

Studi Toksikologi Lingkungan: Pengaruh Paparan Mikroplastik Terhadap Jumlah Leukosit Tikus Putih (*Rattus norvegicus*)

Dewi Yudiana Shinta^{1*}, Melly Siska Suryani², Ikhwan Resmala Sudji³, Muhammad Diki Juliandi⁴, Merry Thressia⁵, Herix Sonata MS⁶

^{1,2,3,4} Universitas Perintis Indonesia, Jl Adi negoro Km 17 Simpang Kalumpang Padang

⁵ Universitas Eka Sakti, Jl Veteran Dalam no 26 Padang

⁶ Intitut Teknologi Padang, Jl Gajah Mada Kandis Nanggalo Padang

*Correspondent email: dyshint76@gmail.com

Diterima: 8 Januari 2026 | Disetujui: 8 Februari 2026 | Diterbitkan: 9 Februari 2026

Abstract. Increasing microplastic pollution in the environment raises concern about toxic risks to living organisms, and one important health risk involves immune system disruption, which can be observed through changes in leukocyte counts. This study aims to analyze the effect of microplastic exposure on leukocyte numbers in white rats (*Rattus norvegicus*) as an early indicator of environmental toxicity and health risk. The research also seeks to provide scientific evidence that can support environmental management policies and human health protection strategies. An experimental design was applied in which rats were divided into one control group and several treatment groups, and each treatment group received oral microplastic exposure at different doses over a specific period while FTIR spectroscopy (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) was used to characterize the microplastic particles before administration. After the exposure period, blood samples were collected and leukocyte counts were measured using a hematology analyzer, and statistical analysis was then performed to compare leukocyte levels across all groups. The results showed that rats exposed to microplastics exhibited increased leukocyte counts above the normal range during both week one and week two, and these elevated counts were observed across groups that received different doses of microplastics. The rise in leukocyte numbers indicates an inflammatory response and immunological stress caused by microplastic exposure, and furthermore, the findings suggest that microplastics not only produce toxic effects but also tend to accumulate and remain in the body for extended periods. In conclusion, microplastic exposure has a significant effect on leukocyte counts in white rats, and this effect reflects immune system disturbance and potential disruption of immunological homeostasis. Consequently, microplastics should be recognized as an important threat in environmental toxicology, and continued research and regulatory attention are necessary to address the risks that microplastics pose to both ecological systems and human health.

Keywords: microplastic; leukocyte; environmental toxicology; white rat; immune system

PENDAHULUAN

Plastik merupakan salah satu bahan sintesis yang paling banyak digunakan dalam berbagai sektor kehidupan karena sifatnya yang ringan, kuat, dan murah, namun penggunaan yang masif dan pengelolaan limbah yang kurang memadai menyebabkan akumulasi sampah plastik di lingkungan. Sampah plastik yang terdegradasi secara fisik, kimia, dan biologis akan terfragmentasi menjadi partikel berukuran sangat kecil yang dikenal sebagai mikroplastik, yaitu partikel plastik berukuran kurang dari 5 mm yang telah ditemukan di berbagai kompartemen lingkungan, seperti perairan laut dan tawar, sedimen, tanah, hingga udara. Keberadaan mikroplastik di berbagai matriks lingkungan tersebut menunjukkan bahwa kontaminasi telah bersifat luas dan berpotensi masuk ke dalam rantai makanan melalui berbagai organisme, sehingga meningkatkan peluang paparan kronis terhadap manusia dan hewan.

Mikroplastik tidak hanya menimbulkan masalah secara fisik sebagai partikel asing, tetapi juga karena sifat permukaannya yang hidrofob sehingga mampu mengadsorpsi berbagai polutan organik persisten, logam berat, serta bahan tambahan plastik seperti ftalat dan bisfenol yang diketahui bersifat toksik. Kombinasi antara efek fisik partikel dan muatan kimia yang terikat pada permukaan mikroplastik dapat memicu kerusakan jaringan, gangguan fisiologis, serta perubahan respon imun organisme yang terpapar. Berbagai studi eksperimental pada hewan uji dan organisme akuatik menunjukkan bahwa paparan mikroplastik dapat menyebabkan inflamasi, stres oksidatif, perubahan morfologi jaringan, gangguan fungsi pencernaan, serta potensi efek genotoksik.

