CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-4183 | p-ISSN : 2774-8030
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/cendekia

PEMBERIAN BORAKS DENGAN TIGA VARIASI DOSIS TERHADAP AKTIVITAS ENZIM SGOT DAN SGPT DALAM DARAH MENCIT JANTAN MELALUI PROSES INDUKSI

Nabila Rizky Pramesti[1], Lully Hanni Endarini[2], Christ Kartika R[3]
Poltekkes Kemenkes Surabaya[1,2,3]
e-mail: nabila.rizky.845@gmail.com

Diterima: *12/10/2026*; Direvisi: *18/10/2026*; Diterbitkan: *2/11/2026*

ABSTRAK

Penyalahgunaan boraks sebagai bahan tambahan pangan non-pangan masih sering ditemukan di masyarakat untuk mengawetkan dan memperbaiki tekstur makanan olahan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemberian boraks secara subakut dalam tiga tingkatan dosis terhadap aktivitas enzim *Serum Glutamic Pyruvic Transaminase* (SGPT) dan *Serum Glutamic Oxaloacetic Transaminase* (SGOT) pada mencit jantan (*Mus musculus*). Penelitian eksperimental murni (*true experimental*) ini menerapkan rancangan *post-test only control group design* menggunakan 32 ekor mencit jantan galur Balb/c yang terbagi ke dalam empat kelompok, yaitu kontrol, perlakuan 1 (1,51 mg/kg BB), perlakuan 2 (3,02 mg/kg BB), dan perlakuan 3 (4,52 mg/kg BB) dengan pemberian *per oral* selama 14 hari. Hasil uji *One-Way ANOVA* menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan antarkelompok perlakuan, baik pada enzim SGPT ($F(3, 28) = 71{,}957$; $p < 0{,}001$) maupun SGOT ($F(3, 28) = 37{,}983$; $p < 0{,}001$). Uji lanjut *Tukey Honestly Significant Difference* (*HSD*) mengonfirmasi bahwa aktivitas SGPT meningkat nyata antarkelompok perlakuan dosis bertingkat ($p < 0{,}001$), sedangkan pada SGOT peningkatan antara kelompok perlakuan 2 dan 3 tidak berbeda bermakna secara statistik ($p = 0{,}094$). Peningkatan aktivitas enzim transaminase ini mengindikasikan adanya gangguan permeabilitas membran hepatosit dan mendukung dugaan terjadinya cedera hepatoseluler subakut yang berkorelasi dengan kenaikan dosis paparan boraks.
Kata kunci: *Boraks, SGPT, SGOT, Mus musculus, Toksisitas Subakut*

ABSTRACT

The misuse of borax as an unauthorized food additive is still widely found in processed foods to improve texture and shelf life. This study aims to analyze the effect of subacute oral borax administration across three dose variations on the activity of Serum Glutamic Pyruvic Transaminase (SGPT) and Serum Glutamic Oxaloacetic Transaminase (SGOT) in male mice (Mus musculus). This true experimental study employed a post-test only control group design using 32 male Balb/c mice divided into four groups: control, treatment 1 (1.51 mg/kg BW), treatment 2 (3.02 mg/kg BW), and treatment 3 (4.52 mg/kg BW) administered orally for 14 days. The One-Way ANOVA test showed significant differences among groups for both SGPT activity ($F(3, 28) = 71.957$; $p < 0.001$) and SGOT activity ($F(3, 28) = 37.983$; $p < 0.001$). Post-hoc Tukey Honestly Significant Difference (HSD) tests confirmed that SGPT levels increased significantly across escalating dose groups ($p < 0.001$), whereas SGOT levels between treatment groups 2 and 3 showed no statistically significant difference ($p = 0.094$). The increased activity of these transaminase enzymes indicates altered hepatocyte membrane permeability and supports the presumption of dose-dependent hepatocellular injury induced by subacute borax exposure.
Keywords: *Borax, SGPT, SGOT, Mus musculus, Subacute Toxicity*

Copyright (c) 2026 CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan
https://doi.org/10.51878/cendekia.v7i1.16547

CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-4183 | p-ISSN : 2774-8030
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/cendekia

PENDAHULUAN

Keamanan pangan merupakan pilar utama dalam menjamin kesehatan dan derajat kesejahteraan masyarakat luas. Namun, praktik penambahan bahan kimia berbahaya pada pangan olahan masih marak dijumpai di berbagai daerah, salah satunya penggunaan senyawa boraks atau natrium tetraborat dekahidrat (Gustini et al., 2021; Pratiwi, Rini, et al., 2020; Saputri et al., 2024; Simra, 2025). Di Indonesia, boraks kerap disalahgunakan oleh produsen tidak bertanggung jawab untuk memperbaiki kekenyalan dan daya simpan produk seperti bakso, kerupuk, mi basah, dan lontong. Pengujian terhadap sepuluh sampel pangan di Kota Ambon membuktikan bahwa sebanyak 40% sampel positif terkontaminasi boraks dengan kadar berkisar 2,461–3,051 ppm (Simra, 2025). Secara fisiologis, bahan pangan yang dikonsumsi harian seharusnya bebas dari xenobiotik toksik agar integritas organ metabolisme, terutama hepar, dapat terlindungi dengan baik (Male et al., 2020; Simra, 2025).

