

DOI: <https://doi.org/10.21009/JRSKT.101.01>

Penentuan Kadar Formaldehida pada Baju Bayi dengan Metode Ekstraksi Air menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis Sesuai SNI ISO 14184-1:2015

Evi Retnaningsih^{1,*}, Helzi Angelina²

¹ *Laboratorium Kimia Tekstil, Unit Pengelola Pengujian, Inspeksi dan Sertifikasi Produk Perindustrian, Perdagangan, Koperasi, Usaha Kecil dan Menengah Provinsi DKI Jakarta, 10510 Jakarta, Indonesia*

² *Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, 13220, Jakarta, Indonesia*

*Email: evi.ratnaningsih@jakarta.go.id

Informasi Artikel

Diterima: 09/05/2024

Direvisi: 29/06/2024

Online: 14/07/2024

Edisi: 14/07/2024

Abstrak

Pakaian bayi, yang bersentuhan langsung dengan kulit, digunakan untuk bayi dari kelahiran hingga usia 36 bulan, merupakan salah satu faktor yang dapat menimbulkan risiko penyakit seperti iritasi kulit atau ruam pada kulit akibat bahan pakaian tersebut. Salah satu bahan kimia berbahaya yang terdapat dalam pakaian bayi adalah Formaldehida. Formaldehida merupakan alergen kimia yang dapat menyebabkan radang kulit akibat kontak dengan zat yang memicu reaksi alergi pada kulit merupakan. Oleh karena itu, penting untuk menguji kadar formaldehida pada pakaian bayi menggunakan spektrofotometer UV-Vis sesuai dengan SNI ISO 14184-1:2015 untuk menilai keamanan pakaian bayi sebelum dipasarkan. SNI ISO 14184-1:2015 adalah metode standar untuk menentukan jumlah formaldehida dalam tekstil. Metode instrumental yang menjadi salah satu alat yang sering digunakan adalah metode Spektrofotometri dengan menggunakan alat Spektrofotometri UV-Vis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel pakaian bayi dengan kode KN mengandung formaldehida sebanyak 22,42 mg/kg, melebihi batas aman 16 mg/kg menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 14184-1:2015. Dengan demikian, sampel pakaian bayi dengan kode KN tidak aman untuk dipasarkan.

Kata kunci: *formaldehida, pakaian bayi, spektrofotometri UV-Vis*

Abstract

Baby clothing, which is in direct contact with the skin, used for babies from birth to 36 months of age, is one of the factors that can increase the risk of diseases such as skin irritation or rashes on the skin due to the clothing material. Formaldehyde is a

chemical allergen that can cause skin inflammation due to contact with a substance that triggers an allergic reaction on the skin. Therefore, it is important to test the levels of formaldehyde in baby clothing using UV-Vis spectrometers in accordance with SNI ISO 14184-1:2015 to assess the safety of baby clothes prior to marketing. SNI ISO 14184-1:2015 is a standard method for determining the amount of formaldehyde in textiles. The Spektrofotometer (Spectrophotometer) method, which uses Spectrophotometry UV-Vis, is a commonly used instrumental method. The test results show that samples of baby clothing with a KN code contain 22.42 mg/kg of formalde, exceeding the safe limit of 16mg/kg according to the Indonesian National Standard (SNI) 14184.1:2015. Thus, samples of baby clothes with KN code are not safe to market.

