

Deteksi Metil Paraben secara Voltametri Menggunakan Elektrode Pasta Karbon

Anom Cahyotomo*, Hanum Sekar Panglipur, Ardina Purnama Tirta, Moh. Hayat,
Mohammad Jihad Madiabu

Program Studi Analisis Kimia, Politeknik AKA Bogor, Jl. Pangeran Sogiri No. 283 Tanah Baru Bogor Utara,
Kota Bogor, 16154, Jawa Barat, Indonesia.

*E-mail: anomcahyotomo@aka.ac.id

(Received : 12 Mei 2022; Accepted: 24 Agustus 2022; Published: 26 Agustus 2022)

Abstrak

Metil paraben telah banyak digunakan sebagai pengawet di berbagai bidang industri, antara lain: industri makanan, kosmetik, dan farmasi dengan batas penggunaan yang telah diatur oleh setiap negara dan lembaga. Saat ini pengukuran metil paraben yang umum dilakukan adalah menggunakan spektrofotometri UV/Vis dan HPLC, namun kedua metode tersebut membutuhkan waktu preparasi dan analisis yang cukup lama. Metode alternatif yang dapat digunakan untuk deteksi metil paraben secara cepat, mudah, dan sederhana adalah metode elektrokimia menggunakan elektrode pasta karbon. Metode elektrokimia menggunakan elektrode pasta karbon untuk deteksi metil paraben sampai saat ini belum pernah dilaporkan. Pembuatan elektrode pasta karbon dilakukan dengan menggunakan grafit dan parafin pada perbandingan beratsebesar 70:30. Studi elektrokimia terhadap elektrode pasta karbon menggunakan kalium ferisianida 1 mM dalam 0,1 M KCl dengan *scan rate* 200 mVs⁻¹ menunjukkan puncak arus oksidasi dan reduksi sebesar 8,25 µA dan -9,55 µA. Metode yang digunakan untuk deteksi metil paraben yakni *Cyclic Voltammetry* (CV) dan *Linear Sweep Voltammetry* (LSV). Hasil deteksi metil paraben menggunakan metode LSV memiliki sensitivitas yang baik dan rentang linieritas pada 5 – 60 mM. Persamaan grafik yang diperoleh yaitu $y = 1,055x + 29,910$ dengan nilai *r* sebesar 0,993. Limit deteksi dan limit kuantisasi yang diperoleh berturut-turut sebesar 0,091 mM dan 0,300 mM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan elektrode pasta karbon secara voltametri dapat dijadikan sebagai metode alternatif untuk mendeteksi metil paraben.

Kata kunci: Metil Paraben; Elektrode Pasta Karbon; Deteksi Elektrokimia; Voltametri Siklik; *Linear Sweep Voltammetry* (LSV)

Abstract

*Methylparaben has been widely used as a preservative in various industrial fields, including food, cosmetic, and pharmaceutical industries with usage limits regulated by each country and institution. Recently, the measurement of methylparaben has been commonly carried out by using UV/Vis spectrophotometry and HPLC, but both methods require a long time for preparation and analysis. An alternative method that can be used for fast, easy, and simple detection of methylparaben is electrochemical method using carbon paste electrodes. Electrochemical method using carbon paste electrodes to detect methylparaben has not been reported. Carbon paste electrodes fabrication was carried out using graphite and paraffin at a weight ratio of 70:30. Electrochemical studies on carbon paste electrodes using potassium ferricyanide 1 mM in 0.1 M KCl with a scan rate of 200 mVs⁻¹ showed a peak oxidation and reduction current at 8.25 µA and -9.55 µA. The methods used for the detection of methylparaben are Cyclic Voltammetry (CV) and Linear Sweep Voltammetry (LSV). The detection of methylparaben showed LSV method had good sensitivity and linearity range at 5 – 60 mM. The graphic equation obtained is $y = 1.055x + 29,910$ with an *r*-value of 0.993. The detection and quantization limit accepted were 0.091 mM and 0.300 mM, respectively. Result showed that voltammetric using carbon paste electrodes were applicable as alternative method for detecting methylparaben.*