Paparan senyawa boraks secara berulang menimbulkan kekhawatiran serius terhadap fungsi homeostatis jaringan hepar. Senyawa boron yang masuk ke saluran pencernaan akan diabsorpsi secara efisien dan didistribusikan ke hepar sebelum diekskresikan melalui urine (Hadrup et al., 2021). Di dalam literatur toksikologi, akumulasi boron dilaporkan memicu stres oksidatif yang dapat merusak lapisan membran hepatosit, sehingga memfasilitasi pelepasan enzim transaminase ke dalam sirkulasi darah (Liu et al., 2020; McGill, 2016). Kesenjangan antara regulasi larangan bahan kimia berbahaya dan tingginya temuan boraks di pasar tradisional berisiko menimbulkan gangguan fungsional hati tanpa disadari oleh konsumen. Tekanan toksik ini berpotensi mengganggu keseimbangan redoks intraseluler secara progresif seiring peningkatan frekuensi pajanan (Pamungkas et al., 2021; Pratiwi, Prasetyowati, et al., 2020; Taufiknoor et al., 2023; Tiadeka et al., 2022).

Inkonsistensi temuan dari studi terdahulu mempertegas adanya kesenjangan penelitian mengenai sensitivitas respons enzim transaminase terhadap variasi paparan boraks. Beberapa penelitian terdahulu lebih berfokus pada evaluasi efikasi agen protektif terhadap pajanan boraks dosis tinggi (Pratiwi et al., 2016). Di sisi lain, pemberian bleng pada dosis 25, 50, dan 75 mg/kg BB selama 28 hari justru dilaporkan tidak menghasilkan perubahan aktivitas SGOT dan SGPT yang signifikan (Kresnadipayana et al., 2022). Sebaliknya, induksi asam borat dosis masif 1.330 mg/kg BB selama 28 hari menimbulkan gangguan biokimiawi dan histopatologis hati yang sangat parah (Ismail, 2022). Variasi hasil ini menunjukkan perlunya klarifikasi mengenai ambang sensitivitas enzim transaminase terhadap variasi dosis bertingkat yang lebih rendah dalam periode paparan subakut 14 hari pada hewan model mencit jantan (*Mus musculus*).

Penetapan dosis perlakuan pada penelitian ini mengacu pada rentang konversi dosis toksik subakut dan estimasi batas aman konsumsi harian. Dosis yang diuji meliputi dosis rendah 1,51 mg/kg BB, dosis sedang 3,02 mg/kg BB, dan dosis tinggi 4,52 mg/kg BB. Dosis terendah 1,51 mg/kg BB dipilih sebagai representasi batas minimal akumulasi pajanan xenobiotik boron, sedangkan dosis 3,02 mg/kg BB dan 4,52 mg/kg BB ditetapkan untuk menguji respons eskalasi toksisitas bertingkat. Kebaruan penelitian ini difokuskan pada analisis perbandingan sensitivitas pelepasan enzim SGPT dan SGOT secara simultan pada mencit jantan (*Mus musculus*) pascapaparan subakut selama 14 hari. Penelitian ini mengkaji pola respons kenaikan enzim sebagai indikator biokimiawi dini guna mendeteksi gangguan integritas membran hepatosit sebelum timbulnya manifestasi klinis lanjutan.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh pemberian boraks dalam tiga variasi dosis terhadap aktivitas enzim SGPT dan SGOT dalam serum darah mencit

Copyright (c) 2026 CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan
https://doi.org/10.51878/cendekia.v7i1.16547

CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-4183 | p-ISSN : 2774-8030
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/cendekia

jantan (*Mus musculus*) setelah pajanan subakut selama 14 hari. Secara khusus, penelitian ini bertujuan mengukur rerata aktivitas SGPT, mengevaluasi kadar SGOT, serta mengidentifikasi perbedaan respons pelepasan kedua enzim tersebut antarkelompok dosis. Temuan empiris ini diharapkan dapat memperkaya wawasan toksikologi eksperimental mengenai respons adaptif maupun cedera hepatoseluler akibat xenobiotik boron pada hewan model. Informasi yang diperoleh dapat menjadi referensi ilmiah praklinis bagi pengembangan studi toksisitas bahan tambahan pangan berbahaya di masa mendatang.

METODE PENELITIAN

Penelitian eksperimental murni laboratorik (*true experimental*) ini menerapkan rancangan *post-test only control group design*. Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Hewan Coba dan Rumah Sakit Hewan Universitas Airlangga pada April hingga Mei 2026 setelah memperoleh persetujuan etik penelitian. Hewan uji yang digunakan adalah mencit jantan (*Mus musculus*) galur Balb/c berusia 2–3 bulan dengan bobot badan berkisar 20–25 gram dalam kondisi sehat dan aktif. Jumlah replikasi dihitung menggunakan rumus Federer, yaitu $(t-1)(n-1) \geq 15$, dengan t merupakan jumlah kelompok sebanyak 4 sehingga diperoleh kebutuhan minimal 6 ekor per kelompok. Untuk mengantisipasi risiko mortalitas atau pengeluaran (*drop out*) selama 14 hari perlakuan, ukuran sampel ditingkatkan sebesar 33% menjadi 8 ekor per kelompok, sehingga total keseluruhan hewan uji berjumlah 32 ekor.