Keyword: baby clothes, formaldehyde, spectrophotometry UV-Vis

Pendahuluan

Bayi yang baru lahir hingga usia 36 bulan memiliki daya tahan tubuh yang lebih rentan terserang penyakit, seperti iritasi atau ruam pada kulit (Faria et al., 2019). Keamanan pakaian bayi menjadi salah satu faktor penting untuk menghindari resiko kulit bayi terpapar bahan kimia berbahaya (Herrero et al., 2023). Adanya bahan kimia pada pakaian bayi, seperti zat warna azo karsinogen, formaldehida, dan logam terekstraksi dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada bayi salah satunya iritasi kulit (Oliveira et al., 2023). Menurut penelitian yang dilakukan Herrero et al. (2022) Formaldehida, karsinogen yang dikenal sebagai penyebab kanker pada manusia, telah terdeteksi pada pakaian bayi dengan jumlah yang cukup besar atau cukup tinggi. Meskipun kadar formaldehida bisa dikurangi dengan cara mencuci baju tersebut, namun tidak lebih efektif dibandingkan dengan memilih baju bayi yang aman dari kandungan formaldehida (Reitz et al., 2022). Oleh karena itu, pakaian yang diproduksi untuk bayi wajib mematuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) guna menjamin kualitas dan keamanannya (Suciati et al., 2023). Keamanan pakaian bayi juga dijamin oleh Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor: 07/M-IND/PER/2/2014 tentang Pemberlakuan Standar Nasional Indonesia (SNI) Persyaratan Zat Warna Azo, Kadar Formaldehida dan Kadar Logam Terekstraksi pada Kain untuk Pakaian Bayi Secara Wajib yang selanjutnya disebut Permen Perindustrian Nomor:07/M IND/PER/2/2014 (Liza et al., 2020).

Formaldehida adalah gas aldehid yang sangat reaktif yang dibentuk oleh oksidasi atau pembakaran hidrokarbon yang tidak sempurna (Ngo et al., 2020). Formaldehida adalah alergen kimia standar (Fasth et al., 2018) yang dapat menyebabkan radang kulit akibat kontak dengan zat yang memicu reaksi alergi pada kulit (Goossens & Aerts, 2022). Formaldehida juga dapat digunakan untuk membunuh sebagian besar bakteri (Richter et al., 2022), sehingga sering digunakan sebagai desinfektan dan juga sebagai pengawet makanan (Rostini & Pratama, 2021). Dalam larutan, Formaldehida dapat digunakan sebagai pembuatan resin dan tekstil (Nikle et al., 2019), desinfektan (Leal et al., 2018), dan sebagai pengawet di laboratorium (Finkelde & Waller, 2020). Larutan formaldehida dianggap senyawa berbahaya yang uapnya sangat beracun (Ruggiero et al., 2021). Oleh karena itu, Standar Nasional Indonesia (SNI) menetapkan batas bawah atau standar minimal kadar formaldehida pada pakaian bayi yaitu sebesar 16 mg/kg. Maka, diperlukan suatu metode dan alat yang dapat menentukan kadar formaldehida pada pakaian bayi. Metode yang bisa digunakan untuk menentukan kadar formaldehida dalam pakaian bayi adalah metode ekstraksi air (Herrero et al., 2022).

Metode ekstraksi air, seperti yang diuraikan dalam SNI ISO 14184-1:2015, adalah prosedur standar yang digunakan untuk mengukur kandungan formaldehida pada tekstil (Shahvar et al., 2018). Metode ekstraksi air sesuai dengan SNI ISO 14184-1: 2015 melibatkan beberapa langkah penting untuk

memastikan hasil yang akurat (Ma et al., 2019). SNI ISO 14184-1:2015 adalah metode standar untuk menentukan jumlah formaldehida dalam tekstil (Güneş et al., 2022). Standar ini sangat penting karena formaldehida banyak digunakan dalam industri tekstil, terutama dalam resin yang memberikan ketahanan kusut pada kain, tetapi juga dikenal sebagai karsinogen dan dapat menyebabkan reaksi alergi (Reznikova, 2022). Proses dengan menggunakan metode ini melibatkan perendaman sampel tekstil dalam air dan mengaduknya untuk mengekstrak formaldehida (Shahvar et al., 2018). Dalam proses ekstraksi air, diperlukan metode dan alat instrumental yang tepat sesuai dengan SNI ISO 14184-1:2015.