Keywords: Methylparaben; Carbon Paste Electrode; Electrochemical Detection; Cyclic Voltammetry; Linear Sweep Voltammetry (LSV)

PENDAHULUAN

Paraben atau ester dari asam p-hidroksi benzoat merupakan zat kimia yang bersifat antimikrob dan digunakan sebagai pengawet makanan, kosmetik, serta farmasi (Dodge *et al.*, 2015). Paraben yang sering

digunakan dalam produk kosmetik dan makanan adalah metil paraben, etil paraben, propil paraben, dan butil paraben (Golden *et al.*, 2005). Indonesia masih menggunakan paraben terutama metil dan propil paraben, namun semenjak tahun 2018

berdasarkan surat edaran yang diterbitkan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM), penggunaan propil paraben sebagai pengawet dalam obat-obatan tradisional telah dicabut dan dilarang penggunaannya (Sampurno, 2021). Berdasarkan penelitian yang pernah dilaporkan, propil paraben terbukti dapat mempengaruhi sekresi testotestosterone dan fungsi sistem reproduksi pada pria (Oishi, 2002). Selain itu, banyak studi yang masih mempertanyakan keamanan paraben serta efek negatif yang dapat ditimbulkan dari penggunaan paraben dalam jangka panjang yang hingga kini masih terus dikaji, terutama saat ditemukannya sejumlah tertentu paraben dalam sel kanker (Fransway *et al.*, 2019).

Federal Drug Administration (FDA) pernah mengeluarkan batas penggunaan metil paraben sebagai pengawet yang aman digunakan dengan batas efektif sebesar 0,1-0,2% untuk digunakan dalam makanan. Jenis makanan yang mungkin mengandung paraben adalah makanan beku, gelatin, selai, jeli, acar, minuman ringan, sirup, saus, jus buah dan puding (Soni *et al.*, 2002). Aturan BPOM pada tahun 2003 mengatur kandungan metil paraben yang diperbolehkan digunakan dalam produk kosmetik sebesar 0,4% ($\frac{b}{b}$). Sampai saat ini, penelitian tentang kemungkinan ditemukannya efek negatif penggunaan paraben masih terus dilakukan. Strategi untuk deteksi paraben dianggap penting dan diharapkan dapat sesuai dengan rekomendasi kadar paraben yang ada, baik dalam makanan maupun produk lainnya.

Saat ini, terdapat beberapa metode analitik yang dapat digunakan untuk mendeteksi paraben, diantaranya HPLC-MS/MS (Cao *et al.*, 2013), HPLC-*amperometric detection* (Martins *et al.*, 2011), HPLC-(diode array dan fluorescence) (Abad-gil *et al.*, 2020), GC-MS (Shanmugam *et al.*, 2010), spektrofotometri UV-Vis (Dhahir & Hussein, 2013), dan metode elektrokimia (Baytak *et al.*, 2017). Metode elektrokimia menjanjikan kemudahan dan waktu analisis yang lebih cepat. Selain itu, limit deteksi, sensitivitas, dan selektivitas dari metode ini dapat bersaing dengan metode analisis lainnya. Sampai saat ini, belum pernah ada laporan penelitian tentang deteksi metil paraben secara voltametri menggunakan elektrode pasta karbon. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan elektrode pasta karbon untuk mendeteksi metil paraben secara voltametri.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metil paraben 99%, grafit (Merck), parafin, akuabides, metanol (Merck), *Phosphate Buffer Saline* (PBS) pH = 7 (Merck), kalium ferisianida 99%, KCl (Merck), kertas saring, kabel tembaga (Eterna), amples, *syringe* 3 mL.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi instrumen dan peralatan gelas. Instrumen yang digunakan meliputi potentiostat e-daq dengan

sistem 3 elektrode, elektrode pasta karbon sebagai elektrode kerja, elektrode Ag/AgCl sebagai *reference electrode*, elektrode Pt/Ti sebagai *counter electrode*, oven, dan neraca analitik. Peralatan gelas yang digunakan terdiri dari gelas piala, botol semprot, labu takar, pipet volumetrik, kaca arloji, lumpang dan alu.

