

Analysis of Mercury and Hydroquinone Content in Online Facial Whitening Creams Using Atomic Absorption Spectrophotometer and High-Performance Liquid Chromatography

Analisis Kandungan Merkuri dan Hidrokuinon dalam Krim Pemutih Wajah Daring Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom dan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi

Mimin Kusmiyati ^{a*}, Elvi Tronovani ^a, Agus Sulaeman ^b, Laila Musyarrofah ^a, Hani Sri Fitriani ^a, Enung Nur Khotimah ^a and Surya Bin Mirta ^a

^aDiploma III Pharmacy Study Program, Poltekkes Kemenkes Bandung, West Java, Indonesia.

^bDiploma IV Nutrition Study Program, Poltekkes Kemenkes Bandung, West Java, Indonesia.

*Corresponding Authors: mimin.kusmiyati@gmail.com

Abstract

The skin is the outermost organ of the human body and plays an important protective and physiological role. Currently, fair skin is often regarded as a beauty standard desired by both men and women. Mercury and hydroquinone are active ingredients commonly used in whitening products due to their ability to inhibit melanin formation; however, their use can cause serious toxic effects. This study aimed to determine the presence of mercury and hydroquinone qualitatively and quantitatively in facial whitening creams sold online in Bandung City. Samples showing positive results were further analyzed quantitatively to determine their concentrations. For mercury analysis, samples were digested using a microwave digestion method to eliminate organic substances. The color reaction test for mercury employed KI 0.5 N, HCl 6 M, and NaOH 2 N reagents. Based on qualitative testing, samples labeled D and N were positive for mercury. Quantitative determination of mercury was conducted using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) at a wavelength of 253.7 nm. For hydroquinone analysis, qualitative color tests were carried out using FeCl₃ 5%, phenanthroline, and Benedict reagents, while quantitative analysis was performed using High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). Of the 17 samples tested, two (D and N) contained mercury at concentrations of $2,776 \pm 0,036 \mu\text{g/g}$ and $4,277 \pm 0,021 \mu\text{g/g}$, respectively, and two others (E and H) contained hydroquinone 2,3745% and 2,4798%.

Keywords: Content, HPLC, Hydroquinone, Mercury, AAS.

Abstrak

Kulit merupakan organ terluar dari tubuh, dan berperan penting bagi tubuh. Saat ini kulit putih merupakan keinginan bagi setiap pria dan wanita. Merkuri dan hidrokuinon merupakan bahan – bahan yang memiliki mekanisme kerja untuk memutihkan kulit, namun memiliki efek berbahaya pada penggunaannya. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui adanya merkuri dan hidrokuinon secara kualitatif dan kuantitatif, pada krim pemutih wajah yang beredar secara online di Kota Bandung. Analisis merkuri sampel didestruksi menggunakan destruksi gelombang mikro untuk menghilangkan zat – zat organik. Uji tetes warna merkuri dilakukan dengan menggunakan pereaksi KI 0,5 N, HCl 6 M, dan NaOH 2 N. Berdasarkan hasil uji kualitatif merkuri, didapatkan pada sampel dengan kode D dan N positif mengandung merkuri. Analisis kuantitatif merkuri dilakukan dengan menggunakan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang 253,7 nm. Analisis kualitatif hidrokuinon uji tetes warna dilakukan dengan menggunakan pereaksi FeCl₃ 5 %, fenantrolin, dan Benedict. Berdasarkan hasil uji kualitatif merkuri, didapatkan pada sampel dengan kode E dan H positif mengandung hidrokuinon. Analisis kuantitatif hidrokuinon dilakukan

dengan menggunakan instrumen Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT). Dari 17 Sampel didapatkan hasil bahwa 2 sampel mengandung merkuri dan 2 sampel mengandung hidrokuinon. Sampel dengan kode D dan N positif mengandung merkuri dengan kadar $2,776 \pm 0,036 \mu\text{g/g}$ and $4,277 \pm 0,021 \mu\text{g/g}$, dan sampel dengan kode E dan H positif mengandung hidrokuinon dengan kadar 2,3745% dan 2,4798%.

Kata Kunci: Hidrokuinon, Kadar, KCKT, Merkuri, SSA.



Copyright © 2020 The author(s). You are free to : **Share** (copy and redistribute the material in any medium or format) and **Adapt** (remix, transform, and build upon the material) under the following terms: **Attribution** — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use; **NonCommercial** — You may not use the material for commercial purposes; **ShareAlike** — If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original. Content from this work may be used under the terms of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\) License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Article History:

Received:10/11/2025,
Revised:27/01/2026
Accepted:27/01/2026,
Available Online :31/01/2026.

QR access this Article



<https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v9i1.1176>

Pendahuluan

Kulit merupakan organ terluar tubuh yang berperan penting sebagai indera peraba, pelindung, serta benteng pertahanan pertama terhadap lingkungan luar [1]. Perkembangan teknologi perawatan kulit dan menjamurnya klinik kecantikan di Indonesia mendorong banyak orang untuk menjaga dan memperbaiki kondisi kulitnya, terutama karena kulit putih dan cerah menjadi dambaan, khususnya bagi wanita [2]. Warna kulit sendiri dipengaruhi oleh jenis dan jumlah melanin yang disintesis dalam tubuh [3].

Krim pemutih merupakan sediaan kosmetik yang mengandung kombinasi bahan kimia aktif maupun senyawa alami yang berfungsi untuk mencerahkan kulit melalui mekanisme penghambatan pembentukan melanin [4]. Penggunaan krim pemutih pada area wajah bertujuan untuk meningkatkan kecerahan kulit, menyamarkan hiperpigmentasi, serta memperbaiki penampilan kulit agar tampak lebih cerah dan merata [5]. Meningkatnya minat masyarakat terhadap kulit yang cerah mendorong penggunaan berbagai jenis produk kosmetik, termasuk krim pemutih yang umumnya diformulasikan dari campuran zat kimia atau bahan aktif tertentu sehingga berperan dalam mencerahkan kulit [6].