Salah satu metode instrumental yang paling sering diterapkan pada analisis kimia adalah metode Spektrofotometri dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis (Ríos-Reina & Azcarate, 2022) untuk mendeteksi senyawa (padat/cair) berdasarkan absorbansi foton pada daerah UV-Vis (panjang gelombang foton 200-700nm) (Kaur et al., 2021). Metode Spektrofotometri merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk menganalisis formaldehida karena berbagai keunggulannya, termasuk kemudahan kinerja, efektivitas biaya, selektivitas, dan sensitivitas (Hladová et al., 2019). Metode ini dapat digunakan untuk menentukan kandungan formaldehida dalam makanan, tekstil, kulit, dan sampel lingkungan (Feng et al., 2021). Metode ini bekerja dengan mengukur interaksi radiasi elektromagnetik dengan bahan, yang menghasilkan transisi elektronik yang dapat dideteksi dan dianalisis (Lapa et al., 2023). Pada daerah ultraviolet panjang gelombang berada diantara 180-380 nm, sedangkan pada daerah visible panjang gelombang berada diantara 380-780 nm (Xiang et al., 2023). Berdasarkan hukum Lambert-Beer prinsip kerja Spektrofotometer yaitu ketika seberkas sinar dilewatkan suatu larutan pada panjang gelombang tertentu, kemudian sinar tersebut sebagian ada yang diteruskan dan sebagian lainnya ada yang diserap oleh larutan (Hori, 2022). Pereaksi NASH merupakan pereaksi yang digunakan untuk menentukan panjang gelombang maksimum pada formalin untuk memberikan warna sehingga dapat diukur menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dengan rentang panjang gelombang 400–500 nm. Penentuan panjang gelombang menggunakan pereaksi NASH bertujuan untuk mendapatkan daerah puncak serapan senyawa formalin yang lebih spesifik sehingga mencapai panjang gelombang maksimum yang akurat (Fadhilah et al., 2022). Dari penjelasan bahaya formaldehida dan bagaimana keamanan pakaian untuk bayi, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeteksi kadar formaldehida pada pakaian bayi dengan menggunakan menggunakan metode ekstraksi air dan spektrofotometri UV-Vis sesuai SNI ISO 14184-1:2015

Metode

Bahan Kimia

Bahan-bahan yang digunakan terdiri atas sampel uji dan bahan kimia. Sampel uji merupakan baju bayi dari pelanggan yang masuk melalui bagian pelayanan. Bahan kimia tersebut meliputi air suling atau aquadest, asetilasetilon (NASH), H₂SO₄ 98%, larutan formaldehida, larutan induk formaldehida 1500 mg/L dan 75 mg/L, larutan dimedon dalam etanol, larutan timolftalin (indikator), natrium sulfat (Na₂SO₃) 1 M, asam sulfat 0,01 M, boraks 0,01 M, dan indikator MO (Metil Jingga).

Alat

Alat yang digunakan terdiri dari alat instrumen dan alat pendukung. Alat instrumen yang digunakan yaitu spektrofotometer UV-Vis. Alat pendukung yang digunakan meliputi labu ukur 50; 250; 500; dan 1000 mL, erlenmeyer 250 mL, pipet volumetrik 10 mL, mikropipet, buret 50 mL, tabung reaksi ulir, piala gelas 400 dan 1000 mL, kertas saring whatman no 40, kuvet, dan timbangan.

Persiapan Sampel

Pertama-tama pengkondisian sampel dari pelayanan harus langsung dimasukan kedalam plastik atau dibalut aluminium foil untuk menghindari penguapan formaldehida. Lalu sampel diberi kode KN sebagai identitas sampel. Sampel terdiri dari printing, sablon dan base sehingga masing-masing bagian digunting dengan ukuran kecil yaitu 0,5 cm x 0,5 cm dan ditimbang dengan bobot ±0,3333 gram dan diperoleh total sampel yang ditimbang yaitu antara 1,0000–1,0010 gram. Sampel kemudian

dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 100 mL aquadest. Setelah itu, dimasukan kedalam *waterbath shaker* bersuhu pada $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 60 ± 5 menit dengan gerakan pelan. Kemudian dikeluarkan erlenmeyer yang sudah dipanaskan di *waterbath* dan didinginkan pada suhu ruang lalu disaring dengan kertas saring *whatman* no 40 μm kedalam labu takar 100 mL dan diperoleh sampel uji.

