



**Invention: Journal Research and Education Studies  
Volume 6 Nomor 1 Maret 2025**

The Invention: Journal Research and Education Studies is published three (3) times a year

**(March, July and November)**

**Focus :** Education Management, Education Policy, Education Technology, Education Psychology, Curriculum Development, Learning Strategies, Islamic Education, Elementary Education

**LINK :** <https://pusdikra-publishing.com/index.php/jres>

## Mekanisme Detoksifikasi: Cara Sistem Ekskresi Melindungi Tubuh dari Racun

Astrida J.A Batubara<sup>1</sup>, Imelda Situmorang<sup>2</sup>, Irma Riavael Nasution<sup>3</sup>, Ninta Dumaria Matanari<sup>4</sup>, Niswatun Hasanah<sup>5</sup>, Melva Silitonga<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Universitas Negeri Medan, Indonesia

### ABSTRACT

Sistem ekskresi manusia memainkan peran krusial dalam detoksifikasi tubuh melalui mekanisme kompleks yang melibatkan organ-organ seperti ginjal, hati, dan kulit. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji proses detoksifikasi sistem ekskresi melalui metode studi literatur sistematis. Hasil analisis menunjukkan bahwa ginjal menyaring sekitar 180 liter darah per hari untuk mengeliminasi senyawa toksik seperti urea dan kreatinin, sementara hati melakukan detoksifikasi kimiawi melalui dua fase utama yang melibatkan enzim sitokrom P450 dan konjugasi molekul. Kulit juga berkontribusi melalui ekskresi keringat, terutama untuk logam berat. Faktor nutrisi, hidrasi, dan paparan toksin kronis secara signifikan memengaruhi efisiensi detoksifikasi. Temuan ini memiliki implikasi klinis penting, termasuk rekomendasi pemantauan rutin kadar kreatinin dan enzim hati, serta intervensi nutrisi untuk meningkatkan glutathion intrahepatik. Studi ini menyoroti perlunya penelitian lebih lanjut tentang peran mikrobiota usus dan dampak penuaan pada kapasitas detoksifikasi.

### Kata Kunci

*Detoksifikasi, Sistem Ekskresi, Ginjal, Hati, Toksin, Nutrisi.*

### Corresponding Author:

[angelicapanjaitan1979@gmail.com](mailto:angelicapanjaitan1979@gmail.com)

## PENDAHULUAN

Tubuh manusia terus-menerus terpapar oleh berbagai zat asing (xenobiotik), racun, dan produk sampingan metabolisme yang berpotensi merugikan kesehatan jika tidak dikelola dengan baik. Zat-zat berbahaya ini bisa berasal dari lingkungan (seperti logam berat dan polutan), makanan dan minuman, obat-obatan, bahkan dari konsumsi bahan herbal yang tidak terstandar. Untuk mengatasi hal tersebut, tubuh memiliki sistem detoksifikasi alami yang melibatkan berbagai organ ekskresi seperti hati, ginjal, kulit, dan paru-paru. Sistem ini bekerja secara sinergis untuk menetralkan, memetabolisme, dan mengeluarkan zat-zat toksik demi menjaga kestabilan fisiologis tubuh.

Salah satu organ utama dalam proses detoksifikasi adalah hati, yang berfungsi sebagai pusat metabolisme berbagai senyawa kimia. Melalui aktivitas enzimatik, hati mengubah racun menjadi bentuk yang lebih larut dalam air agar dapat diekskresikan melalui urin atau empedu. Ginjal, sebagai bagian dari sistem ekskresi urinaria, berperan menyaring darah dan mengeluarkan limbah metabolik, termasuk senyawa toksik yang larut dalam air, melalui urin. Proses ini sangat penting, terutama pada individu dengan kondisi penyakit ginjal kronis (CKD). Menurut Chen et al. (2022), akumulasi toksin uremik pada pasien CKD dapat menyebabkan gangguan metabolik serius dan memperburuk kerusakan organ, yang menunjukkan betapa krusialnya peran sistem ekskresi dalam menjaga homeostasis tubuh.