Metode Penelitian

Metode penelitian dibagi menjadi 4 tahap, yaitu: tahap pembuatan elektrode pasta karbon, tahap pengecekan kelayakan elektrode pasta karbon, tahap deteksi metil paraben, dan tahap penentuan limit deteksi (LD) dan limit kuantisasi (LK).

Pembuatan Elektrode Pasta Karbon

Pasta karbon dibuat dengan mencampurkan serbuk grafit (Merck, Darmstadt, Jerman) dengan minyak parafin dengan perbandingan 70:30 ($\frac{b}{b}$) ke dalam lumpang alu dan dilakukan pengadukan selama 15 menit sehingga didapatkan pasta karbon yang homogen. Setelah itu, pasta karbon dimasukkan ke dalam *syringe* yang telah dimodifikasi dengan diameter bidang sentuh pasta karbon pada ujung *syringe* sebesar 2 mm dan dihubungkan dengan kawat tembaga.

Pengecekan Kelayakan Elektrode Pasta Karbon

Pengecekan kelayakan elektrode pasta karbon yang telah dibuat dilakukan dengan cara voltametri siklik menggunakan potensiostat/galvanostat. Pengukuran voltametri siklik dilakukan dengan larutan $K_3[Fe(CN)_6]$ 1,0 mM dalam larutan KCl 0,1 M pada jendela potensial -0,4 V sampai +1,0 V dengan *scanning rate* sebesar 200 mV s⁻¹.

Deteksi Metil Paraben

Deteksi metil paraben menggunakan elektrode pasta karbon dilakukan menggunakan larutan induk metil paraben 0,1 M dalam labu volumetri 100 mL ditera menggunakan metanol (Merck) dan disimpan pada suhu 4°C. Larutan standar disiapkan dengan mengencerkan larutan induk dalam larutan bufer fosfat pH = 7 (Merck) sebagai pH optimum untuk mendeteksi metil paraben secara voltametri (Naik & Nandibewoor, 2014). Pengukuran elektrokimia secara *linier sweep voltammetry* dilakukan pada jendela potensial 0,0 sampai +1,5 V dengan *scanning rate* 200 mV s⁻¹ dalam bufer fosfat pH 7,0 menggunakan alat Autolab potentiostat e-daq dengan sistem 3 elektrode. Elektrode pasta karbon sebagai elektrode kerja, elektrode Ag/AgCl sebagai *reference electrode*, dan elektrode platina/titanium (Pt/Ti) sebagai *counter electrode*. Pengukuran terhadap larutan standar yang telah dibuat mulai dari konsentrasi 0,1 mM – 70 mM dengan jendela potensial pada rentang 0,0 – +1,5V untuk menetapkan linieritas pengujian metil paraben.

Penentuan Limit Deteksi (LD) dan Limit Kuantisasi (LK)

Penentuan limit deteksi dilakukan dengan menggunakan persamaan (1) sedangkan untuk menentukan limit kuantisasi menggunakan persamaan (2) (Naik & Nandibewoor, 2014).

$$LD = \frac{3s}{m} \quad (1)$$

$$LK = \frac{10s}{m} \quad (2)$$

dengan s adalah simpangan baku dari arus blanko dan m adalah kemiringan (*slope*) dari kurva kalibrasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Elektrode Pasta Karbon