Persiapan Blanko Pereaksi

Blanko pereaksi dibuat dengan cara memasukkan 100 mL aquadest ke dalam erlenmeyer kemudian dimasukkan dalam *waterbath shaker* pada suhu $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 60 ± 5 menit dengan gerakan pelan. Setelah itu, dipipet 5 mL larutan blanko pereaksi sebanyak 2 kali. Pertama dipipet 5 mL blanko ke dalam tabung reaksi 1 dan ditambahkan 5 mL reagen NASH. Kedua dipipet 5 mL blanko ke dalam tabung reaksi 2 dan ditambahkan 5 mL aquadest. Kedua tabung reaksi dikocok hingga homogen. Setelah itu, dipanaskan dalam *waterbath* suhu $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 30 ± 5 menit. Selanjutnya didinginkan tabung reaksi ulir yang sudah dipanaskan pada suhu ruang selama 30 ± 5 menit dan ditaruh di tempat gelap dan serapan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 412 nm.

Pengujian Sampel

Selanjutnya dilakukan pengujian sampel yaitu dengan cara larutan sampel uji dipipet 5 mL (dari tahap 1. Persiapan Sampel) sebanyak 2 kali. Pertama, dipipet 5 mL larutan sampel uji ke dalam tabung reaksi ulir 1 dan ditambahkan 5 mL reagen NASH. Kedua, dipipet 5 mL larutan sampel uji ke dalam tabung reaksi 2 dan ditambahkan 5 mL aquadest. Lalu kedua tabung reaksi ulir dikocok hingga homogen, dipanaskan dalam *waterbath* suhu $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 30 ± 5 menit, selanjutnya didinginkan pada suhu ruang selama 30 ± 5 menit, disimpan di tempat gelap dan serapan diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 412 nm.

Pengujian Deret Standar Formaldehida

Pengujian deret standar formaldehida dilakukan dengan cara membuat larutan standar formadehida dengan konsentrasi 0,1 ; 0,15 ; 0,3 ; 0,75 ; 1,5 ; 2,25 ; 3 ; 4,5 mg/L. Masing-masing deret standar dipipet sebanyak 5 mL dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi ulir. Lalu, masing-masing ditambahkan 5 mL larutan NASH, setelah itu dipanaskan dalam *waterbath* suhu $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 30 ± 5 menit, kemudian didinginkan pada suhu ruang selama 30 ± 5 menit, ditaruh di tempat gelap dan serapan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 412 nm.

Perhitungan Kadar Formaldehida

Kadar formaldehida pada sampel dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Wf = \frac{\rho \times 100}{m} \quad (1)$$

Keterangan :

Wf = Kadar Formaldehida (mg/kg)

ρ = Konsentrasi Formaldehida dalam larutan (mg/L)

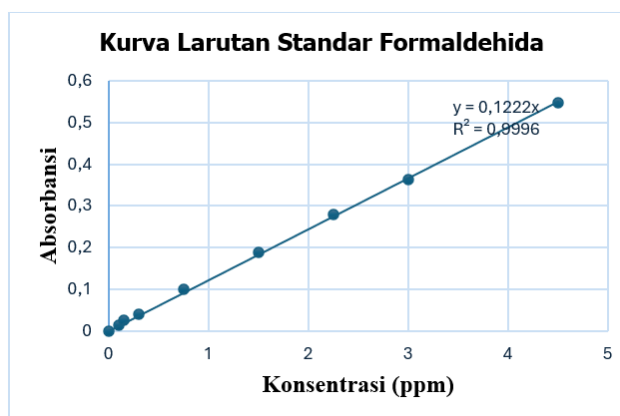
m = Massa contoh uji (kg)

Hasil dan Pembahasan

Penentuan kadar formaldehida pada baju bayi dilakukan dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Data absorbansi dan kurva standar formaldehida disajikan pada Tabel 1. dan Gambar 1.