Beberapa zat aktif yang umum digunakan dalam formulasi krim pemutih, seperti hidrokuinon, arbutin, asam retinoat, asam askorbat, asam kojat, asam azaleat, dan niasinamid, bekerja dengan menghambat aktivitas enzim tirosinase sehingga menurunkan produksi melanin [7]. Kombinasi berbagai bahan tersebut berperan dalam mencerahkan kulit, menyamarkan hiperpigmentasi, serta menjaga warna kulit agar tampak lebih merata dan cerah [8].

Berdasarkan laporan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) pada tahun 2022, tercatat sebanyak 1.541 kasus peredaran kosmetik ilegal di Indonesia, di mana 13 produk di antaranya mengandung merkuri. Mengacu pada Peraturan BPOM Nomor 23 Tahun 2019 mengenai persyaratan teknis bahan kosmetika, merkuri termasuk dalam daftar zat yang dilarang penggunaannya dalam produk kosmetik. Sementara itu, penggunaan hidrokuinon dibatasi hanya untuk keperluan kuku artifisial, dengan konsentrasi maksimum sebesar 0,02% setelah pencampuran [9].

Hidrokuinon dan merkuri adalah agen depigmentasi yang menghambat enzim tirosinase untuk mengurangi melanin [10]. Penggunaan hidrokuinon yang berlebihan dapat menimbulkan toksisitas serius seperti kerusakan organ, kejang, hingga koma, dan berpotensi karsinogenik [11]. Hidrokuinon memiliki potensi toksisitas yang dapat menimbulkan efek samping serius, antara lain kerusakan hati dan ginjal, gangguan darah, mual, nyeri perut, kejang, hingga koma. Hasil uji toksisitas akut pada hewan percobaan seperti tikus, mencit, dan kelinci menunjukkan bahwa senyawa ini dapat menyebabkan reaksi toksik yang signifikan [12].

Merkuri berfungsi sebagai agen pencerah kulit dengan mekanisme menghambat pembentukan melanin melalui kompetisi dengan ion tembaga (Cu^{2+}) pada enzim tirosinase, sehingga aktivitas enzim tersebut menjadi terinaktivasi [13]. Senyawa merkuri anorganik dapat diserap melalui lapisan epidermis, kelenjar keringat, kelenjar sebacea, serta folikel rambut, dan paparan yang berulang dapat menimbulkan efek toksisitas akut maupun kronis pada jaringan kulit dan organ tubuh lainnya [14].

Penelitian oleh Rohaya, 2017 [15] menemukan bahwa seluruh dari 10 sampel krim pemutih mengandung merkuri dengan kadar antara 3,52 $\mu\text{g/g}$ hingga 5349,47 $\mu\text{g/g}$. Sementara itu Rejeki & Pramiasuti, 2022 [16] menemukan seluruh sampel positif mengandung hidrokuinon dalam kadar yang melebihi batas aman yaitu mulai dari 1,735% hingga 12,896%. Temuan ini menunjukkan bahwa produk kosmetik yang beredar masih banyak yang mengandung bahan berbahaya dan melanggar ketentuan yang ditetapkan oleh BPOM.

Evaluasi keamanan kosmetik memerlukan metode analisis yang memiliki sensitivitas dan selektivitas tinggi terhadap berbagai bahan berbahaya. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) banyak digunakan dalam penetapan logam berat seperti merkuri karena kemampuannya mendeteksi logam dengan tingkat akurasi dan presisi yang baik [17]. Sementara itu, Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT) merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis senyawa organik seperti hidrokuinon, karena pemisahan senyawa serta ketelitian yang tinggi pada matriks kosmetik yang kompleks [18]. Penerapan kedua metode tersebut secara simultan menunjukkan evaluasi yang lebih komprehensif terhadap kandungan logam berat dan senyawa organik dalam krim pemutih wajah, sehingga memberikan data yang lebih valid sebagai dasar penilaian keamanan produk kosmetik.

Analisis kadar kandungan merkuri dan hidrokuinon dalam krim pemutih wajah yang dipasarkan secara daring menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT) untuk memperoleh data yang valid sebagai dasar penilaian terhadap keamanan dan kepatuhan produk kosmetik terhadap standar yang berlaku.

Metode Penelitian

Sampel dalam penelitian yaitu krim pemutih wajah yang diperoleh dari platform penjualan *online*. Jumlah sampel yang dianalisis sebanyak 17 buah, masing-masing diberi kode identifikasi berupa huruf A hingga Q.

Bahan kimia yang digunakan dalam proses analisis meliputi: merkuri klorida (*EMSURE*), asam nitrat (HNO_3) pekat (*Merck*), air injeksi (*Water for Injection*), asetonitril (*LiChrosolv*), asam klorida (HCl) pekat (*Merck*), natrium borohidrida (NaBH_4) (*Merck*), natrium hidroksida (NaOH) (*Merck*), hidrokuinon standar (*Eastman*), metanol (*LiChrosolv*), hidrogen peroksida 30%, akuades, Water One (*One Lab*), pereaksi *Benedict*, larutan FeCl_3 5%, fenantrolin, kalium iodida (KI) 0,5N, HCl 6M, dan NaOH 2N.

Validasi Metode Analisis

Linearitas

Linearitas dilakukan untuk memastikan bahwa respon instrumen menunjukkan hubungan yang proporsional terhadap konsentrasi analit. Pada analisis merkuri, kurva baku diperoleh dari hasil pengukuran absorbansi beberapa larutan standar dengan rentang konsentrasi tertentu [19]. Data tersebut kemudian digunakan untuk menentukan nilai koefisien korelasi, kemiringan (*slope*), dan tetapan regresi. Prinsip yang sama diterapkan pada analisis hidrokuinon dengan memplot luas area puncak terhadap konsentrasi larutan standar. Nilai koefisien korelasi yang mendekati satu menunjukkan jika metode memiliki linearitas yang baik dan sesuai dengan prinsip respon linier instrumen terhadap konsentrasi analit [20].

Batas Deteksi dan Batas Kuantifikasi

Batas deteksi (*Limit of Detection*, LoD) dan batas kuantifikasi (*Limit of Quantitation*, LoQ) ditentukan untuk menilai tingkat kepekaan metode analisis terhadap konsentrasi analit yang rendah. Parameter ini dihitung secara statistik berdasarkan hasil regresi linier dari kurva kalibrasi dengan mempertimbangkan simpangan baku residual. Nilai LoD menunjukkan konsentrasi terkecil yang masih dapat terdeteksi oleh sistem instrumen, sedangkan LoQ menunjukkan konsentrasi terkecil yang masih dapat diukur secara kuantitatif dengan tingkat ketelitian dan keandalan yang memadai. Penentuan kedua batas ini penting untuk

menjamin kemampuan metode dalam mendeteksi dan mengukur analit pada konsentrasi rendah secara akurat [20].