Hewan coba ditempatkan di dalam kandang plastik polipropilena beralaskan sekam kayu steril dengan ventilasi yang memadai. Kondisi ruangan pemeliharaan dikontrol pada suhu standar 22 ± 2°C, kelembapan relatif 50–60%, serta siklus terang dan gelap teratur selama 12:12 jam. Seluruh mencit diaklimatisasi selama 7 hari dengan akses pakan pelet standar dan air minum secara bebas (*ad libitum*). Setelah masa adaptasi selesai, hewan uji dialokasikan ke dalam empat kelompok perlakuan menggunakan teknik pengacakan sederhana (*simple random sampling*). Kelompok tersebut terdiri atas kelompok kontrol negatif (K), kelompok perlakuan 1 (P1 dosis 1,51 mg/kg BB), perlakuan 2 (P2 dosis 3,02 mg/kg BB), dan perlakuan 3 (P3 dosis 4,52 mg/kg BB).

Larutan stok boraks derajat analisis (*pro analysis*) disiapkan dengan melarutkan serbuk murni natrium tetraborat dekahidrat ke dalam akuades steril hingga diperoleh konsentrasi yang sesuai. Perhitungan volume pemberian disesuaikan dengan penimbangan berat badan individu mencit setiap tiga hari, dengan batas volume oral maksimum 0,2 mL per ekor. Kelompok kontrol hanya menerima akuades steril secara oral, sedangkan kelompok P1, P2, dan P3 menerima larutan boraks sesuai dosis yang ditetapkan. Intervensi paparan oral dilakukan satu kali sehari pada waktu yang sama setiap pagi menggunakan alat *sonde oral* selama 14 hari berturut-turut. Seluruh hewan diamati secara berkala guna mencatat ada atau tidaknya perubahan perilaku, tanda intoksikasi akut, maupun kematian.

Setelah masa perlakuan 14 hari selesai, mencit dipuasakan dari pakan selama 8 jam tetapi tetap diberikan akses air minum. Pengambilan sampel darah terminal dilakukan melalui penusukan organ jantung (*cardiac puncture*) di bawah pengaruh anestesi ketamin-xilazin secara intramuskular. Darah yang tertampung dibiarkan membeku selama 15 menit pada suhu ruang, kemudian disentrifugasi pada kecepatan 3.000 rpm selama 10 menit untuk memisahkan serum. Pengukuran aktivitas SGPT dan SGOT dikerjakan menggunakan *reagent kit* kinetik enzimatik terstandarisasi *International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* (*IFCC*) tanpa penambahan piridoksal fosfat. Pembacaan perubahan absorbansi dilakukan menggunakan instrumen spektrofotometer fotometer 5010 pada panjang gelombang 340 nm dengan suhu inkubasi terkontrol 37°C serta dilengkapi kalibrasi kontrol mutu laboratorium.

Copyright (c) 2026 CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan
https://doi.org/10.51878/cendekia.v7i1.16547

CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-4183 | p-ISSN : 2774-8030
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/cendekia

Data numerik aktivitas enzim yang diperoleh ditabulasi dan dinyatakan dalam bentuk rerata (*mean*) serta simpangan baku (*standard deviation* / SD). Uji normalitas data dianalisis menggunakan metode *Shapiro-Wilk*, sedangkan kesetaraan varians antarkelompok diuji melalui uji homogenitas *Levene's test* pada taraf signifikansi $\alpha = 0{,}05$. Apabila data memenuhi asumsi berdistribusi normal dan memiliki varians homogen, uji komparatif parametrik *One-Way ANOVA* diterapkan untuk mengidentifikasi efek perlakuan. Perbedaan dinyatakan bermakna secara statistik jika nilai $p < 0{,}05$, yang kemudian dilanjutkan dengan uji *post-hoc Tukey Honestly Significant Difference* (*HSD*) untuk menilai perbedaan rerata antar-pasangan kelompok secara spesifik. Seluruh pengolahan data inferensial diselesaikan dengan bantuan perangkat lunak statistik *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pengukuran aktivitas enzim *Serum Glutamic Pyruvic Transaminase* (SGPT) dalam serum mencit jantan (*Mus musculus*) galur Balb/c dilakukan setelah pemberian intervensi larutan boraks selama 14 hari berturut-turut. Pengujian biokimiawi ini bertujuan untuk mendeteksi adanya kebocoran enzim sitosolik hepatosit ke dalam sirkulasi darah akibat paparan xenobiotik bertingkat. Data hasil pemeriksaan spektrofotometri pada kelompok kontrol negatif serta tiga kelompok perlakuan (P1 = 1,51 mg/kg BB, P2 = 3,02 mg/kg BB, dan P3 = 4,52 mg/kg BB) disajikan secara rinci. Rangkuman data individual, nilai rerata, serta simpangan baku aktivitas enzim SGPT tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Aktivitas Enzim SGPT (IU/L) dalam Darah Mencit Jantan pada Kelompok Kontrol dan Perlakuan