Pembuatan elektrode pasta karbon dilakukan dengan mencampurkan serbuk grafit dan minyak parafin dengan perbandingan massa 70:30 (^b/_b). Campuran kemudian diaduk dalam lumpang alu sehingga didapatkan pasta karbon yang homogen. Pasta karbon yang terbentuk kemudian dimasukkan ke dalam *syringe* yang telah dimodifikasi. Pastikan bahwa pasta karbon yang ada di dalam (ujung) *syringe* dapat dikeluarkan dengan mudah. Setiap kali pengukuran elektrokimia dilakukan, pasta yang berada pada ujung *syringe* harus dikeluarkan kemudian dihaluskan menggunakan kertas saring. Dengan demikian, permukaan sentuh dari elektrode selalu dapat diperbarui dan dapat melakukan pengukuran elektrokimia secara terus menerus. Secara detail, elektrode pasta karbon yang dibuat pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



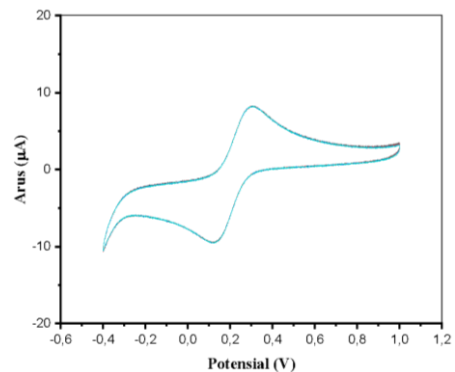
Gambar 1. Elektrode pasta karbon menggunakan *syringe* dan kawat tembaga.

Pembaruan pasta karbon pada ujung *syringe* bertujuan untuk menghilangkan sampel/analit yang tereduksi ataupun menempel. Dengan demikian, elektrode pasta karbon dapat digunakan berulang kali dan meminimalkan gangguan dari analit/sampel yang tereduksi.

Pengecekan Kelayakan Elektrode Pasta Karbon

Kelayakan elektrode pasta karbon dilakukan menggunakan campuran larutan $K_3[Fe(CN)_6]$ 1,0 mM larutan KCl 0,1 M. Pengukuran dilakukan secara voltametri siklik dengan jendela potensial -0,4 – +1,0 V dan *scanning rate* 200 mV.s⁻¹. Pada setiap pengulangan yang dilakukan, pasta karbon yang berada pada ujung *syringe* selalu diperbarui kemudian

dibersihkan menggunakan kertas saring. Voltamogram yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 2.

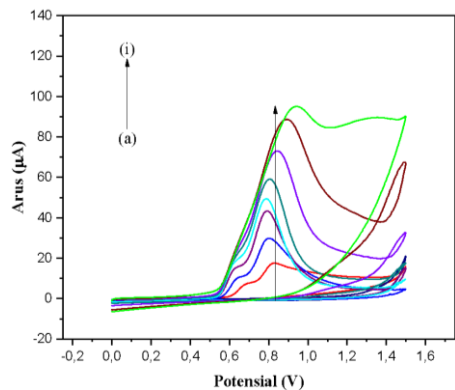


Gambar 2. Voltamogram dari 1,0 mM $K_3Fe(CN)_6$ dalam KCl 0,1 M.

Berdasarkan Gambar 2 terdapat puncak arus oksidasi dan potensial rerata berturut-turut sebesar 8,25 μ A dan +0,304 V sedangkan puncak arus reduksi dan potensial rerata berturut-turut sebesar -9,55 μ A dan +0,117 V. Hasil voltamogram siklik dari elektrode yang dibuat telah menunjukkan performa yang baik dengan memberikan hasil puncak oksidasi dan reduksi yang jelas dengan nilai persen simpangan baku relatif (%SBR) sebesar 3,03% untuk 7 kali pengulangan ($n = 7$).

Deteksi Metil Paraben

Deteksi metil paraben dimulai dengan pengecekan profil voltamogram yang terbentuk untuk setiap konsentrasi larutan standar metil paraben menggunakan teknik voltametri siklik. Larutan blanko yang digunakan adalah PBS pH = 7 dan sekaligus bertindak sebagai elektrolit pendukung. Kemudian pengukuran secara voltametri siklik dilakukan menggunakan larutan standar yang telah dibuat mulai dari konsentrasi 0,1 mM – 70 mM. Jendela potensial yang digunakan berada pada rentang 0,0 – +1,5V. Profil voltamogram siklik yang terbentuk untuk setiap konsentrasi larutan standar metil paraben dapat dilihat pada Gambar 3.

