan perbandingan komposisi atau rasio campuran reagen. Selanjutnya dilakukan pencatatan data dan dokumentasi berupa perubahan warna. Intensitas perubahan warna dilakukan skoring secara visual, interpretasi optimasi reagen yang optimal apabila pengukuran secara visual menunjukkan skoring tertinggi.

Imobilisasi Reagen dan Pembuatan Produk Uji Strip. Proses imobilisasi reagen dilakukan secara adsorpsi. Proses adsorpsi dilakukan dengan cara memotong membran kertas selulosa atau Whatman No. 4 dengan ukuran 0,5x0,5 cm kemudian dimasukkan dalam masing-masing reagen yang optimal untuk proses adsorpsi dengan lama perendaman 3 jam hingga seluruh reagen

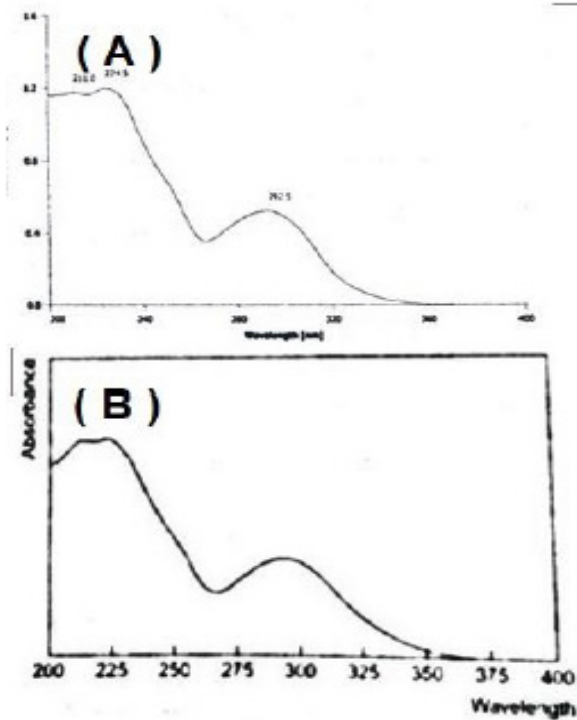
dapat terserap ke dalam membran tersebut. Setelah direndam, membran kemudian dikeringkan dengan oven 40 °C. Masing-masing membran yang telah kering kemudian disusun dan ditempelkan pada kertas sehingga menghasilkan produk uji strip. Setiap produk uji strip terdiri dari beberapa membran yang masing-masing berisi reagen terimobilisasi yang berbeda.

Evaluasi Kinerja dari Produk Uji Strip. Evaluasi kinerja uji strip yang dilakukan meliputi kemampuan dalam mendeteksi larutan uji atau uji kualitatif, spesifitas, reproduibilitas dan waktu respon uji strip. Uji kualitatif dilakukan dengan mencelupkan produk uji strip yang sudah dibuat ke dalam larutan stok sildenafil sitrat dan diamati perubahan warna dari reagen yang sudah diimobilisasi ke dalam membran dalam produk uji strip tersebut. Uji spesifitas produk uji strip dilakukan dengan menguji produk uji strip terhadap senyawa obat yang berbeda yaitu sulfadiazin dan metformin sehingga dapat dibandingkan respon perubahan warna reagen pada produk uji strip terhadap senyawa obat lain. Reproduibilitas produk uji strip dilakukan dengan membandingkan perubahan warna tiga produk uji strip yang sudah dibuat terhadap larutan stok sildenafil sitrat. Sedangkan waktu respon produk uji strip dilakukan untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk memberikan respon perubahan warna setelah dicelupkan terhadap larutan stok sildenafil sitrat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Preparasi Larutan Stok Sildenafil Sitrat. Hasil konfirmasi larutan stok sildenafil sitrat yang diekstraksi dari tablet menggunakan metode spektrofotometer UV menunjukkan bahwa larutan stok yang digunakan menunjukkan profil serapan atau spektra yang sama dengan sumber referensi standar⁽¹³⁾ dengan puncak serapan berada pada panjang gelombang 292 nm (Gambar 2). Profil spektra yang mirip atau sama menggambarkan informasi secara kualitatif yang dapat dilakukan dengan spektrofotometri. Pengukuran pada panjang gelombang 200 hingga 400 nm dipilih karena merupakan spektrum ultra violet^(14,15).