Tabel 1. Data Absorbansi Larutan Standar Formaldehida

No.	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	0,00	0,0000
2	0,10	0,0090
3	0,15	0,0129
4	0,30	0,0172
5	0,75	0,0391
6	1,50	0,0825
7	2,25	0,1265
8	3,00	0,1622
9	4,50	0,2421
Keterangan		$y = ax$
Slope (a)		0,1222
Koefisien Korelasi (r)		0,9999
Koefisien Determinasi (R^2)		0,9996



Gambar 1. Kurva Larutan Standar Formaldehida

Standar dalam analisis spektrofotometri sangat diperlukan untuk mendeteksi keberadaan suatu senyawa. Kurva kalibrasi atau kurva standar dalam pengujian spektrofotometri, didasarkan pada hukum *Lambert-Beer* dimana grafik konsentrasi dengan absorbansi akan membentuk suatu garis lurus (Delgado, 2022). Kurva standar menyatakan hubungan absorbansi dengan konsentrasi dari larutan standar dan digunakan untuk menghitung konsentrasi larutan.

Berdasarkan grafik kurva standar pada gambar 1, diperoleh regresi linear yaitu $y = 0,1222x$ dengan nilai koefisien korelasi (r) yaitu 0,9999. Nilai r yang mendekati 1 menunjukkan kurva kalibrasi linear dan terdapat hubungan antara konsentrasi larutan formaldehida dengan nilai serapan. Nilai R^2 yang didapatkan dengan nilai 0,9996 menunjukkan bahwa konsentrasi berpengaruh terhadap absorbansi sebesar 99,96%, sehingga koefisien korelasi (r) yang diperoleh pada penelitian ini dapat dikategorikan baik.

Koefisien korelasi adalah koefisien yang menyatakan kedekatan hubungan antara dua variabel atau lebih. Nilai koefisien korelasi antara -1 hingga 1. Nilai -1 berarti terdapat hubungan negatif sempurna (terbalik), 0 berarti tidak terdapat hubungan sama sekali, dan 1 berarti terdapat hubungan positif sempurna. Kurva yang dihasilkan sudah memenuhi hukum *Lambert-Beer* dimana konsentrasi berbanding lurus dengan absorbansinya, semakin tinggi konsentrasi maka absorbansinya semakin besar.

Data hasil perhitungan kadar formaldehida pada baju bayi menggunakan spektrofotometri UV-Vis dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Konsentrasi Formaldehida pada Sampel Baju Bayi

Pengulangan	TC	Absorbansi	Konsentrasi (ρ) (ppm = mg/L)	Kadar (Wf) (ppm = mg/kg)	Rata-Rata Kadar (ppm = mg/kg)
1	KN	0,02486	0,20344	20,340	22,42
2		0,02994	0,24501	24,501	

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh kadar senyawa formaldehida pada sampel dengan dua kali pengulangan yaitu 20,340 dan 24,501 mg/kg, sehingga didapatkan rata-rata kadar formaldehida pada sampel yaitu 22,42 mg/kg. Kadar formaldehida pada sampel baju bayi ini, nilainya sangat tinggi dari kadar batas aman yang sudah ditentukan oleh SNI 14184-1:2015 yaitu 16 mg/kg. Dengan demikian, sampel tersebut tidak terjamin keamanannya untuk digunakan sebagai baju bayi dan tidak sesuai dengan SNI 14184-1:2015.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian kadar senyawa formaldehida pada sampel KN yaitu 22,42 mg/kg dan berada diatas batas aman kadar senyawa formaldehida pada pakaian bayi menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 14184-1:2015 yaitu 16 mg/kg, sehingga sampel pakaian bayi KN tidak layak mendapatkan SPPT (Sertifikat Produk Penggunaan Tanda) SNI oleh Lembaga sertifikasi produk serta tidak aman untuk dipasarkan

