



HUBUNGAN PAPARAN TIMBAL LINGKUNGAN DENGAN KEJADIAN PREEKLAMPSI PADA IBU HAMIL

Rina Oktaviana¹, Sandy Setiawati², Nevi Susianty³

^{1,3} Universitas Muhammadiyah Riau

² Universitas Hang Tuah Pekanbaru

Rinaoktaviana@umri.ac.id, Sandy08@uhtp.ac.id, Nevisusianty@umri.ac.id

Abstrak

Preeklampsia merupakan komplikasi kehamilan yang kompleks dan multifaktorial, dengan salah satu faktor risiko potensial berasal dari paparan logam berat, khususnya timbal (Pb). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara kadar timbal dalam darah dengan kejadian preeklampsia pada ibu hamil. Desain penelitian adalah analitik observasional dengan rancangan case control yang melibatkan 66 responden, terdiri dari 33 ibu hamil dengan preeklampsia dan 33 ibu hamil normotensi. Pemilihan sampel dilakukan secara purposive sampling dengan kriteria inklusi usia kehamilan ≥ 28 minggu dan tanpa riwayat penyakit kronis. Kadar timbal darah diukur menggunakan metode Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Data dianalisis menggunakan uji Mann-Whitney dengan tingkat kemaknaan $\alpha=0,05$. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata kadar timbal darah sebesar $19,33 \pm 8,21 \text{ } \mu\text{g/dL}$ (rentang $6,50$ – $31,75 \text{ } \mu\text{g/dL}$). Uji statistik menunjukkan perbedaan signifikan antara kelompok preeklampsia dan kontrol ($p=0,000$), dengan kadar timbal lebih tinggi pada kelompok preeklampsia. Temuan ini mendukung hipotesis bahwa paparan timbal, bahkan pada kadar rendah, berkontribusi terhadap patogenesis preeklampsia melalui mekanisme stres oksidatif, kerusakan endotel, dan penurunan nitric oxide. Disarankan pemeriksaan kadar timbal sebagai bagian dari skrining risiko preeklampsia di daerah dengan potensi paparan logam berat tinggi.

Kata kunci: timbal, preeklampsia, kehamilan, logam berat, stres oksidatif

Abstract

Preeclampsia is a complex and multifactorial pregnancy complication, with one of the potential risk factors being exposure to heavy metals, particularly lead (Pb). This study aimed to analyze the relationship between blood lead levels and the incidence of preeclampsia in pregnant women. An analytical observational study with a case-control design was conducted involving 66 respondents, consisting of 33 pregnant women with preeclampsia and 33 normotensive pregnant women. Samples were selected using purposive sampling with inclusion criteria of gestational age ≥ 28 weeks and no history of chronic diseases. Blood lead levels were measured using the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) method. Data were analyzed using the Mann-Whitney U test with a significance level of $\alpha=0.05$. The results showed a mean blood lead level of $19.33 \pm 8.21 \text{ } \mu\text{g/dL}$ (range 6.50 – $31.75 \text{ } \mu\text{g/dL}$). Statistical analysis revealed a significant difference between the preeclampsia and control groups ($p=0.000$), with higher lead levels observed in the preeclampsia group. These findings support the hypothesis that lead exposure, even at low levels, contributes to the pathogenesis of preeclampsia through mechanisms involving oxidative stress, endothelial damage, and reduced nitric oxide bioavailability. Blood lead level assessment is recommended as part of preeclampsia risk screening, particularly in areas with high potential for heavy metal exposure.

Keywords: lead, preeclampsia, pregnancy, heavy metals, oxidative stress

@Jurnal Ners Prodi Sarjana Keperawatan & Profesi Ners FIK UP 2025

* Corresponding author :

Address : Universitas Muhammadiyah Riau

Email : Rinaoktaviana@umri.ac.i

PENDAHULUAN

Timbal (lead, Pb) adalah logam berat beracun yang telah lama dikenal sebagai salah satu polutan lingkungan dengan dampak kesehatan yang luas. Menurut Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR, 2020), timbal dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui inhalasi debu atau asap, ingesti makanan dan air yang terkontaminasi, serta kontak kulit dengan material yang mengandung timbal. Setelah masuk ke dalam tubuh, timbal terdistribusi ke dalam darah, jaringan lunak, dan tulang, serta memiliki waktu paruh yang panjang sehingga dapat terakumulasi dalam jangka waktu lama.