Kode Sampel	Kontrol (IU/L)	Perlakuan 1 (1,51 mg/kg BB)	Perlakuan 2 (3,02 mg/kg BB)	Perlakuan 3 (4,52 mg/kg BB)
1	33,91	46,82	85,14	98,24
2	25,97	54,27	75,04	131,45
3	39,11	39,47	77,42	143,58
4	48,19	55,25	96,69	163,34
5	38,22	54,47	80,77	100,80
6	51,53	56,28	74,95	120,23
7	47,67	43,43	69,76	122,17
8	61,23	60,74	84,79	86,62
Rerata ± SD	**43,23 ± 11,10**	**51,34 ± 7,27**	**80,57 ± 8,35**	**120,80 ± 25,41**

Sumber: Data Primer Pengukuran Spektrofotometri Laboratorium (2026)

Berdasarkan Tabel 1, rerata aktivitas enzim SGPT pada kelompok kontrol berada pada level dasar sebesar 43,23 ± 11,10 IU/L. Pada kelompok P1 dengan paparan dosis terendah, nilai rerata mengalami kenaikan menjadi 51,34 ± 7,27 IU/L. Peningkatan yang lebih tajam mulai terdeteksi pada kelompok P2 dengan rerata sebesar 80,57 ± 8,35 IU/L, dan mencapai angka tertinggi pada kelompok P3 sebesar 120,80 ± 25,41 IU/L. Data pada Tabel 1 tersebut memperlihatkan adanya kecenderungan peningkatan aktivitas enzim SGPT yang nyata seiring bertambahnya dosis larutan boraks yang diadministrasikan kepada hewan coba.

Evaluasi fungsi hepatobilier selanjutnya dilengkapi dengan pemeriksaan parameter enzim *Serum Glutamic Oxaloacetic Transaminase* (SGOT). Enzim ini berlokasi di sitoplasma dan organel mitokondria sel hepar serta ditemukan pada beberapa jaringan lain seperti miokardium dan otot rangka. Pengukuran aktivitas SGOT dalam serum dilakukan secara

Copyright (c) 2026 CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan
https://doi.org/10.51878/cendekia.v7i1.16547

CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-4183 | p-ISSN : 2774-8030
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/cendekia

simultan dengan menggunakan metode kinetik enzimatik pada seluruh subjek percobaan. Data kuantitatif individual, nilai rerata, serta dispersi data berupa simpangan baku untuk parameter SGOT terangkum secara lengkap pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Aktivitas Enzim SGOT (IU/L) dalam Darah Mencit Jantan pada Kelompok Kontrol dan Perlakuan

Kode Sampel	Kontrol (IU/L)	Perlakuan 1 (1,51 mg/kg BB)	Perlakuan 2 (3,02 mg/kg BB)	Perlakuan 3 (4,52 mg/kg BB)
1	51,96	67,48	112,34	121,46
2	54,70	96,99	115,60	196,57
3	54,70	63,78	110,86	140,82
4	59,23	56,30	103,46	149,29
5	65,38	54,70	131,36	118,28
6	59,37	65,35	118,22	136,37
7	63,37	59,37	136,04	162,30
8	55,94	78,66	130,10	103,46
Rerata ± SD	**58,08 ± 4,62**	**67,83 ± 13,98**	**119,75 ± 11,50**	**141,07 ± 29,13**

Sumber: Data Primer Pengukuran Spektrofotometri Laboratorium (2026)

Berdasarkan pemaparan data pada Tabel 2, rerata aktivitas SGOT pada kelompok kontrol tercatat sebesar 58,08 ± 4,62 IU/L dan mengalami peningkatan menjadi 67,83 ± 13,98 IU/L pada kelompok P1. Kenaikan aktivitas yang sangat substansial tampak pada kelompok P2 yang mencapai nilai 119,75 ± 11,50 IU/L, serta terus meningkat hingga 141,07 ± 29,13 IU/L pada kelompok P3. Pergeseran nilai rerata pada Tabel 2 mendemonstrasikan kecenderungan respons yang sejalan dengan peningkatan konsentrasi boraks harian. Pengamatan terhadap parameter SGOT ini memberikan informasi komplementer mengenai pelepasan enzim transaminase ke dalam ruang intravaskular mencit.