Hasil Uji Positif dan Optimasi Reagen Analisis Kualitatif. Reagen analisis kualitatif dibuat dari beberapa pereaksi atau bahan kimia baik dalam bentuk tunggal maupun campuran kemudian dilakukan pengujian respon positif terhadap larutan stok sildenafil sitrat (Tabel 1). Hasil uji respon positif reagen menunjukkan bahwa dari 12 larutan reagen yang dibuat, ada empat reagen yang memberikan respon positif terhadap larutan stok sildenafil sitrat yaitu larutan campuran tembaga sulfat dan natrium bikarbonat; merkuri asetat dan tembaga sulfat;



Gambar 2. Profil serapan UV larutan stok yang mengandung sildenafil sitrat yang diekstraksi dari sediaan tablet (A) dan profil serapan UV sildenafil sitrat dari referensi buku standar (B).

natrium sulfat, tembaga asetat dan feri amonium sulfat; serta feri amonium sulfat dan tembaga asetat. Uji positif reagen dilakukan dengan pengamatan respon perubahan warna reagen terhadap sampel larutan stok atau berdasarkan prinsip metode *Basic Test Programme*⁽¹⁶⁾.

Reagen campuran larutan tembaga sulfat dan natrium bikarbonat menunjukkan perubahan warna dari biru tua menjadi biru muda. Reaksi yang terjadi yaitu antara tembaga sulfat dengan gugus sulfonamid dari sildenafil sitrat. Gugus sulfonamid terhidrolisis pada suasana basa akibat natrium bikarbonat sehingga terjadi serangan nukleofilik yang memberikan warna hijau atau biru. Reagen campuran larutan feri amonium sulfat dan tembaga asetat menunjukkan perubahan warna dari hijau tua menjadi hijau muda. Reaksi yang terjadi yaitu reaksi oksidasi dari feri amonium sulfat dan tembaga sulfat setelah dicampurkan dengan larutan sildenafil sitrat sehingga menunjukkan perubahan warna hijau, hijau kekuningan atau kuning. Reagen campuran larutan natrium sulfat, tembaga asetat dan feri amonium sulfat menunjukkan perubahan warna dari hijau daun menjadi hijau kekuningan. Reaksi yang terjadi yaitu endapan kompleks antara tembaga dengan sulfat pada suasana basa setelah dicampurkan dengan larutan sildenafil sitrat sehingga terbentuk warna kekuningan. Sedangkan reagen campuran larutan merkuri asetat dan tembaga sulfat menunjukkan

Tabel 1. Perubahan warna hasil pengujian beberapa reagen terhadap larutan stok sildenafil sitrat.

No	Reagen	Hasil Pengamatan		Interpretasi hasil
		Sebelum	Sesudah	
1	Natrium nitrit pekat	Bening	Bening	Negatif
2	Pereaksi Barfoeds	Bening	Bening	Negatif
3	Pereaksi Gries	Kuning	Kuning	Negatif
4	Mercuri clorida	Bening	Bening	Negatif
5	Tembaga sulfat + Na.bikarbonat	Biru toska	Biru navy	Positif
6	Natrium nitrit + Tembaga Asetat	Hijau	Hijau	Negatif
7	Merkuri asetat + Tembaga sulfat	Hijau tua	Kuning	Positif
8	Amonium feri sulfat heksahidrat + Na.bikarbonat	Abu-abu	Abu-abu	Negatif
9	Natrium sulfat + Tembaga Asetat + feri amonium sulfat	Hijau toska	Hijau daun	Positif
10	Tembaga sulfat	Biru	Biru	Negatif
11	Amonium feri sulfat heksahidrat + Tembaga Asetat	Endapan	Endapan	Positif
12	Kalium Permanganat + Tembaga Asetat	Bening	Bening	Negatif

perubahan warna kuning tua menjadi kuning muda agak keruh. Reaksi yang terjadi yaitu antara merkuri asetat dan tembaga sulfat dengan gugus fenileter pada sildenafil sitrat sehingga menunjukkan warna kuning atau orange kekuningan^(9,17).