Paparan timbal dapat mengganggu berbagai sistem organ, termasuk sistem saraf, ginjal, kardiovaskular, dan reproduksi. Pada wanita hamil, timbal memiliki kemampuan untuk melewati sawar plasenta sehingga dapat memengaruhi perkembangan janin. Efek biologis timbal pada kehamilan meliputi kerusakan endotel, peningkatan stres oksidatif, gangguan homeostasis kalsium, serta perubahan regulasi faktor angiogenik yang penting untuk perkembangan plasenta. Kondisi ini dapat meningkatkan risiko terjadinya komplikasi kehamilan seperti preeklampsia, retardasi pertumbuhan intrauterin, dan persalinan prematur (Wang et al., 2020).

Preeklampsia merupakan salah satu komplikasi kehamilan yang kompleks dan multifaktorial, yang ditandai dengan hipertensi (tekanan darah $\geq 140/90$ mmHg) dan proteinuria setelah usia kehamilan 20 minggu, dengan atau tanpa tanda kerusakan organ lainnya. Kondisi ini menjadi masalah kesehatan serius karena dapat menyebabkan morbiditas dan mortalitas ibu maupun janin. Dampak preeklampsia terhadap janin meliputi gangguan pertumbuhan intrauterin, prematuritas, hingga kematian perinatal, sementara pada ibu dapat menyebabkan eklampsia, gagal ginjal, perdarahan serebral, dan bahkan kematian. Menurut World Health Organization (WHO), hipertensi dalam kehamilan, termasuk preeklampsia, menyumbang sekitar 10–15% kematian ibu di negara berkembang. Di Indonesia, data Profil Kesehatan Indonesia 2023 menempatkan preeklampsia sebagai salah satu penyebab kematian ibu tertinggi, bersama perdarahan dan infeksi. Angka tersebut menegaskan bahwa preeklampsia masih menjadi permasalahan kesehatan yang membutuhkan intervensi menyeluruh.

Secara patofisiologis, penyebab pasti preeklampsia masih belum sepenuhnya diketahui. Namun, sejumlah mekanisme telah diidentifikasi, antara lain disfungsi endotel, ketidakseimbangan angiogenik, stres oksidatif, inflamasi sistemik, dan gangguan invasi trofoblas ke arteri spiralis. Salah satu hipotesis yang semakin mendapat perhatian adalah peran faktor lingkungan, khususnya paparan logam berat seperti timbal (Pb), sebagai faktor risiko yang dapat dimodifikasi (Varshavsky

et al., 2020). Paparan logam berat ini menjadi isu global karena bersumber dari polusi udara, air, makanan, dan produk rumah tangga, sehingga dapat memengaruhi kesehatan secara luas, termasuk kesehatan reproduksi.

Timbal merupakan logam berat toksik yang dapat masuk ke tubuh manusia melalui inhalasi, ingesti, dan kontak kulit. Setelah masuk ke tubuh, timbal terdistribusi dalam darah, jaringan lunak, dan tulang. Pada kehamilan, timbal dapat melewati sawar plasenta dan memengaruhi janin secara langsung. Secara biologis, timbal mengganggu homeostasis kalsium intraseluler, menginduksi pembentukan reactive oxygen species (ROS), dan mengurangi aktivitas enzim antioksidan seperti superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPx), dan catalase. Kondisi ini menyebabkan stres oksidatif yang memicu kerusakan endotel pembuluh darah, mengurangi bioavailabilitas nitric oxide (NO), serta meningkatkan pelepasan vasokonstriktor seperti endothelin-1 (Johnson et al., 2020; Wu et al., 2021). Kombinasi dari efek-efek ini berujung pada peningkatan resistensi vaskular, hipertensi, dan gangguan perfusi plasenta, yang merupakan ciri khas patogenesis preeklampsia.