Selain hati dan ginjal, kulit juga berkontribusi dalam proses ekskresi melalui produksi keringat. Dalam studi oleh Jiang et al. (2020), ditemukan bahwa beberapa logam berat seperti arsenik, kadmium, dan merkuri dapat dikeluarkan melalui keringat, yang menunjukkan bahwa kelenjar keringat berfungsi sebagai jalur alternatif penting dalam ekskresi racun, terutama saat jalur ginjal terganggu atau tidak optimal.

Menariknya, efisiensi detoksifikasi tidak hanya bergantung pada kondisi organ ekskresi, tetapi juga pada faktor genetik. Penelitian oleh Lee et al. (2023) mengungkapkan bahwa variasi genetik pada enzim sitokrom P450 (CYP450) dapat mempengaruhi kemampuan individu dalam memetabolisme obat dan racun. Polimorfisme genetik ini bisa menyebabkan individu memiliki respons yang berbeda terhadap paparan racun atau zat kimia, yang pada akhirnya berdampak pada kecepatan dan efektivitas proses detoksifikasi dalam tubuh mereka.

Dalam konteks lokal, penggunaan bahan alami seperti jamu dan tanaman obat masih menjadi praktik umum di masyarakat Indonesia. Namun, hal ini menuntut perhatian terhadap keamanan dan kualitas produk yang dikonsumsi. Adnan, Saad, dan Karim (2024) meneliti kualitas jamu peningkat imun yang beredar di Makassar dan menekankan pentingnya pengawasan terhadap potensi kandungan toksik di dalamnya, karena jamu yang tidak terstandar bisa membebani fungsi hati dan ginjal sebagai organ detoksifikasi utama. Senada dengan itu, studi oleh Gunawan et al. (2024) yang meneliti efek ekstrak daun bajakah kalalawit terhadap hati dan ginjal mencit, menunjukkan bahwa meskipun bahan alam sering dianggap aman, tetap diperlukan evaluasi toksikologis secara menyeluruh untuk menjamin tidak terjadi kerusakan organ akibat konsumsi jangka panjang.

Demikian pula, penelitian oleh Fajriaty et al. (2024) membuktikan bahwa ekstrak buah tengkawang tungkul dapat memengaruhi perilaku dan indeks

organ pada tikus malnutrisi, mengindikasikan adanya hubungan erat antara paparan senyawa aktif dan respons fisiologis organ tubuh, termasuk yang terkait sistem ekskresi.

Dengan mempertimbangkan berbagai temuan tersebut, semakin jelas bahwa mekanisme detoksifikasi merupakan sistem biologis yang kompleks dan sangat penting dalam menjaga kesehatan tubuh. Tidak hanya melibatkan kerja organ ekskresi, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor genetik dan paparan zat-zat dari luar. Oleh karena itu, pemahaman yang komprehensif mengenai cara kerja sistem ekskresi dalam mengeliminasi racun dapat memberikan landasan ilmiah yang kuat dalam upaya pencegahan penyakit, pengembangan terapi yang lebih tepat, serta peningkatan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kesehatan organ-organ ekskresi.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur sistematis untuk mengkaji mekanisme detoksifikasi pada sistem ekskresi manusia, dengan fokus pada peran organ-organ ekskresi dalam melindungi tubuh dari racun. Pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran komprehensif pada database akademik dan jurnal ilmiah terindeks dengan menggunakan kombinasi kata kunci spesifik terkait detoksifikasi dan sistem ekskresi. Kriteria inklusi mencakup artikel penelitian per-reviewed yang dipublikasikan dalam 5 tahun terakhir berbahasa Inggris dan Indonesia yang berfokus pada mekanisme detoksifikasi manusia, sementara literatur non-ilmiah, studi kasus tunggal, dan penelitian dengan metodologi tidak jelas dieksklusi. Setiap artikel dievaluasi menggunakan kriteria penilaian kualitas terstruktur untuk memastikan validitas temuan. Data yang diekstraksi meliputi informasi bibliografis, tujuan penelitian, metodologi, temuan utama terkait mekanisme detoksifikasi, serta implikasi klinis dan fisiologis. Analisis data menggunakan pendekatan sintesis naratif dengan pengelompokan temuan berdasarkan jalur biokimia detoksifikasi, peran organ ekskresi spesifik, faktor yang mempengaruhi efisiensi detoksifikasi, dan implikasi klinis dari gangguan mekanisme detoksifikasi. Meskipun tidak memerlukan persetujuan komite etik penelitian karena berbasis literatur, studi ini tetap mematuhi prinsip-prinsip integritas akademik dalam pengutipan dan penghargaan terhadap hak kekayaan intelektual peneliti lain.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Mekanisme Detoksifikasi Sistem Ekskresi**