Akurasi

Akurasi dilakukan untuk menilai kedekatan hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya. Pada analisis merkuri, pengujian dilakukan menggunakan metode penambahan baku standar (*standard addition method*). Sampel hasil destruksi dianalisis sebelum dan sesudah penambahan larutan standar, kemudian dihitung persentase perolehan kembalinya. Sedangkan pada analisis hidrokuinon digunakan metode simulasi dengan penambahan larutan standar pada krim plasebo yang tidak mengandung hidrokuinon, diikuti proses ekstraksi menggunakan metanol dan analisis dengan kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT). Persentase perolehan kembali yang mendekati 100% menunjukkan bahwa metode memiliki tingkat akurasi yang baik dan dapat diandalkan.

Presisi

Presisi dilakukan untuk menilai ketelitian serta kemampuan metode dalam mengidentifikasi analit secara selektif. Presisi diuji dengan mengukur larutan standar sebanyak enam kali replikasi, kemudian dihitung simpangan baku dan persen simpangan baku relatif (RSD) untuk menilai keterulangan hasil pengukuran. Nilai RSD yang rendah menandakan bahwa metode memiliki presisi yang tinggi [21].

Spesifisitas

Spesifisitas dilakukan dengan menyuntikkan larutan sampel ke dalam sistem KCKT untuk memastikan bahwa puncak kromatogram yang muncul merupakan senyawa hidrokuinon dan terpisah dengan baik dari komponen lain dalam matriks sampel.

Analisis Merkuri

Sampel seberat 0,200 gram ditimbang dan dimasukkan ke dalam tabung kuarsa, kemudian ditambahkan asam nitrat pekat sebanyak 3 mL serta hidrogen peroksida 30% sebanyak 1 mL. Tabung kemudian ditutup dan dibiarkan selama 15 menit agar reaksi berlangsung sempurna sebelum dilakukan proses destruksi. Setelah proses destruksi, larutan diencerkan dengan 20 mL air deionisasi, bagian dalam serta penutup tabung dibilas, dan larutan disaring menggunakan kertas saring Whatman no.1. Filtrat yang diperoleh dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan ditambahkan air deionisasi hingga mencapai volume akhir. Larutan hasil destruksi tersebut selanjutnya dianalisis menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

Uji Kualitatif

Sebanyak 1 mL sampel hasil destruksi dipipet dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Selanjutnya, pada tabung pertama ditambahkan 1-2 tetes larutan KI 0,5 N [22]. Pada tabung kedua ditetesi 1-2 tetes larutan NaOH [23]. Sedangkan pada tabung ketiga ditambahkan 1-2 tetes larutan HCl 6 M [24]. Kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan ditambahkan dengan air deionisasi hingga tanda batas. Hasil proses destruksi kemudian diinjeksikan ke dalam SSA.

Uji Kuantitatif

Larutan induk merkuri 1000 ppm disiapkan dengan menimbang merkuri sebanyak 0,1354 gram dan melarutkannya dalam 75 mL aquadest serta 1 mL asam nitrat pekat di dalam beaker glass, kemudian diaduk hingga homogen. Larutan tersebut dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Selanjutnya, larutan induk diencerkan dalam labu ukur 100 mL untuk memperoleh larutan baku 500 ppb [25].

Pembuatan kurva kalibrasi, larutan baku 500 ppb dipipet masing-masing sebanyak 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL, dan 12 mL ke dalam enam labu ukur 100 mL, sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 10 ppb hingga 60 ppb. Larutan standar kalibrasi, HCl 3%, dan larutan NaBH₄ 0,2% (yang telah dilarutkan dalam NaOH 0,05%) disiapkan, kemudian instrumen *Cold Vapor Atomic Absorption Spectrophotometry* (CVAAS) diaktifkan dan dioptimalkan pada panjang gelombang 253,73 nm. Larutan standar dihubungkan ke instrumen untuk memperoleh nilai absorbansi dan persamaan garis kalibrasi ($R^2 > 0,995$), kemudian larutan sampel hasil destruksi dianalisis pada kondisi instrumen yang sama untuk menentukan kadar merkuri dalam sampel.

Analisis Hidrokuinon metode Kualitatif

Sebanyak 1,00 gram sampel ditimbang dan ditempatkan pada plat tetes. Selanjutnya, setiap sampel ditetesi dengan 3 tetes larutan FeCl_3 5%. Uji berikutnya dilakukan dengan menambahkan 3 tetes pereaksi Benedict pada sampel. Terakhir, 3 tetes larutan o-fenantrolin ditetaskan pada sampel [26].

Analisis Hidrokuinon metode Kuantitatif

Optimasi fase gerak dibuat dalam kondisi isokratik dan waktu 10 menit dengan berbagai macam pelarut dan berbagai fase gerak:

Tabel 1. Komposisi dan Perbandingan Fase Gerak

No	Komposisi	Perbandingan
1	Metanol:Aquadest	55:45
2	Asetonitril:Aquadest	20:80
3	Asetonitril:Metanol	90:10

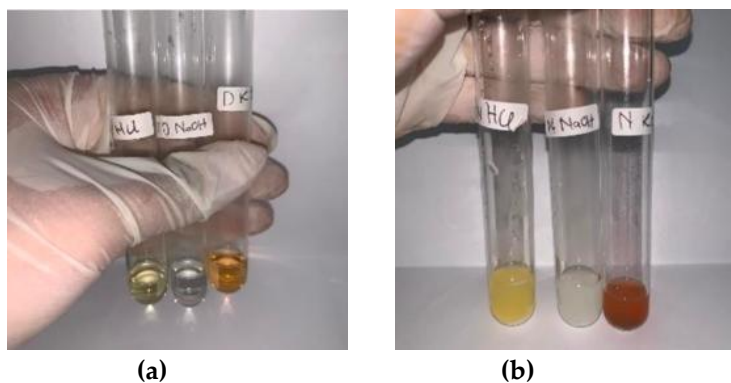
Larutan baku hidrokuinon dibuat dalam konsentrasi 100 ppm. Kurva kalibrasi disusun dengan menyiapkan larutan pada konsentrasi 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm, dan 60 ppm. Larutan standar tersebut kemudian diinjeksi ke dalam instrumen Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT) dengan panjang gelombang maksimum, laju alir 0,7 mL/menit, dan volume injeksi 20 μL .

Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan dengan menyiapkan larutan 50 ppm yang berasal dari pengenceran 5 mL larutan baku 100 ppm ke dalam labu ukur 10 mL, kemudian dilakukan pemindaian spektrum serapan pada rentang panjang gelombang 200-400 nm menggunakan spektrofotometri UV-Vis.

Analisis hidrokuinon dalam sampel, sebanyak 0,500 gram sampel ditimbang dan dimasukkan ke dalam tabung sentrifugasi, lalu ditambahkan 10 mL metanol. Campuran tersebut divorteks selama 1 menit, dipanaskan dalam *waterbath* pada suhu 60°C selama 15 menit, lalu didinginkan pada suhu ruang. Larutan dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL, diencerkan dengan metanol hingga batas volume, kemudian dikocok hingga homogen. Larutan disentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 15 menit, disaring menggunakan membran filter 0,2 μm , dan hasil filtrat diinjeksi ke dalam KCKT dengan kondisi optimum. Data yang diperoleh dianalisis lebih lanjut untuk menghitung kadar hidrokuinon.

Hasil dan Pembahasan

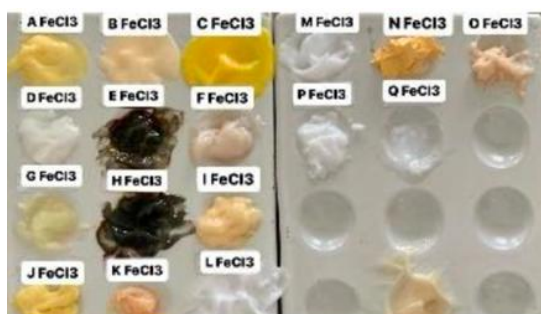
Penelitian diawali dengan tahap destruksi, yang bertujuan menghilangkan interferensi dari ion-ion lain yang dapat memengaruhi akurasi analisis. Selain itu, efisiensi destruksi secara kuantitatif dilaporkan meningkat sebesar 5-7% [27]. Analisis kualitatif terhadap kandungan merkuri dilakukan menggunakan uji tetes warna dengan pereaksi HCl 6M, NaOH 2N, dan KI 0,5 N.



Gambar 1. Hasil Uji Tetes Warna (a) Sampel D, dan (b) Sampel N

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada **Gambar 1**, merkuri akan bereaksi dengan ion iodida membentuk endapan merah jingga dari HgI_2 , yang dapat larut kembali dalam kelebihan ion iodida membentuk kompleks larut $[\text{HgI}_4]^{2-}$ [28]. Hasil uji menunjukkan bahwa sampel dengan kode D dan N

memberikan reaksi positif terhadap pereaksi KI, yang mengindikasikan keberadaan merkuri dalam kedua sampel tersebut. Analisis kualitatif terhadap kandungan hidrokuinon dalam sampel dilakukan melalui uji tetes warna dengan menggunakan beberapa pereaksi spesifik, yaitu larutan FeCl_3 5%, larutan *Benedict*, dan pereaksi fenantrolin.



Gambar 2. Hasil Uji Tetes Warna Setiap Sampel Menggunakan Pereaksi FeCl_3

Pereaksi FeCl_3 5% digunakan sebagai reagen warna yang bersifat spesifik untuk mendeteksi keberadaan hidrokuinon dalam sampel. Setelah direaksikan dengan FeCl_3 , sampel akan menunjukkan perubahan warna menjadi hijau kehitaman terdapat pada **Gambar 2**, yang mengindikasikan terbentuknya kompleks antara hidrokuinon dan ion Fe^{3+} (Ruchiyat et al., 2023). Kompleks tersebut dibentuk melalui interaksi antara ion Fe^{3+} dan gugus -OH fenolik yang terdapat pada struktur hidrokuinon. Gugus -OH fenolik ditandai dengan adanya gugus hidroksil yang terikat langsung pada cincin aromatik. Resonansi elektron yang terjadi pada cincin benzena menyebabkan hidrokuinon memiliki reaktivitas tinggi terhadap pembentukan kompleks [30].



Gambar 3. Hasil Uji Tetes Warna Setiap Sampel Menggunakan Pereaksi *Benedict*

Analisis terhadap hidrokuinon dengan menggunakan pereaksi *Benedict* terdapat pada **Gambar 3**. dilakukan melalui mekanisme reaksi redoks, proses reduksi dan oksidasi secara simultan [31]. Hasil positif ditandai dengan perubahan warna sampel menjadi merah kehitaman. Perubahan warna tersebut dianggap sebagai indikator keberadaan gugus fenol dalam sampel [32].