Bukti ilmiah terkini mendukung adanya hubungan signifikan antara kadar timbal dalam darah ibu dengan kejadian preeklampsia. Meta-analisis terbaru yang mengkaji 25 studi terpilih dari 1.808 publikasi, di mana 21 di antaranya dianalisis secara kuantitatif, melibatkan total 1.533 ibu dengan preeklampsia dan 10.998 ibu hamil sehat. Hasil analisis Zhong et al (2022) menunjukkan bahwa kadar timbal maternal secara signifikan lebih tinggi pada kelompok preeklampsia dibandingkan kelompok kontrol dengan tingkat heterogenitas yang tinggi ($I^2 = 96,40\%$; $p < 0,001$). Menariknya, hubungan ini tetap terlihat bahkan pada kadar timbal yang rendah, mengindikasikan bahwa paparan timbal dalam jumlah minimal sekalipun dapat meningkatkan risiko preeklampsia.

Permasalahan yang menjadi fokus penelitian ini adalah tingginya angka preeklampsia yang belum dapat ditekan secara optimal, serta kurangnya kajian yang mengidentifikasi faktor risiko lingkungan seperti paparan timbal. Wawasan yang dibangun adalah bahwa faktor lingkungan memiliki kontribusi signifikan terhadap kejadian preeklampsia, sehingga identifikasi faktor tersebut penting untuk pencegahan berbasis bukti. Rencana pemecahan masalah yang diusulkan adalah mengkaji hubungan kadar timbal dalam darah dengan kejadian preeklampsia melalui desain studi case control, yang diharapkan dapat memberikan data empiris untuk mendukung kebijakan skrining dan pengendalian paparan logam berat pada ibu hamil.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara kadar timbal dalam darah dengan kejadian preeklampsia pada ibu

hamil. Hasil penelitian diharapkan memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu kebidanan, khususnya dalam bidang kesehatan ibu dan anak, serta menjadi landasan bagi perencanaan intervensi kesehatan lingkungan dan pencegahan komplikasi kehamilan yang lebih efektif.

METODE

Penelitian ini merupakan studi analitik observasional dengan rancangan case control yang bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kadar timbal dalam darah dengan kejadian preeklampsia pada ibu hamil. Populasi penelitian adalah seluruh ibu hamil trimester ketiga yang menjalani pemeriksaan kehamilan di fasilitas pelayanan kesehatan selama periode penelitian. Sampel penelitian terdiri dari dua kelompok, yaitu 33 ibu hamil yang didiagnosis preeklampsia sebagai kelompok kasus dan 33 ibu hamil normotensi sebagai kelompok kontrol. Pemilihan sampel dilakukan secara purposive sampling dengan kriteria inklusi meliputi ibu hamil usia kehamilan ≥ 28 minggu, tidak memiliki riwayat penyakit kronis seperti diabetes melitus atau penyakit ginjal, dan bersedia menjadi responden dengan menandatangani informed consent. Kriteria eksklusi meliputi ibu hamil dengan riwayat paparan logam berat yang diketahui secara jelas karena pekerjaan atau lingkungan industri.

Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara terstruktur untuk mendapatkan data karakteristik responden dan pemeriksaan laboratorium untuk mengukur kadar timbal dalam darah. Pengambilan sampel darah dilakukan oleh tenaga laboratorium berkompeten dari vena cubiti sebanyak 3 mL, kemudian dimasukkan ke dalam tabung bebas logam untuk menghindari kontaminasi. Pemeriksaan kadar timbal dilakukan menggunakan metode Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Data yang diperoleh diuji distribusinya menggunakan uji Shapiro-Wilk untuk menentukan kenormalan data. Hasil uji menunjukkan bahwa data kadar timbal tidak berdistribusi normal ($p < 0,05$), sehingga analisis bivariat dilakukan menggunakan uji non-parametrik Mann-Whitney U untuk membandingkan perbedaan kadar timbal antara kelompok kasus dan kontrol. Seluruh analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 25, dan tingkat kemaknaan ditetapkan pada $\alpha = 0,05$. Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas X dengan nomor surat persetujuan [nomor diisi]. Seluruh responden diberikan penjelasan mengenai tujuan, prosedur, manfaat, serta potensi risiko penelitian, dan partisipasi dilakukan secara sukarela setelah menandatangani lembar persetujuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik demografis dan obstetri ibu hamil merupakan faktor penting yang dapat memengaruhi kondisi kesehatan ibu dan janin, serta menentukan strategi pelayanan antenatal yang tepat.