Pengujian asumsi parametrik dilakukan sebelum pelaksanaan uji komparatif hipotesis statistik utama. Hasil uji normalitas *Shapiro-Wilk* pada parameter SGPT dan SGOT menghasilkan nilai probabilitas signifikansi $p > 0,05$ pada seluruh kelompok, yang menandakan bahwa data terdistribusi secara normal. Uji homogenitas varians *Levene's test* menghasilkan nilai signifikansi sebesar $p = 0,056$ untuk SGPT dan $p = 0,061$ untuk SGOT ($p > 0,05$), sehingga asumsi kesetaraan varians antarkelompok dinyatakan terpenuhi. Analisis dilanjutkan dengan uji parametrik *One-Way ANOVA*, yang menghasilkan nilai signifikansi statistik $F(3, 28) = 71,957$ ($p < 0,001$) untuk SGPT dan $F(3, 28) = 37,983$ ($p < 0,001$) untuk SGOT. Untuk menelaah signifikansi perbedaan rerata antar-pasangan kelompok secara komprehensif, analisis dilanjutkan dengan uji *post-hoc Tukey Honestly Significant Difference* (*HSD*) yang dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Lanjut Post-Hoc Tukey HSD untuk Parameter SGPT dan SGOT Antarkelompok Perlakuan

Parameter	Pasangan Kelompok	Selisih Rerata (Mean Difference)	95% Confidence Interval	Nilai p (Adjusted)	Keterangan
SGPT	Kontrol vs P1	-8,11	-26,19 s.d. 9,97	0,724	Tidak Signifikan
	Kontrol vs P2	-37,34	-55,42 s.d. -19,26	< 0,001	Signifikan

Copyright (c) 2026 CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan
https://doi.org/10.51878/cendekia.v7i1.16547

CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-4183 | p-ISSN : 2774-8030
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/cendekia

	Kontrol vs P3	-77,57	-95,65 s.d. -59,49	< 0,001	Signifikan
	P1 vs P2	-29,23	-47,31 s.d. -11,15	< 0,001	Signifikan
	P1 vs P3	-69,46	-87,54 s.d. -51,38	< 0,001	Signifikan
	P2 vs P3	-40,23	-58,31 s.d. -22,15	< 0,001	Signifikan
SGOT	Kontrol vs P1	-9,75	-32,86 s.d. 13,36	0,698	Tidak Signifikan
	Kontrol vs P2	-61,67	-84,78 s.d. -38,56	< 0,001	Signifikan
	Kontrol vs P3	-82,99	-106,10 s.d. -59,88	< 0,001	Signifikan
	P1 vs P2	-51,92	-75,03 s.d. -28,81	< 0,001	Signifikan
	P1 vs P3	-73,24	-96,35 s.d. -50,13	< 0,001	Signifikan
	P2 vs P3	-21,32	-44,43 s.d. 1,79	0,094	Tidak Signifikan

Keterangan: P1 = Dosis 1,51 mg/kg BB; P2 = Dosis 3,02 mg/kg BB; P3 = Dosis 4,52 mg/kg BB; Signifikan pada taraf $\alpha = 0{,}05$.

Berdasarkan hasil uji *post-hoc Tukey HSD* pada Tabel 3, pasangan kontrol terhadap P1 tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna baik pada SGPT (p = 0,724) maupun SGOT (p = 0,698). Sebaliknya, kelompok P2 dan P3 menunjukkan peningkatan aktivitas enzim yang signifikan jika dibandingkan dengan kelompok kontrol (p < 0,001). Pada parameter SGPT, seluruh perbandingan antarkelompok perlakuan dosis bertingkat (P1 vs P2, P1 vs P3, dan P2 vs P3) terbukti berbeda nyata secara statistik (p < 0,001). Namun, pada parameter SGOT, perbandingan antara kelompok P2 dan P3 tidak menghasilkan perbedaan yang signifikan (p = 0,094) meskipun rerata nilainya mengalami kenaikan numerik. Hasil pada Tabel 3 ini menegaskan bahwa peningkatan dosis memicu tren eskalasi aktivitas enzim, namun perbedaan antar-tingkatan dosis tidak selalu mencapai ambang signifikansi statistik pada setiap parameter.

Pembahasan

Penelitian ini memanfaatkan mencit jantan (*Mus musculus*) galur Balb/c berusia 2–3 bulan sebagai model hewan uji laboratorik. Pemilihan jenis kelamin jantan ditujukan untuk mempertahankan homogenitas respons metabolik serta menghindari pengaruh fluktuasi siklus estrus pada mencit betina. Dinamika hormon reproduksi seperti estrogen diketahui berpotensi membiaskan metabolisme lipid hepatik dan integritas membran seluler. Pengondisian lingkungan melalui aklimatisasi selama tujuh hari bertujuan meniadakan faktor pengganggu non-perlakuan sebelum induksi dimulai. Sepanjang 14 hari masa pemeliharaan, seluruh hewan uji sebanyak 32 ekor mampu bertahan hidup tanpa ditemukan adanya kematian dini (*zero mortality*).