Gambar 4. Hasil Uji Tetes Warna Setiap Sampel Menggunakan Pereaksi Fenantrolin

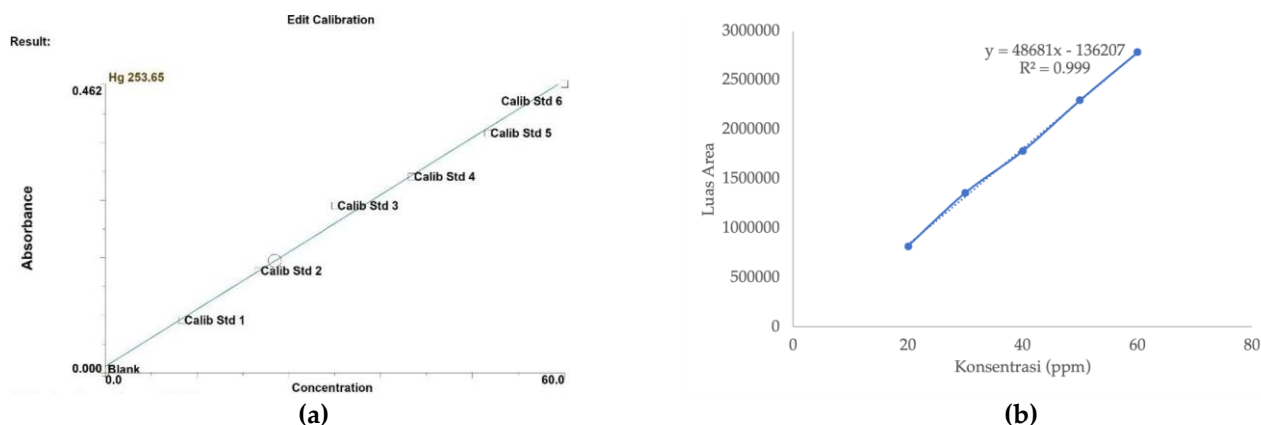
Sampel direaksikan dengan pereaksi fenantrolin yang terdapat pada **Gambar 4**. sehingga terbentuk kompleks Fe(II)-fenantrolin. Reaksi yang berlangsung merupakan reaksi redoks, hidrokuinon bertindak sebagai reduktor yang mereduksi ion besi (III) menjadi besi (II). Ion besi (II) yang terbentuk kemudian berikatan dengan fenantrolin membentuk kompleks berwarna merah. Kompleks berwarna merah tersebut dianggap sebagai indikator positif terhadap keberadaan hidrokuinon dalam sampel, karena hanya senyawa reduktor seperti hidrokuinon yang mampu mereduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} dalam kondisi tersebut [33]. Berdasarkan hasil uji kualitatif, sampel krim pemutih berkode E dan H menunjukkan hasil positif mengandung hidrokuinon

Tabel 2. Hasil Uji Kesesuaian Sistem Standar Hidrokuinon

Replikasi	RT	Area	Tinggi	N Plates	Rs	TF	k'
1	3,815	1,789,904	127244	1,904,385	1,838	0,887	0,465
2	3,790	1,770,249	129938	1,937,925	4,113	0,908	0,464
3	3,795	1,757,710	132662	2,082,772	3,244	0,932	0,459
4	3,819	1,760,300	130327	1,987,948	3,893	0,918	0,462
5	3,797	1,758,330	130379	1,990,352	3,868	0,911	0,467
Rata-Rata	3,803	1,767,299	130110	1,980,676	3,391	0,911	0,463
SD	0,010	13611,27	1928,45	(-)	(-)	(-)	(-)
RSD (%)	0,34	0,77	1,48	(-)	(-)	(-)	(-)
Syarat	RSD < 2%	RSD < 2%	RSD < 2%	> 1000	> 2	< 2	2–10
Hasil	MS	MS	MS	MS	MS	MS	–

Uji Kesesuaian sistem pada **Tabel 2**. bertujuan untuk menjamin jika metode yang digunakan dapat menghasilkan akurasi dan presisi yang dapat diterima sehingga menunjukkan jika sistem kromatografi dapat digunakan [34]. Berdasarkan data yang dihasilkan Waktu Retensi atau *Retention of Time* standar hidrokuinon dengan nilai RSD < 2 %, yaitu 0,34 % memenuhi syarat. Luas area dan tinggi puncak juga memiliki nilai RSD < 2 %. Nilai RSD luas area sebesar 0,77 %, dan RSD tinggi puncak 1,48 % memenuhi syarat. Hal ini menandakan jika hasil yang didapatkan mendapatkan nilai presisi atau kedekatan pengukuran kuantitas terhadap nilai yang sebenarnya.

Jumlah plat teoritis menunjukkan seberapa banyak jumlah puncak yang terdapat didalam tiap unit KCKT. Hasil yang di dapatkan 1980,676 yang menandakan jika jumlah plat teoritis sudah memasuki nilai keberterimaan sebesar >1000. Resolusi yang didapatkan dari 5 replikasi pengujian didapatkan nilai resolusi >2 yaitu 3,391. *Tailing factor* atau faktor simetri yang didapatkan yaitu 0,991 dengan syarat nilai *tailing factor* <2 ini menandakan jika pemisahan antara dua komponen atau puncak cukup baik. Faktor kapasitas merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk melihat seberapa baik molekul dalam sampel tertahan oleh kolom selama pemisahan dengan hasil yang didapatkan 0,463.



Gambar 5. Persamaan Regresi (a) Standar Merkuri dan (b) Standar Hidrokuinon

Linearitas dilakukan dengan mengencerkan larutan baku induk, kemudian dilakukan pengenceran secara serial terhadap larutan baku induk. Hasil menunjukkan persamaan regresi linear yang terdapat pada **Gambar 5a**. standar merkuri $y = 0,00763x + 0,01030$ dengan nilai R^2 yaitu 0,996937 dan **Gambar 5b**. standar hidrokuinon $y = 48681x - 136207$ dengan nilai R^2 yaitu 0,999 yang menandakan terdapat hubungan yang

proporsional antara respon analitik (absorbansi) terhadap konsentrasi yang diukur, dikarenakan nilai koefisien korelasi (r) mendekati 1 [35].

Tabel 3. Hasil Uji Batas Deteksi dan Batas Kuantifikasi Standar Merkuri

No	Konsentrasi (ppb)	Absorbansi (y_i)	y	$(y-y_i)^2$
1	9,661	0,084	0,08401343	1,80365E-10
2	20,071	0,1634	0,16344173	1,74139E-09
3	33,676	0,2672	0,26724788	2,29249E-09
4	39,777	0,3137	0,31379851	9,70422E-09
5	48,935	0,3836	0,38367405	5,4834E-09
6	59,231	0,4621	0,46223253	1,75642E-08
Rata-rata		0,279	Total	3,69661E-08
$S(y/x)^2$	9,24152E-09			
$S(y/x)$	9,61328E-05			
LoD	0,0378 ppb			
LoQ	0,1260 ppb			

Hasil analisis nilai batas deteksi konsentrasi merkuri sebesar 0,0378 ppb dan batas kuantifikasi merkuri sebesar 0,1260 ppb terdapat pada **Tabel 3**. Nilai tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri terendah dalam sampel masih dapat terdeteksi oleh alat SSA pada kadar 0,0378 ppb. Apabila kadar merkuri dalam sampel berada di bawah nilai tersebut, maka SSA tidak mampu mendeteksi keberadaan senyawa merkuri dalam sampel. Berdasarkan hasil data, didapatkan nilai konsentrasi batas deteksi hidrokuinon sebesar 0,0144 ppm, dan nilai konsentrasi batas kuantifikasi hidrokuinon sebesar 0,0480 ppm. Hal ini menunjukkan jika konsentrasi analit terendah pada sampel yang mengandung hidrokuinon, dapat dideteksi oleh KCKT pada konsentrasi 0,0144 ppm.