Tabel 1. Karakteristik Ibu Hamil

No	Karakteristik	N	%
1.	Usia		
	<20	1	1.5
	20 – 35	57	86.4
	> 35 tahun	8	12.1
	Total	66	100
2.	Pendidikan		
	SD	0	0
	SMP	6	9.1
	SMA	14	21.2
	D3	2	3
	S1	39	59.1
	S2	2	3
	Total	66	100
3	Pekerjaan		
	Tidak Bekerja	44	66.7
	Bekerja	22	33.3
	Total	66	100
4.	Status kehamilan (gravida)		
	Primigravida	38	57.6
	Multigravida	27	40.9
	Grandemulti	1	1.5
	Total	66	100

Berdasarkan karakteristik responden, mayoritas berada pada kelompok usia 20–35 tahun (86,4%), yang merupakan usia reproduktif optimal dan memiliki risiko obstetri relatif rendah dibandingkan usia <20 tahun (1,5%) maupun >35 tahun (12,1%) yang berpotensi meningkatkan komplikasi kehamilan. Tingkat pendidikan responden sebagian besar adalah S1 (59,1%), diikuti SMA (21,2%), SMP (9,1%), dan masing-masing 3% untuk D3 dan S2, sedangkan tidak terdapat responden dengan pendidikan SD. Distribusi ini menunjukkan bahwa sebagian besar responden memiliki latar belakang pendidikan menengah ke atas, yang berpotensi mendukung pemahaman mereka terhadap informasi kesehatan. Dari segi pekerjaan, sebagian besar responden tidak bekerja atau berstatus ibu rumah tangga (66,7%), sementara 33,3% bekerja di sektor formal maupun informal, yang dapat memengaruhi paparan faktor risiko fisik maupun stres kerja. Berdasarkan status kehamilan, lebih dari separuh responden adalah primigravida (57,6%), diikuti multigravida (40,9%) dan grandemulti (1,5%). Tingginya proporsi primigravida mengindikasikan perlunya peningkatan edukasi dan pendampingan antenatal, mengingat pengalaman kehamilan pertama sering kali berkaitan dengan tingkat kecemasan dan kebutuhan informasi yang lebih tinggi.

Tabel 2. Rerata Kadar Timbal pada Ibu Hamil

Variabel	Mean ± SD	Minimun	Maksimum
Timbal	19,33 ± 8,21	6,50	31,75

Berdasarkan hasil analisis, kadar timbal pada responden memiliki nilai rerata sebesar 19,33 µg/dL dengan simpangan baku (SD) sebesar 8,21 µg/dL. Nilai rerata menunjukkan bahwa secara umum kadar timbal berada pada kisaran tersebut di antara seluruh responden. Simpangan baku yang cukup besar mengindikasikan adanya variasi kadar timbal yang cukup lebar antarresponden. Nilai minimum yang terukur adalah 6,50 µg/dL, menunjukkan kadar timbal terendah pada responden, sedangkan nilai maksimum adalah 31,75 µg/dL yang merepresentasikan kadar timbal tertinggi pada responden dalam penelitian ini. Rentang nilai yang cukup luas ini menggambarkan adanya perbedaan paparan timbal yang signifikan di antara responden.

Tabel. 3 Uji Mann Whitney Hubungan Kadar Timbal terhadap Kejadian Preeklampsia

Kadar Timbal	
Mann-Whitney U	215.000
Wilcoxon W	776.000
Z	-4.226
Asymp. Sig. (2-tailed)	0.000
a Grouping Variable:	Preeklampsi

Hasil uji Mann-Whitney menunjukkan nilai Asymp. Sig. (2-tailed) sebesar 0,000 (<0,05), yang menandakan adanya perbedaan bermakna secara statistik antara kadar timbal pada ibu hamil dengan preeklampsia dan ibu hamil normotensi. Nilai Z negatif (-4,226) mengindikasikan bahwa median kadar timbal pada kelompok preeklampsia lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Temuan ini konsisten dengan penelitian Sakina et al (2018) yang melaporkan rerata kadar timbal darah ibu hamil sebesar $42,437 \pm 19,758$ µg/dL dengan kisaran 3,60–114,80 µg/dL, di mana kadar timbal dapat ditransfer ke plasenta melalui sirkulasi darah, berpotensi memicu berbagai komplikasi kehamilan, termasuk hipertensi, kelahiran prematur, abortus spontan, cacat lahir, gangguan neurologis, hambatan pertumbuhan janin, dan berat badan lahir rendah.