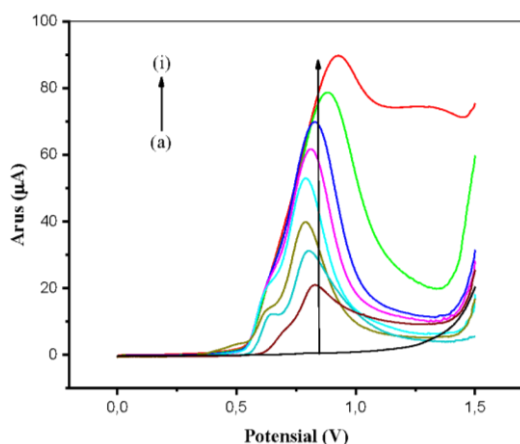


Gambar 3. Voltamogram siklik (a) PBS dan larutan standar metil paraben (b) 1,0 mM; (c) 5,0 mM; (d) 10 mM; (e) 20 mM; (f) 30 mM; (g) 40 mM; (h) 50 mM; (i) 60 mM.

Gambar 3 memperlihatkan voltamogram siklik dengan puncak oksidasi dari metil paraben berada pada rentang potensial 0,806 – 0,943 V. Hasil pengukuran menunjukkan terdapat satu puncak pada saat *scanning* maju sedangkan pada *scanning* mundur tidak muncul puncak. Puncak yang muncul merupakan puncak oksidasi dari metil paraben dan tidak ditemukan puncak reduksi sehingga reaksi oksidasi yang berlangsung bersifat tidak dapat balik kembali (*irreversible*) (Baytak *et al.*, 2017). Profil voltamogram siklik yang didapat menunjukkan hubungan positif antara tinggi puncak oksidasi yang terbentuk dengan bertambahnya konsentrasi metil paraben. Hal ini mendukung hubungan antara konsentrasi senyawa elektroaktif dalam suatu larutan dengan puncak arus yang terukur seperti dalam persamaan Randels-Sevcik (Persamaan 3) (Bard & Faulkner, 2001). Dalam hal ini, i_p merupakan puncak arus terukur baik di anoda maupun katoda, C mewakili konsentrasi senyawa elektroaktif dalam larutan, A mewakili luas area pada elektroda kerja, luas permukaan elektrode kerja pada penelitian ini adalah 2 mm, n mewakili jumlah elektron yang terlibat dalam reaksi, D mewakili koefisien difusi, dan ϑ mewakili kecepatan sapuan atau *scan rate*.

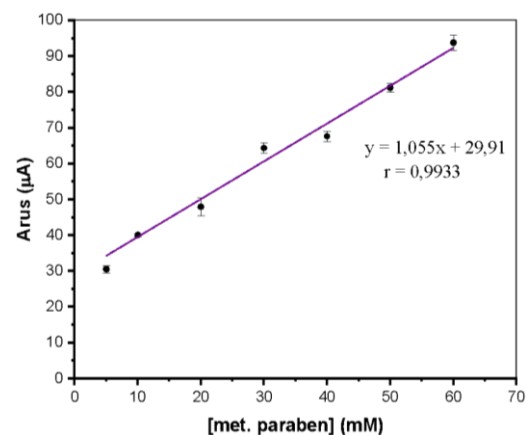
$$i_p = (2.69 \times 10^5) ACD^{1/2} n^{3/2} \vartheta^{1/2} \quad (3)$$