Tabel 4. Hasil Uji Presisi Standar Merkuri 35 ppb

No	Konsentrasi (ppb)	Absorbansi
1	37,32	0,295
2	37,37	0,295
3	36,55	0,289
4	37,21	0,294
5	37,02	0,293
6	36,02	0,285
Rata-rata	36,915	0,2918
SD	0,5298	0,0040
RSD	1,43%	1,38%

Hasil analisis presisi merkuri menunjukkan nilai *Relative Standard Deviation* (%RSD) sebesar 1,43% dan 1,38% terdapat pada **Tabel 4**. Analisis nilai *Relative Standard Deviation* (%RSD) sebesar 1,83 % dan 1,97 % untuk Hidrokuinon. Nilai yang didapatkan masih berada di bawah batas yang dipersyaratkan (<2%) [36], sehingga metode yang digunakan memiliki presisi yang baik dan hasil pengukuran yang konsisten.

Tabel 5. Hasil Uji Akurasi Metode Penambahan Baku Merkuri

Sampel	Konsentrasi Uji (ppb)	Absorbansi	Konsentrasi Terukur (ppb)	Konsentrasi Adisi (ppb)	% Recovery	Rata-rata % Recovery
30 (D1)	0	-1,285	0,209	26,08	91,21	91,00
	0,001	-1,243	0,207	25,77	90,04	
	0	-1,309	0,210	26,22	91,76	
35 (N4)	0,141	17,11	0,354	45,07	79,88	79,87
	0,142	17,27	0,352	44,85	78,80	
	0,141	17,13	0,357	45,45	80,91	
40 (N4)	0,141	17,11	0,352	44,78	69,17	68,76
	0,142	17,27	0,351	44,70	68,57	
	0,141	17,13	0,350	44,54	68,52	

Nilai akurasi merkuri dengan rata-rata %recovery yang diperoleh berkisar antara 68,76% hingga 91,00% dan 98,74%-105,98% untuk hidrokuinon, masih memenuhi kriteria keberterimaan uji akurasi (60–115%) [37]. Dengan demikian, metode analisis yang digunakan dapat dinyatakan memiliki tingkat ketelitian dan keakuratan yang tinggi serta menghasilkan perolehan kembali yang baik.

Tabel 6. Kadar Merkuri Sampel D dan N

Sampel	Replikasi	Absorbansi	Kadar (µg/g)
D	1	0,097	2,815
	2	0,094	2,743
	3	0,095	2,770
N	1	0,141	4,263
	2	0,142	4,302
	3	0,141	4,268

Analisis kuantitatif dilakukan dengan menimbang sampel dan dimasukkan ke dalam tabung kuarsa, kemudian ditambahkan 3 mL asam nitrat pekat dan 1 mL hidrogen peroksida 30%. Asam nitrat berperan sebagai agen destruksi utama untuk melarutkan logam-logam dalam sampel, sedangkan hidrogen peroksida bertindak sebagai oksidator kuat untuk menguraikan senyawa organik [38]. Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata kadar merkuri pada sampel D yang terdapat pada **Tabel 6.** adalah sebesar $2,776 \pm 0,036$ µg/g, sedangkan pada sampel N yaitu $4,277 \pm 0,021$ µg/g. Nilai ini menunjukkan bahwa kedua sampel melampaui batas aman yang ditetapkan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) dalam Peraturan Nomor 23 Tahun 2019.

Penggunaan merkuri dalam krim pemutih kulit menimbulkan risiko kesehatan yang signifikan, karena paparan kronis melalui kulit dapat menyebabkan neurotoksisitas, nefrotoksisitas, serta berbagai gangguan dermatologis akibat akumulasi logam berat dalam tubuh [39]. Panjang gelombang maksimum dilakukan menggunakan larutan standar hidrokuinon dengan konsentrasi 50 ppm. Panjang gelombang maksimum yang didapatkan sebesar 293,60 nm dengan absorbansi 1,694. Panjang gelombang ini sesuai berdasarkan *United States Pharmacopeia* (USP) 43 NF 38, jika panjang gelombang maksimum hidrokuinon adalah 293 ± 2 nm.

Tabel 7. Hasil Penetapan Kadar Hidrokuinon Sampel E dan H

Sampel	Replikasi	Luas Area	Kadar (mg/g)
E	1	11322118	23,504
	2	11465820	23,799
	3	11574156	24,021
H	1	11464826	23,826
	2	12131089	25,194
	3	12218809	25,374

Hasil analisis yang disajikan pada Tabel 7. menunjukkan bahwa kadar hidrokuinon yang terdeteksi pada sampel E sebesar $23,745 \pm 0,212$ mg/g dan pada sampel H sebesar $24,798 \pm 0,690$ mg/g. Jika dikonversi ke dalam bentuk persen, kadar tersebut masing-masing setara dengan 2,3745% dan 2,4798%. Nilai ini menunjukkan bahwa kedua sampel memiliki kadar hidrokuinon yang sangat tinggi bila dibandingkan dengan ketentuan yang telah ditetapkan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) melalui Peraturan Nomor 23 Tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Bahan Kosmetika.

Penggunaan hidrokuinon topikal pada konsentrasi tinggi atau dalam jangka panjang dilaporkan dapat menyebabkan iritasi kulit, eritema, sensasi terbakar, dan dermatitis kontak, serta efek jangka panjang yaitu hiperpigmentasi permanen berwarna kebiruan kehitaman pada kulit [40]. Studi toksikologi menunjukkan bahwa hidrokuinon dapat diserap melalui kulit dan berpotensi menimbulkan toksisitas sistemik, termasuk gangguan fungsi hati dan ginjal, serta menunjukkan potensi karsinogenik pada uji praklinik hewan [41].