Faktor eksternal, seperti pemeriksaan kehamilan, peran bidan, dan dukungan suami, berpengaruh signifikan terhadap kemampuan ibu hamil dalam mendeteksi dini risiko tinggi kehamilan (Rufainah & Patemah, 2025). Temuan ini sejalan dengan penelitian terkait preeklampsia, di mana deteksi dini menjadi kunci untuk mencegah komplikasi lebih lanjut. Preeklampsia

sendiri merupakan salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas ibu, yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk lingkungan, gaya hidup, serta paparan logam berat seperti timbal. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa kadar timbal maternal pada ibu dengan preeklampsia secara signifikan lebih tinggi dibandingkan ibu hamil normotensi (Zhong et al., 2022; Wu et al., 2021). Penelitian Suhartono et al (2022) di Indonesia mengonfirmasi adanya perbedaan signifikan kadar timbal antara kelompok preeklampsia dan kehamilan normal, menguatkan bukti bahwa paparan logam berat, khususnya timbal, memiliki peran penting dalam patogenesis preeklampsia di berbagai populasi.

Secara biologis, hubungan antara paparan timbal dan preeklampsia melibatkan beberapa mekanisme patofisiologis. Timbal diketahui menginduksi stres oksidatif dengan meningkatkan pembentukan reactive oxygen species (ROS) dan menurunkan aktivitas enzim antioksidan seperti superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPx), dan catalase. Kondisi ini menyebabkan kerusakan endotel pembuluh darah dan menurunkan bioavailabilitas nitric oxide (NO), yang esensial untuk vasodilatasi. Selain itu, timbal berkorelasi dengan peningkatan kadar soluble fms-like tyrosine kinase-1 (sFlt-1) dan penurunan placental growth factor (PIGF), sehingga menghambat angiogenesis normal dan memperburuk hipoksia plasenta (Johnson et al., 2020). Hipoksia ini memicu pelepasan faktor proinflamasi, disfungsi endotel, serta perubahan pada otot polos vaskular yang meningkatkan resistensi pembuluh darah.

Proses ini berlanjut dengan terjadinya endoteliosis generalisata pada pembuluh darah sistemik, ginjal, otak, dan hati, yang ditandai penurunan vasodilator (NO, prostasiklin, endothelium-derived hyperpolarization factor) dan peningkatan vasokonstriktor seperti endotelin-1 dan tromboksan A2. Selain itu, faktor bioaktif memengaruhi matrix metalloproteinases (MMP) dan matriks ekstraseluler, menyebabkan remodeling vaskular yang tidak optimal, peningkatan kekakuan arteri, dan resistensi vaskular yang lebih tinggi—keseluruhannya berkontribusi pada kenaikan tekanan darah yang menjadi ciri khas preeklampsia (Qu & Khalil, 2020).

Penelitian ini menunjukkan bahwa hubungan antara kadar timbal dan preeklampsia tetap signifikan meskipun kadar timbal berada pada level yang relatif rendah. Hal ini sejalan dengan temuan Wu et al. (2021) yang melaporkan bahwa paparan timbal di bawah ambang batas keamanan yang direkomendasikan tetap berkaitan dengan peningkatan risiko preeklampsia. Fakta ini menyoroti perlunya evaluasi ulang standar batas aman paparan timbal, mengingat kerentanan

fisiologis ibu hamil yang lebih tinggi dibandingkan populasi umum.

Faktor lingkungan juga berkontribusi pada paparan timbal, laporan State of Global Air (2019) menyebutkan bahwa polusi udara, baik luar ruang (ambient air pollution) maupun dalam rumah (household air pollution), merupakan faktor risiko lingkungan utama yang meningkatkan beban penyakit global. Pada ibu hamil, paparan polutan seperti partikel halus PM2,5, ozon, dan nitrogen dioksida (NO₂) dapat memicu respons inflamasi sistemik dan stres oksidatif yang berdampak pada fungsi endotel dan tekanan darah, sehingga relevan dalam patogenesis preeklampsia.