Berdasarkan analisis literatur sistematis, ditemukan bahwa sistem ekskresi manusia melakukan detoksifikasi melalui serangkaian proses kompleks yang melibatkan berbagai organ secara terintegrasi. Ginjal memainkan peran sentral dengan menyaring sekitar 180 liter darah setiap hari melalui proses filtrasi glomerulus yang selektif. Mekanisme ini memungkinkan eliminasi senyawa toksik seperti urea (dihasilkan dari metabolisme protein) dan kreatinin (produk samping metabolisme otot) sambil mempertahankan zat-zat penting seperti glukosa dan asam amino melalui proses reabsorpsi tubulus.

Hati berfungsi sebagai pusat detoksifikasi kimiawi melalui dua fase utama. Fase I melibatkan sistem enzim sitokrom P450 yang mengubah senyawa lipofilik menjadi intermediat lebih polar melalui reaksi oksidasi, reduksi, atau hidrolisis. Studi menunjukkan bahwa aktivitas enzim ini dapat bervariasi hingga 40 kali lipat antar individu akibat faktor genetik dan pengaruh lingkungan. Fase II detoksifikasi terjadi melalui konjugasi dengan molekul seperti glutathion, sulfat, atau glukuronat, yang meningkatkan kelarutan senyawa toksik untuk diekskresikan melalui empedu atau urin.

**Tabel 1.**

**Mekanisme Detoksifikasi oleh Organ Ekskresi**

<b>Organ</b>	<b>Proses Detoksifikasi</b>	<b>Senyawa yang Dieliminasi</b>	<b>Faktor yang Mempengaruhi</b>	<b>Data Kuantitatif</b>	<b>Implasi Klinis</b>
Ginjal	Filtrasi, glomerulus, reabsorpsi/sekresi tubuh.	Urea, kreatinin, ion berlebih (K+, Na), obat-obatan.	Hidrasi, fungsi glomerulus, tekanan darah.	Laju filtrasi glomerulus (GFR): 90-120mL/menit	Gagal ginjal → akumulasi ureum (BUN >20 mg/dL).
Hati	Detoksifikasi fase I (CYP450) & fase II (konjugasi).	Alkohol, obat, lamonia, bilirubin.	Genetik (polimorfisme CYP450), status antioksidan	Aktivitas CYP450 bervariasi 40x antarindividu	Defisiensi glutathion - hepatotoksitas
Kulit	Ekskresi melalui keringat	Logam berat (As, Cd), urea, NaCl	Aktivitas fisik, suhu lingkungan	1-3% total toksin tubuh	Keringat berlebihan → kehilangan elektrolit

Paru-paru	Difusi gas → ekshalasi.	CO <sub>2</sub> , VOC (aseton, etanol).	Kapasitas vital paru, polusi udara.	Ekskresi CO <sub>2</sub> : 200-250 mL/menit (istirahat).	Gangguan pertukaran gas asidosis
-----------	-------------------------	---	-------------------------------------	--	----------------------------------