Daftar Pustaka

- Delgado, R. (2022). Misuse of Beer–Lambert Law and other calibration curves. *Royal Society Open Science*, 9(2). <https://doi.org/10.1098/rsos.211103>
- Fadhilah, R., Gatera, V. A., Saula, L. S., & Sakiran, S. (2022). Uji Kadar Formalin pada Tahu yang di Jual di Kabupaten Karawang dengan Metode Spektrofotometer Visible. *Zenodo (CERN European Organization for Nuclear Research)*, 8(21). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7275329>
- Faria, M. F., Ferreira, M. B. G., Felix, M. M. dos S., Calegari, I. B., & Barbosa, M. H. (2019). Factors associated with skin and mucosal lesions caused by medical devices in newborns: Observational study. *Journal of Clinical Nursing*, 28(21-22), 3807–3816. <https://doi.org/10.1111/jocn.14998>
- Fasth, I. M., Ulrich, N. H., & Johansen, J. D. (2018). Ten-year trends in contact allergy to formaldehyde and formaldehyde-releasers. *Contact Dermatitis*, 79(5), 263–269. <https://doi.org/10.1111/cod.13052>
- Feng, X., Wei, Q., Li, S., Wei, X., Yang, X., Song, Z., Geng, B., Li, Z., Zhang, J., & Yan, M. (2021). Organic-inorganic photoelectrochemical sensor based on aza-cope rearrangement reaction for formaldehyde. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 330, 129342–129342. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2020.129342>
- Finkelde, I., & Waller, R. R. (2020). Comparing Methods of Determining Formalin Concentration in Fluid Preservatives. *Collection Forum*, 34(1), 32–52. <https://doi.org/10.14351/0831-4985-34.1.32>
- Goossens, A., & Aerts, O. (2022). Contact allergy to and allergic contact dermatitis from formaldehyde and formaldehyde releasers: A clinical review and update. *Contact Dermatitis*, 87(1). <https://doi.org/10.1111/cod.14089>
- Güneş, K., Can, Z., & Arda, A. (2022). Determination of formaldehyde in textile dye and auxiliary chemicals with headspace gas chromatography-flame ionization detector. *PubMed*, 46(2), 575–581. <https://doi.org/10.3906/kim-2112-3>
- Herrero, M., González, N., Rovira, J., Marquès, M., Domingo, J. L., & Nadal, M. (2022). Early-Life Exposure to Formaldehyde through Clothing. *Toxics*, 10(7), 361. <https://doi.org/10.3390/toxics10070361>