Sistem imun merupakan salah satu sistem yang peka terhadap keberadaan bahan asing, termasuk partikel mikroplastik yang dapat dikenali sebagai benda asing dan memicu respon imun baik lokal maupun sistemik. Parameter hematologi seperti jumlah leukosit sering digunakan sebagai indikator umum untuk menilai adanya respon imun dan inflamasi akibat paparan zat toksik atau kondisi patologis tertentu. Perubahan jumlah leukosit, baik berupa leukositosis maupun leukopenia, dapat mencerminkan adanya stres fisiologis, gangguan homeostasis, ataupun kerusakan jaringan yang memicu aktivasi sistem imun. Oleh karena itu, pengamatan jumlah leukosit pada hewan coba yang terpapar mikroplastik menjadi salah satu pendekatan yang relevan untuk menilai potensi efek imunotoksik.

Tikus putih (*Rattus norvegicus*) banyak digunakan sebagai hewan coba dalam studi toksikologi karena memiliki kemiripan fisiologi dasar dengan mamalia lainnya, mudah dipelihara, serta memungkinkan pengendalian variabel lingkungan dan perlakuan secara relatif ketat. Penggunaan tikus sebagai model uji memungkinkan peneliti mengevaluasi dampak paparan mikroplastik terhadap parameter hematologi secara sistematis dengan variasi dosis dan lama paparan tertentu. Meskipun penelitian mengenai keberadaan mikroplastik di lingkungan dan dampaknya terhadap organisme akuatik sudah cukup berkembang, kajian mengenai pengaruh paparan mikroplastik terhadap parameter hematologi, khususnya jumlah leukosit pada mamalia model, masih relatif terbatas.

Di sisi lain, potensi paparan mikroplastik terhadap manusia melalui konsumsi makanan dan minuman yang terkontaminasi, inhalasi udara, maupun jalur paparan lainnya semakin menjadi perhatian global. Kondisi ini menimbulkan kebutuhan akan data toksikologi yang lebih komprehensif untuk memahami risiko kesehatan jangka panjang, termasuk kemungkinan gangguan sistem imun. Dengan demikian, penelitian mengenai pengaruh paparan mikroplastik terhadap jumlah leukosit tikus putih memiliki urgensi ilmiah dan praktis, baik sebagai kontribusi terhadap pengembangan ilmu toksikologi lingkungan maupun sebagai dasar pertimbangan dalam upaya pengendalian pencemaran plastik dan perlindungan kesehatan masyarakat. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi data ilmiah mengenai efek paparan mikroplastik terhadap parameter hematologi, khususnya jumlah leukosit tikus putih (*Rattus norvegicus*), yang dapat dimanfaatkan sebagai dasar pengembangan kajian toksikologi lingkungan, penilaian risiko kesehatan, serta rekomendasi kebijakan pengendalian pencemaran mikroplastik.

Tubuh makhluk hidup akan mengalami berbagai reaksi inflamasi dan stres oksidatif akibat mikroplastik. Sifat hidrofobik plastik dan bahan kimia yang terkandung menyebabkan toksisitas melalui jalur inflamasi. Dosis menentukan efek toksiknya. Dosis yang diberikan akan meningkatkan efek. Ini menjelaskan hasil penelitian: dosis mikroplastik polietilen yang diberikan pada kelompok paparan terkait dengan peningkatan jumlah sel leukosit dalam darah *Rattus norvegicus* (Sincihu et al., 2022). Tujuan penelitian adalah mengetahui dan menganalisis pengaruh paparan mikroplastik dengan dosis dan lama paparan tertentu terhadap perubahan jumlah leukosit tikus putih (*Rattus norvegicus*) sebagai indikator respon imun dan potensi efek toksik dalam konteks toksikologi lingkungan.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian dan desain

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental murni dengan rancangan post-test only control group design menggunakan tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur Wistar sebagai hewan coba. Hewan coba yang digunakan adalah tikus putih jantan galur Wistar berumur $\pm 8-12$ minggu dengan berat badan $\pm 150-200$ g, tampak sehat secara klinis dan bebas kelainan fisik. Jumlah sampel 25 ekor, dibagi secara acak menjadi 5 kelompok dengan jumlah hewan sama per kelompok.

Alat dan Bahan, Peralatan yang digunakan meliputi kandang individu, timbangan analitik dan hewan, sonde oral, mikropipet, tabung EDTA, mikroskop cahaya/stereoskop, hematology analyzer, serta perlengkapan bedah kecil untuk euthanasia sesuai pedoman etik. Bahan penelitian meliputi tikus sehat bebas penyakit, mikroplastik (misal PE, PS, atau PET; ukuran ≤ 5 mm), pelarut suspensi NaCl 0,9%, pakan standar, reagen hematologi pewarna Giemsa, serta bahan anestesi eter (Sincihu et al., 2022). Prosedur Penelitian (Sincihu et al., 2022).