### Analisis Komparatif Efisiensi Organ Ekskresi

Data literatur mengungkapkan variasi signifikan dalam kapasitas detoksifikasi antar organ. Ginjal menunjukkan efisiensi filtrasi mencapai 125 mL/menit pada dewasa sehat, namun dapat menurun drastis pada kondisi seperti penyakit ginjal kronis. Hati memiliki kapasitas regeneratif yang luar biasa, dengan studi menunjukkan bahwa hanya diperlukan 25-30% massa hati fungsional untuk mempertahankan proses detoksifikasi dasar.

Kulit, meskipun sering diabaikan, berkontribusi dalam detoksifikasi melalui kelenjar keringat yang mampu mengeliminasi berbagai senyawa, termasuk logam berat seperti kadmium dan merkuri. Analisis komparatif menunjukkan bahwa ekskresi melalui keringat dapat mencapai 1-3% dari total beban toksin tubuh, dengan variasi tergantung pada tingkat aktivitas fisik dan suhu lingkungan.

### Faktor yang Mempengaruhi Proses Detoksifikasi

Pembahasan mendalam terhadap literatur terkini mengidentifikasi beberapa faktor kritis yang mempengaruhi efisiensi detoksifikasi:

1. Faktor Nutrisi: Asupan mikronutrien seperti seng, selenium, dan vitamin B kompleks terbukti esensial untuk fungsi optimal enzim detoksifikasi. Defisiensi nutrisi ini dapat mengurangi aktivitas enzim sitokrom P450 hingga 60%.
2. Hidrasi: Status hidrasi mempengaruhi konsentrasi urin dan eliminasi toksin terlarut. Data menunjukkan bahwa dehidrasi ringan (kehilangan 1-2% berat badan) sudah dapat mengurangi laju filtrasi glomerulus sebesar 10-15%.
3. Eksposur Toksin Kronis: Paparan terus-menerus terhadap polutan lingkungan menyebabkan down-regulation reseptor xenobiotik di hati, mengurangi kapasitas detoksifikasi jangka panjang.

**Tabel 2.**

#### Faktor yang Mempengaruhi Efisiensi Detoksifikasi

Faktor	Dampak pada detoksifikasi	Contoh	Intervensi yang Direkomendasikan
Nutrisi	Modulasi enzim CYP450 & antioksidan.	Defisiensi seng 1 aktivitas SOD	Suplementasi Zn, Se, vitamin B.

<b>Hidrasi</b>	Mempengaruhi konsentrasi urin & aliran darah ginjal	Dehidrasi 1 GFR 10-15%.	Asupan air 25-30 mL/1 aktivitas SOD
<b>Genetik</b>	Polimorfisme gen enzim detoksifikasi.	CYP2D6*10 1 metabolisme obat	Farmakogenomik untuk dosis obat.
<b>Lingkungan</b>	Beban toksin kronis.	Paparan peptisida 1 beban hati.	Penggunaan APD, diet detoks

### Implikasi Klinis dan Rekomendasi

Temuan ini memiliki implikasi penting dalam praktik klinis. Pada pasien dengan gangguan fungsi hati, akumulasi amonia dapat mencapai level toksik ( $>100 \mu\text{mol/L}$ ) dalam waktu 12-24 jam setelah konsumsi protein berlebihan. Untuk pasien ginjal, pembatasan asupan fosfor menjadi kritikal mengingat penurunan kapasitas ekskresi fosfat yang dapat menyebabkan hiperfosfatemia.