Optimasi reagen dilakukan terhadap empat reagen yang menunjukkan respon positif dengan memvariasikan rasio komponen reagen (Tabel 2). Hasil optimasi reagen menunjukkan bahwa konsentrasi yang memberikan perubahan warna optimum yaitu reagen dengan campuran larutan tembaga sulfat dan natrium bikarbonat dengan perbandingan (2:1), reagen campuran larutan amonium feri sulfat dan tembaga asetat perbandingan (1:3), reagen campuran larutan natrium sulfat, tembaga asetat dan feri amonium sulfat perbandingan (2:1:1) serta reagen campuran larutan merkuri klorida dan natrium nitrit dengan

Tabel 2. Optimasi konsentrasi reagen yang bereaksi positif dengan larutan sildenafil sitrat.

Tembaga sulfat+ Natrium bikarbonat	Amonium feri sulfat+Tembaga asetat	Natrium sulfat+Tembaga asetat+feri amonium sulfat	Merkuri klorida+ natrium nitrit
1:1	1:1	1:1:1	1:1
(+)	(+)	(+)	(++)
1:2	1:2	1:2:1	1:2
(+++)	(++++)	(+++)	(+++)
2:1	2:1	2:1:1	2:1
(+++++)	(+++)	(++++)	(+++++)
1:3	1:3	1:1:2	1:3
(++++)	(+++++)	(+)	(+++)
3:1	3:1	-	3:1
(+)	(+)		(+)

Keterangan:

(+): Skor 1; (++): Skor 2; (+++): Skor 3; (++++): Skor 4; (+++++): Skor 5

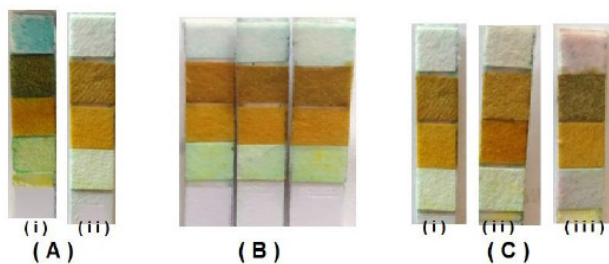
Semakin banyak skor positif (+) menunjukkan intensitas warna yang teramati semakin besar.

perbandingan (2:1).

Hasil Immobilisasi Reagen dan Pembuatan Produk Uji Strip. Immobilisasi reagen dilakukan secara adsorpsi pada membran berupa kertas selulosa dengan konsentrasi reagen optimum hingga dihasilkan produk uji strip dengan tiap strip terdiri atas empat jenis reagen yang berbeda. Produk uji strip tersusun dengan urutan membran pertama reagen amonium feri sulfat dan tembaga asetat yang menghasilkan warna akhir biru tua, membran kedua berisi reagen natrium sulfat, amonium feri sulfat dan tembaga asetat dengan warna hijau kekuningan, selanjutnya membran ketiga berisi reagen tembaga sulfat dan natrium bikarbonat yang berwarna jingga dan membran keempat berisi reagen merkuri asetat dan tembaga sulfat dengan warna kuning tua. Adsorben atau membran yang memiliki permukaan yang luas, maka adsorpsinya juga akan semakin besar. Sifat adsorpsi pada permukaan zat padat sangat aktif dan sangat selektif. Makin besar konsentrasi, suhu dan tekanan maka akan semakin besar pula adsorpsinya dan selanjutnya berhenti setelah seluruh bidang muka adsorben telah jenuh⁽¹⁸⁾.