Regulasi menyatakan bahwa hidrokuinon hanya diperbolehkan digunakan dengan kadar kurang dari 0,02% setelah pencampuran sebelum digunakan, dan penggunaannya dibatasi pada produk yang diawasi secara medis, seperti sediaan dermatologis untuk hiperpigmentasi tertentu, bukan pada kosmetik bebas pasaran. Dengan demikian, hasil pengujian ini mengindikasikan bahwa sampel E dan H mengandung hidrokuinon dalam jumlah yang sangat berlebih, yakni sekitar 100 kali lipat lebih tinggi dari batas yang diizinkan.

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada jumlah dan cakupan sampel yang relatif terbatas serta hanya berfokus pada produk krim pemutih wajah yang dipasarkan secara daring, sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasikan secara luas. Selain itu, analisis hanya difokuskan pada kandungan merkuri dan hidrokuinon tanpa mengevaluasi kemungkinan adanya bahan berbahaya lain yang berpotensi menimbulkan resiko kesehatan.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis kualitatif dan kuantitatif, diketahui bahwa sampel krim pemutih wajah kode D dan N mengandung merkuri, sedangkan sampel kode E dan H mengandung hidrokuinon. Kadar merkuri pada sampel D dan N masing-masing sebesar $2,776 \pm 0,036 \mu\text{g/g}$ dan $4,277 \pm 0,021 \mu\text{g/g}$, sementara kadar hidrokuinon pada sampel E dan H masing-masing sebesar 2,3745% dan 2,4798%. Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian krim pemutih wajah yang dipasarkan secara daring tidak memenuhi standar keamanan kosmetik dan berpotensi menimbulkan risiko kesehatan. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan pengawasan terhadap peredaran kosmetik daring oleh BPOM serta edukasi kepada masyarakat mengenai bahaya penggunaan kosmetik yang mengandung merkuri dan hidrokuinon.

Konflik Kepentingan

Penulis menegaskan bahwa selama proses perencanaan, pelaksanaan penelitian, pengolahan data, hingga penyusunan laporan, tidak terdapat kepentingan pribadi, finansial, ataupun non-finansial yang berpotensi memengaruhi objektivitas dan integritas hasil penelitian.

Referensi

- [1] Bonifant H, Holloway S. A review of the effects of ageing on skin integrity and wound healing. *Br J Community Nurs* 2019;24:S28–33. <https://doi.org/10.12968/bjcn.2019.24.Sup3.S28>.
- [2] Rahmawati NW. Kepercayaan Konsumen Dengan Kepuasan Konsumen Klinik Kecantikan. *Jurnal Imiah Psikologi* 2021;9:472–81. <https://doi.org/10.30872/psikoborneo>.
- [3] Maranduca M, Branisteanu D, Serban D, Branisteanu D, Stoleriu G, Manolache N, et al. Synthesis and physiological implications of melanic pigments (Review). *Oncol Lett* 2019. <https://doi.org/10.3892/ol.2019.10071>.
- [4] Sahin SC. The potential of *Arthrospira platensis* extract as a tyrosinase inhibitor for pharmaceutical or cosmetic applications. *South African Journal of Botany* 2018;119:236–43. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.09.004>.
- [5] Wang G-H, Chen C-Y, Lin C-P, Huang C-L, Lin C, Cheng C-Y, et al. Tyrosinase inhibitory and antioxidant activities of three *Bifidobacterium bifidum*-fermented herb extracts. *Ind Crops Prod* 2016;89:376–82. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.037>.
- [6] Burger P, Landreau A, Azoulay S, Michel T, Fernandez X. Skin Whitening Cosmetics: Feedback and Challenges in the Development of Natural Skin Lighteners. *Cosmetics* 2016;3:36. <https://doi.org/10.3390/cosmetics3040036>.
- [7] Song Y, Chen S, Li L, Zeng Y, Hu X. The Hypopigmentation Mechanism of Tyrosinase Inhibitory Peptides Derived from Food Proteins: An Overview. *Molecules* 2022;27:2710. <https://doi.org/10.3390/molecules27092710>.
- [8] Soyata A, Chaerunisaa AY. Whitening Agent : Mekanisme, Sumber dari Alam dan Teknologi Formulasinya. *Majalah Farmasetika* 2021;6:169. <https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v6i2.28139>.
- [9] BPOM. Laporan Tahunan Badan POM Tahun 2022. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia; 2022.
- [10] Ramli FF. Clinical management of chronic mercury intoxication secondary to skin lightening products: A proposed algorithm. *Bosn J Basic Med Sci* 2020. <https://doi.org/10.17305/bjbms.2020.4759>.
- [11] Agorku ES, Kwaansa-Ansah EE, Voegborlo RB, Amegbletor P, Opoku F. Mercury and hydroquinone content of skin toning creams and cosmetic soaps, and the potential risks to the health of Ghanaian women. *Springerplus* 2016;5:319. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-1967-1>.