Rekomendasi berbasis bukti yang dapat diajukan meliputi:

1. Pemantauan rutin kadar kreatinin serum dan enzim hati pada populasi risiko tinggi
2. Intervensi nutrisi yang menargetkan peningkatan kadar glutathion intrahepatik
3. Modifikasi gaya hidup untuk meningkatkan sirkulasi dan perfusi organ ekskresi

**Tabel 3.**  
**Parameter Gangguan Detoksifikasi dalam Kondisi Klinis**

Kondisi	Biomarker	Level abnormal	Penanganan
Gagal ginjal	Ureum darah (BUN).	$>20 \text{ mg/dL}$	Dialisis, restriksi protein.
Sirosis hati.	Bilirubin tota	$>2 \text{ mg/dL}$	Suplementasi NAC, transplantasi.
Keracunan logam	Kadmium Urin	$>1 \mu\text{g/g}$ kreatinin	Kelasi (EDTA/DMSA)

### Keterbatasan dan Arah Penelitian Mendatang

Meskipun komprehensif, sintesis literatur ini mengungkapkan beberapa celah pengetahuan yang perlu dieksplorasi lebih lanjut, termasuk peran mikrobioma usus dalam modulasi detoksifikasi dan potensi terapi gen untuk gangguan enzim detoksifikasi bawaan. Penelitian prospektif jangka panjang diperlukan untuk memahami dampak penuaan terhadap kapasitas detoksifikasi sistem ekskresi.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang mekanisme detoksifikasi sistem ekskresi, dapat disimpulkan bahwa sistem ekskresi manusia memainkan peran vital dalam proses detoksifikasi tubuh melalui mekanisme yang kompleks dan terintegrasi. Ginjal berfungsi sebagai penyaring utama yang memproses sekitar 180 liter darah per hari untuk mengeliminasi senyawa toksik seperti urea dan kreatinin. Hati berperan penting dalam detoksifikasi kimiawi melalui dua fase utama yang melibatkan enzim sitokrom P450 dan proses konjugasi, dengan aktivitas yang bervariasi hingga 40 kali lipat antar individu karena faktor genetik. Kulit juga berkontribusi dalam proses detoksifikasi melalui ekskresi keringat, terutama untuk eliminasi logam berat. Efisiensi detoksifikasi sangat dipengaruhi oleh faktor nutrisi (terutama mikronutrien seperti seng, selenium, dan vitamin B kompleks), status hidrasi, serta paparan toksin kronis. Temuan ini memiliki implikasi klinis penting, termasuk perlunya pemantauan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Adnan, J., dkk. (2024). Pemantauan kualitas jamu peningkat imun tubuh yang beredar di kota Makassar. *Jurnal Farmasi Pelamonia/Journal Pharmacy of Pelamonia*, 4(1), 32-40. <https://doi.org/10.37311/jipe.v4i1.24810>. Chen, Y., et al. (2022). "Uremic Toxin Accumulation in Chronic Kidney Disease". *Journal of Nephrology*, 35(4), 112-125.
- Fajriaty, I., dkk. (2024). Pengaruh ekstrak etanol buah tengkawang tungkul (*Shorea stenoptera* Burck) terhadap perilaku dan indeks organ tikus malnutrisi. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education (e-Journal)*, 4(1), 124-132.
- Gunawan, Y. E., dkk. (2024). Gambaran histopatologi hati dan ginjal mencit (*Mus musculus*) setelah pemberian ekstrak daun bajakah kalalawit (*Uncaria gambir* Roxb.). *Jurnal Pharmaccience*, 11(2), 227-238. <https://doi.org/10.20527/jps.v11i2.17733>
- Jiang, R., et al. (2020). "Heavy Metal Excretion Through Sweat: A Cross-Sectional Study". *Environmental Health Perspectives*, 128(6), 067001.
- Lee, S.J., et al. (2023). "Genetic Polymorphisms in CYP450 and Detoxification Efficiency". *Pharmacogenomics*, 24(2), 89-102.
- Smith, A.B., et al. (2021). "Renal Filtration Mechanisms: A Comprehensive Review". *Kidney International*, 99(3), 456-470.
- Zhang, L., & Wong, M.H. (2022). "Phase II Detoxification Pathways in the Liver". *Biochemical Pharmacology*, 195, 114853.