Hasil profil voltamogram siklik dari metil paraben menunjukkan bahwa hanya terdapat satu puncak oksidasi yang berkorelasi dengan konsentrasi metil paraben. Pengecekan lebih sederhana dapat dilakukan menggunakan teknik *Linear Sweep Voltammetry* (LSV) dengan jendela potensial yang digunakan pada rentang 0,0 – +1,5V. Teknik LSV akan menggeser nilai potensial secara satu arah, ke arah potensial positif atau potensial negatif, dan linier terhadap waktu. Arus yang muncul sebagai akibat dari reaksi oksidasi / reduksi direkam dan ditampilkan pada layar. Hasil voltamogram dari teknik LSV dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Voltamogram LSV dari (a) PBS, dan metil paraben pada berbagai konsentrasi (b) 1,0 mM; (c) 5,0 mM; (d) 10 mM; (e) 20 mM; (f) 30 mM; (g) 40 mM; (h) 50 mM; (i) 60 mM.

Gambar 4 menunjukkan puncak oksidasi pada rentang potensial 0,791 – 0,924 V dengan kenaikan puncak arus untuk setiap konsentrasi larutan standar metil paraben. Deteksi metil paraben dilakukan dengan membuat larutan standar pada rentang 0,1 – 70 mM kemudian diukur puncak arusnya melalui teknik LSV. Hasil pengukuran menunjukkan pada konsentrasi kurang dari 5 mM sulit mendapatkan puncak yang dapat terbaca dengan jelas, sedangkan pada konsentrasi 70 mM terjadi penurunan arus, puncak arus lebih kecil dari puncak arus pada konsentrasi 60 mM. Berdasarkan hasil analisis dengan diplot ke dalam grafik maka didapatkan rentang linieritas yang baik berada pada konsentrasi metil paraben 5 – 60 mM dengan nilai korelasi r sebesar 0,993. Hasil plotting puncak arus yang terbaca terhadap konsentrasi metil paraben pada rentang konsentrasi 5 – 60 mM dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rentang linieritas metil paraben menggunakan elektrode pasta karbon.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rentang linieritas terbaik untuk deteksi metil paraben menggunakan elektrode pasta karbon didapatkan pada konsentrasi 5 – 60 mM. Persamaan regresi yang diperoleh adalah $y = 1,055x + 29,91$ dengan nilai $r = 0,9933$. Nilai slope menunjukkan sensitivitas pengukuran, berdasarkan persamaan regresi didapatkan nilai slope sebesar 1,055 atau senilai pada $\tan \alpha$ dengan nilai $\alpha = 46,53^\circ$. Hasil nilai α yang diperoleh menunjukkan sensitivitas pengukuran yang baik. Pada konsentrasi kurang dari 5 mM terjadi penurunan arus yang tajam hingga batas paling rendah yang masih memberikan respon arus pada konsentrasi metil paraben 0,1 mM. Sedangkan pada konsentrasi metil paraben lebih dari 60 mM menghasilkan arus oksidasi yang lebih rendah. Berdasarkan grafik linieritas yang telah didapatkan dan dengan pengukuran arus rerata blangko yang digunakan sebanyak 7 kali pengulangan ($n = 7$) didapatkan limit deteksi dan limit kuantisasi metil paraben berturut-turut sebesar 0,091 mM dan 0,300 mM. Jika mengacu pada aturan BPOM yang membolehkan kandungan metil

paraben maksimum pada produk kosmetik sebesar 0,4% (^b/_b) atau setara sekitar 36 mM, bila massa jenis dari larutan metil paraben yang digunakan adalah 1,38 g/cm³, maka metode alternatif ini dapat digunakan untuk mendeteksi metil paraben sesuai dengan kadar metil paraben yang diperbolehkan.

KESIMPULAN

Deteksi metil paraben menggunakan elektrode pasta karbon telah berhasil dilakukan dan memberikan performa serta sensitivitas yang baik pada rentang konsentrasi 5 – 60 mM dengan persamaan $y = 1,055x + 29,91$ dan nilai r sebesar 0,993, limit deteksi dan kuantisasi berturut-turut sebesar 0,091 mM, dan 0,300 mM. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan elektrode pasta karbon secara voltametri dapat dijadikan metode alternatif untuk mendeteksi metil paraben.