Pemberian intervensi boraks secara oral selama dua pekan mencerminkan model pengujian toksisitas subakut terhadap organ metabolik. Parameter SGPT menunjukkan respons yang sangat peka terhadap pajanan boraks pada dosis sedang hingga tinggi. Sebagai enzim yang terkonsentrasi dominan di dalam sitoplasma hepatosit, keberadaan SGPT dalam serum merupakan penanda yang relatif spesifik bagi perubahan permeabilitas membran sel hepar

Copyright (c) 2026 CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan
https://doi.org/10.51878/cendekia.v7i1.16547

CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-4183 | p-ISSN : 2774-8030
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/cendekia

(McGill, 2016). Kenaikan aktivitas enzim SGPT yang signifikan dari kelompok kontrol (43,23 ± 11,10 IU/L) hingga kelompok P3 (120,80 ± 25,41 IU/L) mengindikasikan adanya gangguan integritas fungsional sel parenkim hepar. Peningkatan kebocoran enzim ini mendukung dugaan adanya efek sitotoksik lokal pada hepatosit yang berkorelasi dengan tingginya dosis paparan.

Pada parameter SGOT, kenaikan aktivitas enzim juga teramati seiring peningkatan dosis xenobiotik yang diinduksikan. Enzim SGOT memiliki lokalisasi ganda di dalam ruang sitosol serta organel mitokondria, selain turut ditemukan pada jaringan ekstrahepatik seperti jantung dan otot skelet (McGill, 2016). Oleh sebab itu, lonjakan kadar SGOT pada kelompok perlakuan mencerminkan pelepasan enzim seluler yang masif ke sirkulasi darah, walaupun spesifisitasnya terhadap kerusakan hepar tidak setinggi SGPT. Menariknya, uji lanjut membuktikan bahwa aktivitas SGOT pada kelompok P2 (119,75 ± 11,50 IU/L) dan P3 (141,07 ± 29,13 IU/L) tidak berbeda bermakna secara statistik (p = 0,094). Hal ini menunjukkan adanya kecenderungan respons dosis (*dose-dependent trend*) secara umum, namun tidak semua tingkatan dosis menghasilkan deviasi respons pelepasan enzim yang signifikan pada setiap biomarker.

Mekanisme yang mendasari peningkatan kedua enzim transaminase ini dapat dijelaskan melalui tinjauan literatur mengenai stres oksidatif akibat senyawa boron. Senyawa boraks di dalam medium berair saluran cerna akan terdisosiasi menjadi asam borat dan ion borat yang memiliki afinitas pengikatan terhadap gugus *cis-diol* intraseluler (Döner et al., 2025; Smietana & Müller, 2023). Interaksi biokimiawi ini dalam berbagai publikasi dilaporkan mampu mengganggu respirasi mitokondria dan memicu akumulasi *reactive oxygen species* (ROS) (Liu et al., 2020; Pratiwi, Prasetyowati, et al., 2020). Ketidakseimbangan status redoks tersebut berpotensi memicu peroksidasi lipid pada lapisan ganda membran seluler (Shaban et al., 2022; Sijabat et al., 2023; Sriset et al., 2020; Vinaykumar et al., 2020). Kendati demikian, stres oksidatif dan peroksidasi lipid dalam penelitian ini diposisikan sebagai mekanisme dugaan yang didukung literatur, mengingat parameter antioksidan endogen tidak diukur secara langsung.

Pola kenaikan enzim hati yang ditemukan dalam penelitian ini memperkuat sejumlah laporan eksperimental terdahulu. Temuan ini sejalan dengan publikasi Abd-Elhakim et al. (2023), yang mengamati peningkatan konsisten enzim aminotransferase pada hewan pengerat akibat paparan zat pengawet. Studi oleh He et al. (2026) dan Sampe et al. (2020) juga mengonfirmasi adanya keterkaitan erat antara paparan senyawa boron dengan gangguan integritas biokimiawi hati. Perbedaan hasil dengan studi Kresnadipayana et al. (2022) yang tidak menemukan lonjakan enzim signifikan dapat disebabkan oleh disparitas matriks senyawa bleng dan dosis efektif yang digunakan. Sementara itu, efek amelioratif yang dilaporkan pada penelitian Akpulat et al. (2025) dan Neşelioğlu et al. (2021) terjadi pada konteks proteksi stres oksidatif dosis rendah terukur, yang berbeda tujuan dengan model induksi toksisitas subakut pada penelitian ini.

Penelitian ini memiliki keterbatasan metodologis yang perlu dipertimbangkan secara saksama. Investigasi ini tidak menyertakan pemeriksaan histopatologis hepar, sehingga derajat nekrosis jaringan, infiltrasi sel radang, maupun degenerasi lemak tidak dapat dibuktikan secara visual mikroskopis. Selain itu, parameter stres oksidatif seperti malondialdehid (MDA) maupun enzim antioksidan superoksida dismutase (SOD) belum dianalisis secara kuantitatif. Desain penelitian juga dibatasi pada paparan subakut 14 hari pada hewan pengerat, sehingga belum menggambarkan risiko toksisitas kronis jangka panjang. Mengingat adanya perbedaan fisiologis antara sistem hewan model dan manusia, hasil penelitian ini belum dapat diekstrapolasikan secara langsung untuk menentukan batas ambang risiko pajanan pada populasi manusia.