Hasil Evaluasi Kinerja dari Produk Uji Strip. Produk uji strip dikatakan layak digunakan untuk mengidentifikasi suatu senyawa dapat dilihat dari kinerja produk tersebut ketika digunakan. Pengujian kinerja produk uji strip yang dilakukan berupa uji kualitatif ketika digunakan untuk mendeteksi larutan stok sildenafil sitrat, reproduibilitas, spesifisitas dan waktu respon. Evaluasi dilakukan dengan mencelupkan produk uji strip dalam larutan stok sildenafil sitrat dengan konsentrasi 1 mg/mL dan dilakukan pengamatan hasil perubahan warna yang terjadi (Gambar 3).

Evaluasi kinerja analisis kualitatif berupa perubahan warna yang ditunjukkan produk uji strip ketika larutan stok sildenafil sitrat diteteskan ke permukaan uji strip diketahui sebagai berikut, membran strip pertama menghasilkan perubahan



Gambar 3. Hasil uji evaluasi kinerja produk uji strip. Produk uji strip sebelum (i) dan setelah (ii) diuji dengan larutan stok sildenafil sitrat (A); uji presisi tiga produk uji strip setelah direaksikan dengan larutan stok sildenafil sitrat (B); Uji spesifisitas produk uji strip setelah di celupkan kedalam larutan stok sildenafil sitrat (i), larutan sulfadiazin (ii) dan larutan metformin (iii) (C).

warna menjadi biru muda, membran kedua terjadi perubahan warna menjadi kuning tua, membran strip ketiga menjadi kuning muda dan membran keempat mengalami perubahan warna menjadi hijau muda. Berdasarkan hasil uji perubahan warna menunjukkan bahwa produk uji strip berhasil mengidentifikasi senyawa sildenafil sitrat dengan respon berupa perubahan warna yang mudah untuk diamati. Uji reproduibilitas terhadap tiga produk uji strip yang dibuat pada waktu berbeda memberikan respon berupa perubahan warna yang sama ketika diuji dengan larutan stok sildenafil sitrat. Reproduibilitas merupakan salah satu parameter yang menjadi acuan dalam analisis suatu senyawa kimia yang menunjukkan tingkat presisi suatu hasil pengukuran dari alat analisis. Pengujian reproduibilitas dari sebuah alat analisis dapat dilakukan dengan melakukan satu series pengukuran dengan tempat atau waktu yang berbeda⁽¹⁴⁾. Waktu respon dari produk uji strip didapatkan hasil bahwa produk dapat memberikan respon perubahan warna dalam waktu kurang dari sepuluh detik setelah dicelupkan dalam larutan sampel yang mengandung sildenafil sitrat. Hasil ini cukup baik dibandingkan waktu respon produk uji strip yang telah dikembangkan untuk senyawa lainnya untuk deteksi senyawa analgesik, dimana waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan respon perubahan warna secara gradual selama tiga hingga lima menit⁽¹⁹⁾. Pengujian spesifisitas dilakukan pada senyawa lain seperti sulfadiazin dan metformin yang memiliki beberapa gugus fungsi yang serupa dengan senyawa sildenafil sitrat yaitu gugus sulfonamid, fenil eter dan amina tersier. Hasil uji spesifisitas menunjukkan bahwa terjadi perubahan warna yang berbeda dari produk uji strip setelah direaksikan dengan sildenafil, sulfadiazin dan metformin sehingga dapat disimpulkan bahwa produk uji strip mampu mendeteksi keberadaan sildenafil secara selektif.