DAFTAR PUSTAKA

- Abad-gil, L., Lucas-sánchez, S., Gismera, M. J., Sevilla, M. T., & Procopio, J. R. (2020). preservatives in personal care products by HPLC with dual (diode- array and fluorescence) detection. *Microchemical Journal*, 105613. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105613>.
- Bard, A. J., & Faulkner, L. R. (2001). Electrochemical Methods Fundamentals and applications. In *Annual Review of Materials Science* (2nd ed., Vol. 30). <https://doi.org/10.1146/annurev.matsci.30.1.117>.
- Baytak, A. K., Duzmen, S., Teker, T., & Aslanoglu, M. (2017). Voltammetric determination of methylparaben and its DNA interaction using a novel platform based on carbon nanofibers and cobalt-nickel-palladium nanoparticles. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 239, 330–337. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2016.08.029>.
- Cao, S., Mu, Z., Zhiyong., L., Lei., Z., Cunxian., X., Xianliang., L., Guomin., W., & Ruo., Y. (2013). Analytical Methods simultaneous analysis of six kinds of parabens in food. *Analytical Methods*, 5, 1016–1023. <https://doi.org/10.1039/c2ay26283e>.
- Dhahir, S. A., & Hussein, H. J. (2013). Spectrophotometric Determination of Methyl Paraben in Pure and Pharmaceutical Oral Solution. *Advances in Natural Science*, 6(4), 69–74. <https://doi.org/10.3968/j.ans.1715787020130604.2601>.
- Dodge, L. E., Kelley, K. E., Williams, P. L., Williams, M. A., Hernández-Díaz, S., Missmer, S. A., & Hauser, R. (2015). Medications as a source of paraben exposure. *Reproductive Toxicology*, 52, 93–100. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2015.02.002>.
- Fransway, A. F., Fransway, P. J., Belsito, D. V., & Yiannias, J. A. (2019). Paraben Toxicology. *Dermatitis*, 30(1), 32–45. <https://doi.org/10.1097/DER.0000000000000428>.
- Golden, R., Gandy, J., & Vollmer, G. (2005). A review of the endocrine activity of parabens and implications for potential risks to human health. *Critical Reviews in Toxicology*, 35(5), 435–458. <https://doi.org/10.1080/10408440490920104>.
- Martins, I., Carreira, F. C., Canaes, L. S., De Souza Campos Junior, F. A., Da Silva Cruz, L. M., & Rath, S. (2011). Determination of parabens in shampoo using high performance liquid chromatography with amperometric detection on a boron-doped diamond electrode. *Talanta*, 85(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2011.04.047>.
- Naik, K. M., & Nandibewoor, S. T. (2014). Electroanalytical method for the determination of methylparaben. *Sensors and Actuators, A: Physical*, 212, 127–132. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2014.03.033>.
- Oishi. S. (2002). Phenomenological theory of turnover in point-contact rectifiers. *Journal of the Physical Society of Japan*, 17(3), 447–454. <https://doi.org/10.1143/JPSJ.17.447>
- Sampurno. (2021, August 23). *No Title*. Surat Edaran BPOM. https://www.pom.go.id/new/admin/dat/20161109/SE_Pengawet_propil_paraben_kepada_industri.pdf.
- Shanmugam, G., Rajendran, B., Radhakrishnan, V., & Tao, H. (2010). GC – MS method for the determination of paraben preservatives in the human breast cancerous tissue. *Microchemical Journal*, 96(2), 391–396. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2010.07.005>.
- Soni, M. G., Taylor, S. L., Greenberg, N. A., & Burdock, G. A. (2002). Evaluation of the health aspects of methyl paraben: A review of the published literature. *Food and Chemical Toxicology*, 40(10), 1335–1373. [https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(02\)00107-2](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(02)00107-2).