- Herrero, M., Rovira, J., González, N., Marquès, M., Barbosa, F., Sierra, J., Domingo, J. L., Nadal, M., & Souza, M. C. O. (2023). Clothing as a potential exposure source of trace elements during early life. *Environmental Research*, 233, 116479. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116479>
- Hladová, M., Martinka, J., Rantuch, P., & Nečas, A. (2019). Review of Spectrophotometric Methods for Determination of Formaldehyde. *Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology*, 27(44), 105–120. <https://doi.org/10.2478/rput-2019-0012>
- Hori, J. (2022). Simple Experiment to Understand Principle of Absorbance Measurement Using Laser Pointer and Illuminometer. *Journal of Jsee*, 70(2), 244–248. https://doi.org/10.4307/jsee.70.2_44
- Kaur, G., Singh, H., & Singh, J. (2021). UV-vis spectrophotometry for environmental and industrial analysis. In *Green Sustainable Process for Chemical and Environmental Engineering and Science* (pp. 49–68). Amsterdam, The Netherlands : Elsevier.
- Lapa, P. N., Kassabian, G., Basaran, A. C., & Schuller, I. K. (2023). Detection of electromagnetic phase transitions using a helical cavity susceptometer. *Review of Scientific Instruments Online/Review of Scientific Instruments*, 94(6). <https://doi.org/10.1063/5.0136523>
- Leal, J. F., Neves, M. G. P. M. S., Santos, E. B. H., & Esteves, V. I. (2018). Use of formalin in intensive aquaculture: properties, application and effects on fish and water quality. *Reviews in Aquaculture*, 10(2), 281–295. <https://doi.org/10.1111/raq.12160>
- Liza, A., Setyowati, R., & Samara, M. R. (2020). Perlindungan Konsumen Pakaian Bayi Tidak Berstandar Nasional Indonesia di Kota Banda Aceh. *Progresif*, 15(2), 209–228. <https://doi.org/10.33019/progresif.v15i2.1875>
- Ma, X. J., Jin, J. J., Si, B. C., Xiang, W., & Wang, H. X. (2019). Effects of extraction methods on soil water isotope and plant water source segmentation. *PubMed*, 30(6), 1840–1846. <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.201906.013>
- Ngo, A. B., Vuong, T. H., Atia, H., Bentrup, U., Kondratenko, V. A., Kondratenko, E. V., Jabor Rabeah, Udo Ambruster, & Brückner, A. (2020). Effect of Formaldehyde in Selective Catalytic Reduction of NO_x by Ammonia (NH₃-SCR) on a Commercial V₂O₅-WO₃/TiO₂ Catalyst under Model Conditions. *Environmental Science & Technology*, 54(19), 11753–11761. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c00884>
- Nikle, A. B., Liou, Y. L., Ericson, M. E., & Warshaw, E. M. (2019). Formaldehyde Release From Clothing and Upholstery Fabrics Using the Chromotropic Acid Method. *Dermatitis*, 30(4), 255–258. <https://doi.org/10.1097/der.0000000000000460>
- Oliveira, C., González, N., Herrero, M., Marquès, M., Rovira, J., Nadal, M., Barbosa, F., & Domingo, J. L. (2023). Screening of regulated aromatic amines in clothing marketed in Brazil and Spain: Assessment of human health risks. *Environmental Research*, 221, 115264–115264. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115264>
- Reitz, T. A., Reeder, M., Dang, A., & Sarmadi, M. (2022). Formaldehyde Released from Clothing Articles and Pillowcases. *AATCC Journal of Research*, 9(4), 205–212. <https://doi.org/10.1177/24723444221103680>
- Reznikova, V. V. (2022). Formaldehyde is an environmental problem in the textile industry. *Water Bioresources and Aquaculture*, 2(1), 107–112. <https://doi.org/10.32851/wba.2022.1.9>
- Richter, W., Sunderman, M., Willenberg, Z., Calfee, M., Serre, S., & Wood, J. P. (2022). Effectiveness of formaldehyde in various soil types as a wide area decontamination approach for Bacillus anthracis spores. *PLOS ONE*, 17(11), e0277941. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277941>
- Ríos-Reina, R., & Azcarate, S. M. (2022). How Chemometrics Revives the UV-Vis Spectroscopy Applications as an Analytical Sensor for Spectralprint (Nontargeted) Analysis. *Chemosensors*, 11(1), 8. <https://doi.org/10.3390/chemosensors11010008>

- Rostini, I., & Pratama, R. I. (2021). Identification of formaldehyde content in capture fisheries product in traditional market. *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education*, 7(4), 1744–1748.
- Ruggiero, J. L., Voller, L. M., Shaik, J. A., & Hylwa, S. (2021). Formaldehyde in Electronic Cigarette Liquid (Aerosolized Liquid). *Dermatitis, Publish Ahead of Print*(5). <https://doi.org/10.1097/der.0000000000000771>
- Shahvar, A., Saraji, M., & Shamsaei, D. (2018). Headspace single drop microextraction combined with mobile phone-based on-drop sensing for the determination of formaldehyde. *Sensors and Actuators. B, Chemical*, 273, 1474–1478. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2018.07.071>
- Suciati, F., Aviantara, D. B., Suherman, N., Purnomo, A., & Krauss, M. (2023). Chemical of concern for raising awareness to Indonesian textile sustainability. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*, 1201(1), 012006–012006. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1201/1/012006>
- Xiang, Y., Li, B., Fan, Y., Zhang, M., Wu, W., Wang, Z., Liu, M., Qiao, H., & Wang, Y. (2023). Photoelectrochemical UV Detector Based on High-Temperature Resistant ITO Nanowire Network Transparent Conductive Electrodes: Both the Response Range and Responsivity Are Improved. *Nanomaterials*, 13(14), 2086–2086. <https://doi.org/10.3390/nano13142086>