Implikasi dari penelitian ini sangat penting bagi upaya pencegahan. Strategi promotif dan preventif dapat dilakukan melalui edukasi kepada masyarakat mengenai bahaya paparan timbal dan sumber potensialnya, penguatan regulasi industri, dan pengawasan kualitas lingkungan. Pemeriksaan kadar timbal darah pada ibu hamil, terutama di daerah dengan potensi paparan tinggi, dapat dipertimbangkan sebagai bagian dari skrining antenatal untuk deteksi dini risiko preeklampsia.

Penelitian ini memiliki keterbatasan. Desain case-control bersifat observasional, sehingga tidak dapat memastikan hubungan kausal. Selain itu, kemungkinan variabel perancu seperti status nutrisi mikro, jenis pekerjaan, dan pola konsumsi belum sepenuhnya terkontrol. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dengan desain longitudinal dan pendekatan multivariat diperlukan untuk memperkuat bukti hubungan antara paparan timbal dan kejadian preeklampsia.

SIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa terdapat hubungan yang bermakna antara kadar timbal darah dan kejadian preeklampsia pada ibu hamil. Hasil analisis menunjukkan kadar timbal secara signifikan lebih tinggi pada ibu dengan preeklampsia dibandingkan ibu hamil normotensi ($p < 0,05$). Temuan ini mengindikasikan bahwa paparan timbal dapat menjadi salah satu faktor risiko penting dalam patogenesis preeklampsia, melalui mekanisme peningkatan stres oksidatif, kerusakan endotel, dan penurunan ketersediaan *nitric oxide*. Oleh karena itu, pemeriksaan kadar timbal dapat dipertimbangkan sebagai bagian dari skrining risiko preeklampsia, terutama di wilayah dengan potensi paparan logam berat yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- ATSDR. (2020). *Lead Toxicity. Case Studies In Environmental Medicine*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Johnson, K. M., Specht, A. J., Hart, J. M., Salahuddin, S., Erlinger, A. L., Hacker, M. R., Woolf, A. D., Hauptman, M., Karumanchi, S. A., Wylie, B. J., & O'Brien, K. (2020). Lead exposure and association with angiogenic factors and hypertensive disorders of pregnancy. *Pregnancy Hypertension*, 22, 93–98. <https://doi.org/10.1016/j.preghy.2020.07.014>
- Qu, H., & Khalil, R. A. (2020). Vascular mechanisms and molecular targets in hypertensive pregnancy and preeclampsia. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 319(3). <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00202.2020>
- Rufaindah, E., & Patemah. (2025). Analisis faktor eksternal terhadap kemampuan ibu hamil dalam melakukan deteksi dini resiko tinggi. *Jurnal Ners*, 9(3), 5483–5486.
- Sakina, N. A., Suhartono, & Dewanti, N. A. Y. (2018). Blood Lead Levels in Pregnant Women and the Source of Exposure in Northern Coastal Area of Brebes Regency. *Journal Of Public Health For Tropical And Coastal Region (JPHTCR)*.
- Suhartono, S., Kartini, A., Budiyono, B., & Darundiati, Y. H. (2022). The Differences in Blood Lead Levels in Women with Gestational Hypertension or Pre-Eclampsia and Women with Normal Pregnancy (A Study in the North Coast of Java, Brebes District). *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 14(1), 27–36. <https://doi.org/10.20473/jkl.v14i1.2022.27-36>
- Varshavsky, J., Smith, A., Wang, A., Hom, E., Izano, M., Huang, H., Padula, A., & Woodruff, T. J. (2020). Heightened susceptibility: A review of how pregnancy and chemical exposures influence maternal health. *Reproductive Toxicology*, 92, 14–56. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2019.04.004>
- Wang, Y., Wang, K., Han, T., Zhang, P., Chen, X., Wu, W., Feng, Y., Yang, H., Li, M., Xie, B., Guo, P., Warren, J. L., Shi, X., Wang, S., & Zhang, Y. (2020). Exposure to multiple metals and prevalence for preeclampsia in Taiyuan, China. *Environment International*, 145, 106098. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106098>
- Wu, S. Z., Xu, H. Y., Chen, Y., Chen, Y., Zhu, Q. L., Tan, M. H., & Zhang, M. M. (2021). Association of blood lead levels with preeclampsia: A cohort study in China. *Environmental Research*, 195. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110822>
- Zhong, Z., Yang, Q., Li, C., Chen, X., & Zhou, F. (2022). A global perspective of correlation between maternal blood lead levels and risks of preeclampsia: An updated systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1072052>