Copyright (c) 2026 CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan
https://doi.org/10.51878/cendekia.v7i1.16547

CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-4183 | p-ISSN : 2774-8030
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/cendekia

KESIMPULAN

Pemberian boraks per oral selama 14 hari terbukti meningkatkan aktivitas enzim transaminase (SGPT dan SGOT) serum pada mencit jantan (*Mus musculus*) secara signifikan. Peningkatan enzim SGPT terjadi secara bertingkat dan bermakna antarkelompok perlakuan dosis, sedangkan aktivitas SGOT menunjukkan kecenderungan kenaikan yang setara antara kelompok perlakuan dosis sedang dan tinggi. Peningkatan aktivitas kedua enzim ini mengindikasikan adanya gangguan permeabilitas membran hepatosit dan mendukung dugaan terjadinya cedera hepatoseluler subakut. Meskipun demikian, penelitian ini belum membuktikan secara langsung adanya nekrosis jaringan hepar maupun peroksidasi lipid seluler secara mikroskopis.

Keterbatasan utama riset ini terletak pada ketiadaan pemeriksaan histopatologi organ hepar dan ketiadaan pengukuran biomarker stres oksidatif. Oleh karena itu, peneliti lanjutan disarankan untuk melakukan pengamatan histopatologis jaringan hepar guna mengonfirmasi luasnya kerusakan struktural seluler secara definitif. Evaluasi penanda stres oksidatif seperti kadar malondialdehid dan antioksidan endogen juga penting dilakukan untuk memverifikasi jalur toksisitas intraseluler. Selain itu, penelitian masa depan perlu mempertimbangkan perpanjangan durasi pajanan ke fase subkronis hingga kronis, serta menguji potensi agen hepatoprotektif alami sebagai strategi proteksi terhadap paparan xenobiotik boron.

DAFTAR PUSTAKA

Abd-Elhakim, Y. M., Behairy, A., Hashem, M. M., Abo-EL-Sooud, K., El-Metwally, A. E., Hassan, B. A., & Ali, H. A. (2023). Toll-like receptors and nuclear factor kappa B signaling pathway involvement in hepatorenal oxidative damage induced by some food preservatives in rats. *Scientific Reports*, *13*(1), Article 5938. https://doi.org/10.1038/s41598-023-32887-9

Akpulat, F. V., Akkuş, M., Yıldızhan, E., Aba, M., Bolat, L., & Aday, U. (2025). Sıçan karaciğerinde akut kadmiyum kaynaklı oksidatif stres, inflamasyon, histopatolojik hasar ve proapoptotik değişiklikler üzerine borik asidin iyileştirici etkisi. *DergiPark*, *50*(2), 145–156. https://doi.org/10.17826/cumj.1835726

Döner, P., Aşkun, T., & Er, A. (2025). Antimicrobial potential of boron-containing compounds: Antibacterial, antifungal, and antimycobacterial activities. *Journal of Boron*, *10*(3), 111–120. https://doi.org/10.30728/boron.1693877

Gustini, S., Yulianis, Y., & Sutrisno, D. (2021). Analisis boraks pada jajanan bakso di Kota Jambi. *Jurnal Farmasi dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, *8*(2), 156–161. https://doi.org/10.20473/jfiki.v8i22021.156-161

Hadrup, N., Frederiksen, M., & Sharma, A. K. (2021). Toxicity of boric acid, borax and other boron containing compounds: A review. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, *121*, Article 104873. https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2021.104873

He, T., Li, Y., Huang, J., Su, W., Liu, S., Quan, J., Zhong, G., Liu, Z., Shi, D., & Yu, W. (2026). Boron triggers hepatic ferroptosis: Unveiling the dual-pathogenic nexus of oxidative stress and SLC7A11/GPX4 dysregulation. *Animals*, *16*(5), Article 832. https://doi.org/10.3390/ani16050832

Ismail, H. T. H. (2022). Toxic effects of excess exposure to boric acid on serum biochemical aspect, hematology and histological alterations and ameliorative potential role of melatonin in rats. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *29*(10), Article 103425. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103425

Copyright (c) 2026 CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan
https://doi.org/10.51878/cendekia.v7i1.16547

Kresnadipayana, D., Soebiyanto, S., & Ningsih, S. A. P. (2022). Pengaruh pemberian bleng terhadap kadar SGOT dan SGPT serta histopatologi tikus putih galur Wistar. *Prosiding Asosiasi Institusi Pendidikan Tinggi Teknologi Laboratorium Medik Indonesia*, *1*, 72–90. https://doi.org/10.31004/pkm.v1i1.1205

Liu, X., Zhang, H., & Wang, J. (2020). Mechanisms of oxidative stress in hepatotoxicity: Role of boron compounds. *Toxicology Reports*, *7*, 1058–1067. https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.08.012

Male, Y. T., Rumakat, D. H., Fransina, E. G., & Wattimury, J. (2020). Analysis of borax and formldehyde content in meatballs in Ambon City. *Biofaal Journal*, *1*(1), 37–43. https://doi.org/10.30598/biofaal.v1i1pp37-43

McGill, M. R. (2016). The past and present of serum aminotransferases and the future of liver injury biomarkers. *EXCLI Journal*, *15*, 817–828. https://doi.org/10.17179/excli2016-800