SIMPULAN

Produk uji strip senyawa sildenafil sitrat telah berhasil dikembangkan dengan menggunakan reagen yang diimmobilisasi dalam membran kertas selulosa. Membran produk uji strip terdiri dari reagen tembaga sulfat dan natrium bikarbonat (2:1); ammonium feri sulfat hexahidrat dan tembaga asetat (1:3); natrium sulfat, tembaga asetat dan feri amonium sulfat (2:1:1) serta reagen merkuri asetat dan tembaga sulfat (2:1). Produk uji strip yang dihasilkan memiliki kinerja berupa kemampuan dalam identifikasi, presisi, spesifisitas yang baik dengan lama waktu respon kurang dari sepuluh detik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan pendanaan dalam penelitian ini melalui program penelitian kreativitas mahasiswa. Selain itu juga kepada Jurusan Farmasi, Fakultas Ilmu-ilmu Kesehatan, Universitas Jenderal Soedirman yang telah memberikan dukungan dan fasilitas dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Pandey A, Parikh P. Detection of sildenafil citrate from aphrodisiac herbal formulations. *Int J Pharm Sci Res.* 2015.6(9):4080.
- Smeltzer SC, Bare BG. Buku ajar keperawatan medikal bedah Brunner dan Suddarth (Alih bahasa oleh Agung Waluyo,dkk). Ed. 8 Vol. 1&2). Jakarta: EGC; 2002.
- Daraghme N, Al-Omari M, Badwan AA, Jaber AM. Determination of sildenafil citrate and related substances in the commercial products and tablet dosage form using HPLC. *J Pharm Biomed Anal.* 2001.25(3-4):483-92.
- Tripathi AS, Sheikh I, Dewani AP, Shelke PG, Bakal RL, Chandewar AV, *et al.* Development and validation of RP-HPLC method for sildenafil citrate in rat plasma-application to pharmacokinetic studies. *Saudi Pharm J SPJ.* 2013.21(3):317-21.
- Issa YM, El-Hawary WF, Youssef AFA, Senosy AR. Spectrophotometric determination of sildenafil citrate in pure form and in pharmaceutical formulation using some chromotropic acid azo dyes. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc.* 2010.75(4):1297-303.
- Frag EYZ, Mohamed GG, Alelaiwi HMS. Electroanalytical determination of sildenafil in Viagra tablets using screen-printed and conventional carbon paste electrodes. *J Electroanal Chem.* 2011.659(2):121-7.
- Tyszczuk K, Korolczuk M. Voltammetric method for the determination of sildenafil citrate (Viagra) in pure form and in pharmaceutical formulations. *Bioelectrochemistry Amst Neth.* 2010.78(2):113-7.
- Tseng M-C, Lin J-H. Determination of sildenafil citrate adulterated in a dietary supplement capsule by LC/MS/MS. *J Food Drug Anal.* 2002.10(2).
- Awofisayo O, Awofisayo O, Eyen N. Development of basic tests for sildenafil citrate and sildenafil citrate tablet. *J Clin Med Res.* 2010.2(11):175-9.
- Yusof NA, Rashid K. Development of optical test strip for rapid determination of trace arsenic using immobilized galloxyanine. *Asian J Chem.* 2009. 21(3):1747.
- Wenten IG. Teknologi membran industrial. Tek Kim ITB Bdg. 1999.
- Nurrohmah S, Mita SR. Review artikel : Analisis bahan kimia obat (BKO) dalam jamu menggunakan strip indikator. *Farmaka.* 2017.15(2):200-6.
- Moffat AC, Osselton MD, Widdop B, Watts J. Clarke's analysis of drugs and poisons. Vol. 3. Pharmaceutical press London; 2011.
- Hansen S, Pedersen-Bjergaard S, Rasmussen K. Introduction to pharmaceutical chemical analysis. John Wiley & Sons; 2011.
- Wasito H, Buranaphalin S, Sratthaphut L, Suntornsuk L, Wilairat P, Phechkrajang CM. Comparison of mean centering of ratio spectra based spectrophotometric approach and HPLC method for quantitative determination of pirenixine in the presence of methylparaben and propylparaben.
- World Health Organization. Basic tests for pharmaceutical dosage forms. World Health Organization; 1991.
- Patnaik P. Handbook of inorganic chemicals. Vol. 529. McGraw-Hill New York; 2003.
- Iwata H, Saito K, Furusaki S, Sugo T, Okamoto J. Adsorption characteristics of an immobilized metal affinity membrane. *Biotechnol Prog.* 1991.7(5):412-8.
- Dirgantara VS, Zulfikar Z, Andarini N. Identifikasi kualitatif bahan analgesik pada jamu menggunakan prototype tes strip. *Berk Sainstek.* 2014.2(1):42-8.