- [12] Topping DC, Bernard LG, O'Donoghue JL, English JC. Hydroquinone: Acute and subchronic toxicity studies with emphasis on neurobehavioral and nephrotoxic effects. *Food and Chemical Toxicology* 2007;45:70–8. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2006.07.019>.
- [13] Juliano CCA. Spreading of Dangerous Skin-Lightening Products as a Result of Colourism: A Review. *Applied Sciences* 2022;12:3177. <https://doi.org/10.3390/app12063177>.
- [14] Park J-D, Zheng W. Human Exposure and Health Effects of Inorganic and Elemental Mercury. *Journal of Preventive Medicine & Public Health* 2012;45:344–52. <https://doi.org/10.3961/jpmph.2012.45.6.344>.
- [15] Rohaya U, Ibrahim N, Jamaluddin J. Analisis Kandungan Merkuri (Hg) Pada Krim Pemutih Wajah Tidak Terdaftar Yang Beredar Di Pasar Inpres Kota Palu. *Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy) (e-Journal)* 2017;3:77–83. <https://doi.org/10.22487/j24428744.2017.v3.i1.8143>.
- [16] Rejeki DS, Pramiastuti O. Analisis Hidrokuinon Pada Lima Merk Produk Krim Malam Menggunakan Metode High Performance Liquid Chromatography (HPLC). *Bhamada: Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kesehatan (E-Journal)* 2022;13:14–21. <https://doi.org/10.36308/jik.v13i2.405>.
- [17] Guo C, Lv L, Liu Y, Ji M, Zang E, Liu Q, et al. Applied Analytical Methods for Detecting Heavy Metals in Medicinal Plants. *Crit Rev Anal Chem* 2023;53:339–59. <https://doi.org/10.1080/10408347.2021.1953371>.
- [18] Papadopoulos A, Assimomytis N, Varvaresou A. Sample Preparation of Cosmetic Products for the Determination of Heavy Metals. *Cosmetics* 2022;9:21. <https://doi.org/10.3390/cosmetics9010021>.
- [19] Paithankar H V. HPLC method validation for pharmaceuticals: A review. *International Journal of Universal Pharmacy and Bio Sciences* 2013;2:229–40.
- [20] Rohman A. *Kimia Farmasi Analisis Untuk Mahasiswa*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar; 2022.
- [21] Harmita H. Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode Dan Cara Perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian* 2004;1:117–35. <https://doi.org/10.7454/psr.v1i3.3375>.
- [22] Putri Efendy A, Malaha A, Abas AS. Identification of Mercury and Hydroquinone Content in Handbody Products Circulating in Gorontalo City. *JHTS*; 2023.
- [23] Rahman H, Wilantika I, Latief M. Analisis Kandungan Merkuri pada Krim Pemutih Ilegal di Kecamatan Pasar Kota Jambi menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *PHARMACY: Jurnal Farmasi Indonesia (Pharmaceutical Journal of Indonesia)* 2019;16:59. <https://doi.org/10.30595/pharmacy.v16i1.4350>.
- [24] Hadriyati A, Hartesi B, Fitri AA. Analisis Merkuri (Hg) pada Krim Pemutih yang Beredar di Klinik Kecantikan dalam Kecamatan Jelutung Kota Jambi. *Cendekia Journal of Pharmacy* 2020;4:102–9. <https://doi.org/10.31596/cjp.v4i2.79>.
- [25] Yulia R, Putri A, Hevira L. Analisis Merkuri Pada Merk Krim Pemutih Wajah dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Katalisator* 2019;4:103. <https://doi.org/10.22216/jk.v4i2.4618>.
- [26] Sarah KW. Analisis Hidrokuinon Dalam Sediaan Krim Malam “CW1” DAN “CW2” Dari Klinik Kecantikan “N” Dan “E” di Kabupaten Sidoarjo. vol. 3. 2014.
- [27] Taufiq Moh. Metode Destruksi Gelombang Mikro Menggunakan Variasi Konsentrasi Asam Nitrat Untuk Penentuan Logam Cd dan Pb Dalam Produk Makanan Bayi. *Jurnal Kimia* 2023;16. <https://doi.org/10.24843/JCHEM.2023.v17.i01.p03>.
- [28] Svehla G., Suehla G. *Vogel's Qualitative Inorganic Analysis*. Prentice Hall; 1996.
- [29] Ruchiyat Z, Jannah NR, Shalihat A. Qualitative and Quantitative Analysis of Hydroquinone Content in Marketplace Facial Whitening Creams. *Chimica Didactica Acta* 2023;11:21–5. <https://doi.org/10.24815/jcd.v11i1.32162>.
- [30] Anugrah U, Delta, Rosdiana. Identifikasi Kandungan Hidrokuinon Pada Krim Pemutih Wajah Yang Beredar Di Pasar Andi Tadda Kota Palopo. *Jurnal Kesehatan Luwu Raya* 2022;1:17–22.
- [31] Jauria, Kostianwan Sukanto, Ariani Hutuba. Analysis of Hydroquinone Content in Whitening Cream Circulating in Gorontalo City Using Uv-Vis Spectrophotometry. *Journal of Health, Technology and Science (JHTS)* 2022;2:60–9. <https://doi.org/10.47918/jhts.v2i4.283>.
- [32] Suharyani I, Karlina N, Hidayati NR, Salsabila DZ, Annisa N, Sadira A, et al. Analisis Kualitatif Dan Kuantitatif Hidrokuinon Dalam Sediaan Kosmetika. *Journal of Pharmacopolium* 2022;4. <https://doi.org/10.36465/jop.v4i3.807>.
- [33] Yang Z, Yan Y, Yu A, Pan B, Pignatello JJ. Revisiting the phenanthroline and ferrozine colorimetric methods for quantification of Fe(II) in Fenton reactions. *Chemical Engineering Journal* 2020;391:123592. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.123592>.

- [34] Bose A. HPLC calibration process parameters in terms of system suitability test. *Austin Chromatogr* 2014;1:1–4.
- [35] Schober P, Boer C, Schwarte LA. Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. *Anesth Analg* 2018;126:1763–8. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864>.
- [36] Rubashvili I, Karukhnishvili N, Loria K, Dvali N. Validation of Swab Sampling and HPLC Methods for Determination of Meloxicam Residues on Pharmaceutical Manufacturing Equipment Surfaces for Cleaning Validation. *Turk J Pharm Sci* 2015;12:40–52. <https://doi.org/10.5505/tjps.2015.43531>.
- [37] Taverniers I, Van Bockstaele E, De Loose M. Analytical Method Validation and Quality Assurance. *Pharmaceutical Sciences Encyclopedia*, Wiley; 2010, p. 1–48. <https://doi.org/10.1002/9780470571224.pse396>.
- [38] Purnamasari ANR, Mubarak AS, Mulyono M. Analysis of Cadmium (Cd) Heavy Metal Using the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) Method in Canned Crab Products at Balai Pengujian Mutu Hasil Perikanan (BPMHP) Semarang, Central Java. *Journal of Marine and Coastal Science* 2021;10:93. <https://doi.org/10.20473/jmcs.v10i2.27661>.
- [39] Cadungog DGE, Yee JRD, Sugang RJ. Mercury in online skin-lightening cosmetics: A health risk assessment of products from selected Asian countries. *Food and Chemical Toxicology* 2025;204:115676. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2025.115676>.
- [40] Nordlund J, Grimes P, Ortonne J. The safety of hydroquinone. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology* 2006;20:781–7. <https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2006.01670.x>.
- [41] Draelos ZD. Skin lightening preparations and the hydroquinone controversy. *Dermatol Ther* 2007;20:308–13. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8019.2007.00144.x>.