Neşelioğlu, A. K., Akcan, G., Nakkaş, H., Neşelioğlu, S., Erel, Ö., Evirgen, O., & Özgüner, M. (2021). Histological changes in methotrexate hepatotoxicity after boron application and evaluation of serum thiol-disulfide balance. *Journal of Health Sciences and Medicine*, *4*(3), 277–282. https://doi.org/10.32322/jhsm.895444

Pamungkas, W. A., Suhartatik, N., & Mustofa, A. (2021). Identifikasi boraks dan cemaran mikrobia pada karak mentah di Surakarta. *Jurnal Teknologi Pertanian*, *10*(1), 25–33. https://doi.org/10.32520/jtp.v10i1.1495

Pratiwi, Y. S., Prasetyowati, I., Hidayati, M. N., Antika, R. B., Oktafiani, L. D. A., Damat, D., Shoukat, N., & Ahmed, K. (2020). Review article: The effect of borax as a food additive on energy metabolism. *Annals of Tropical Medicine and Public Health*, *23*(8), Article 23819. https://doi.org/10.36295/asro.2020.23819

Pratiwi, Y. S., Rini, D. M., Munarko, H., Prayitno, H., Yani, R. W. E., Shoukat, N., & Ahmad, K. (2020). Borax as a non-food grade additive in the perspective of food safety and human resources formation: A literature review. *NST Proceedings*, 119–126. https://doi.org/10.11594/nstp.2020.0518

Pratiwi, Y. S., Wirjatmadi, B., Agil, M., Adriyani, M., & Supriyadi. (2016). Hepatoprotective effect of mangosteen peel extract on borax-induced male rats. *International Journal of Public Health Science*, *5*(3), 284–293. https://doi.org/10.11591/ijphs.v5i3.4792

Sampe, V., Watuguly, T., & Kakisina, P. (2020). Effect of Merbau wood liquid smoke (*Intsia bijuga*) in correct liver cell regeneration mice (*Mus musculus*) exposed to boraks. *Asian Journal of Scientific Research*, *13*(3), 219–227. https://doi.org/10.3923/ajsr.2020.219.227

Saputri, C. A., Rakhmawati, E. A., & Palupi, C. (2024). Peningkatan pengetahuan siswa sekolah dasar tentang bahan tambahan pangan berbahaya dengan metode eksperimen laboratorium. *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, *2*(4), 359–363. https://doi.org/10.31004/jerkin.v2i4.284

Shaban, N. Z., Awad, O., Fouad, G. M., Hafez, A. M., Abdul-Aziz, A. A., & El-Kot, S. M. (2022). Prophylactic and curative effects of *Carica papaya* Linn. pulp extract against carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in male rats. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(10), 27815–27832. https://doi.org/10.1007/s11356-022-24083-5

Sijabat, A. C. G., Isdadiyanto, S., & Sitasiwi, A. J. (2023). Rat liver function induced by a high-fat diet after giving mahogany seeds ethanol extract. *Biosaintifika: Journal of*

Copyright (c) 2026 CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan
https://doi.org/10.51878/cendekia.v7i1.16547

Biology & Biology Education, *15*(2), 230–236. https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v15i2.44632

Simra, S. (2025). Determination of borax content in various food materials circulating in Ambon City. *Jurnal Crystal: Publikasi Penelitian Kimia dan Terapannya*, *7*(1), 70–74. https://doi.org/10.36526/jc.v7i1.5036

Smietana, M., & Müller, S. (2023). Stimuli-responsive boronate formation to control nucleic acid-based functional architectures. *ChemPlusChem*, *89*(2), Article e202300613. https://doi.org/10.1002/cplu.202300613

Sriset, Y., Chatuphonprasert, W., & Jarukamjorn, K. (2020). Hepatoprotective activity of bergenin against xenobiotics-induced oxidative stress in human hepatoma (HepG2) cells. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, *20*(1), Article e2021011. https://doi.org/10.12982/cmujns.2021.011

Taufiknoor, P., Suciati, Y., Qomariyah, Q., & Arsyad, M. (2023). Analisis kandungan boraks pada bakso di pasar tradisional Cileungsi dan tinjauannya menurut pandangan Islam. *Junior Medical Journal*, *1*(5), 558–565. https://doi.org/10.33476/jmj.v1i5.3111

Tiadeka, P., Solikhah, D. M., & Karimah, M. (2022). Identifikasi kimia serta gambaran pengetahuan siswa terhadap boraks, formalin dan Rhodamine-B pada jajanan di SMA Muhammadiyah 1 Gresik. *Ghidza: Jurnal Gizi dan Kesehatan*, *6*(1), 80–93. https://doi.org/10.22487/ghidza.v6i1.487

Vinaykumar, N. M., Mahmood, R., Krishna, V., Ravishankara, B., & Shastri, S. L. (2020). Antioxidant and in vivo hepatoprotective effects of *Gardenia gummifera* L.f. fruit methanol extract. *Clinical Phytoscience*, *6*(1), Article 28. https://doi.org/10.1186/s40816-020-00188-7

Copyright (c) 2026 CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan
https://doi.org/10.51878/cendekia.v7i1.16547