Aklimatisasi dan Pemilihan Hewan: Tikus sebanyak 15 ekor diadaptasi selama 7 hari dalam kondisi terkontrol. Hewan sehat dipilih berdasarkan pengamatan klinis, kemudian ditimbang untuk menentukan dosis pemberian mikroplastik. Persiapan Mikroplastik: Mikroplastik ditimbang sesuai dosis, disuspensikan homogen menggunakan vortex, lalu volume dihitung berdasarkan berat badan tiap tikus. Pemberian Perlakuan: Mikroplastik diberikan per oral melalui makanan tikus setiap hari sesuai dosis dan lama paparan penelitian.

Filtrasi dan Identifikasi Mikroplastik

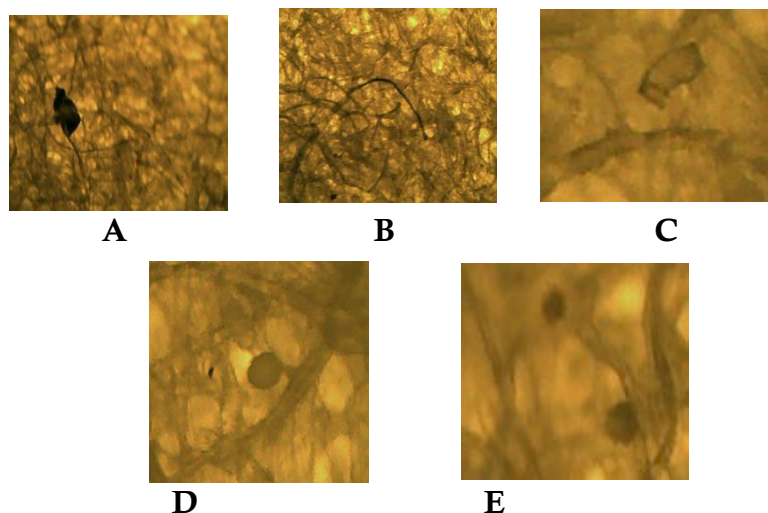
Hasil digest difiltrasi menggunakan kertas saring Whatman no.42 atau membran filter sesuai sistem filtrasi, lalu dikeringkan dalam wadah tertutup. Pengamatan dilakukan dengan mikroskop stereoskop (40×) dibantu perangkat lunak Motic Image Plus 3.0 untuk identifikasi bentuk (fiber, fragmen, film, dan polietilen, pellet), warna, dan karakter non-biologis. Densitas mikroplastik dihitung sebagai jumlah partikel per gram jaringan. Bahan paparan menggunakan low density polyethylene yakni kantong plastik makanan. Plastik dibuat berukuran < 20 µm secara mekanik menggunakan miller FCT Z100 selama berkali-kali sampai mendapatkan ukuran serbuk yang sesuai. Serbuk plastik disaring menggunakan sieve mesh ukuran 800. Selanjutnya diperiksa menggunakan binokuler mikroskop Nikon eclipse Ci-L-DSF12-L3, pada pembesaran 400 dengan skala 10 µm untuk memastikan ukuran mikroplastik.

Pemeriksaan Leukosit

Setelah periode perlakuan, darah diambil melalui mata sebanyak 3 ml menggunakan tabung EDTA. Sampel homogenisasi dibalik perlahan dan dianalisis menggunakan hematology analyzer (mode whole blood) untuk menghitung jumlah leukosit total ($10^3/\mu\text{L}$) serta parameter hematologi lain. Kontrol kualitas dilakukan setiap sesi analisis dengan bahan QC komersial.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaman bentuk dari mikroplastik yang ditemukan pada penelitian ini diantaranya polietilen, fiber, film, pellet, dan foam dimana bentuk mikroplastik ini dapat di lihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Bentuk Dengan Perbesaran 40x.
 (A) Polietilen (B) Fiber, (C) Film, (D) Pellet, (E) Foam

Polutan mikroplastik ini dapat dijumpai akibat adanya proses degradasi secara fisika, kimia maupun biologi oleh makanan yang dikonsumsi hewan uji. Keanekaragaman bentuk dari mikroplastik yang di temukan pada penelitian ini dapat mengindikasikan bahwa sumber mikroplastik yang dipaparkan pada makanan hewan uji yaitu Tikus Putih (*Rattus Norvegicus*) juga sangat beragam. Mikroplastik berasal dari proses degradasi secara fisika dimana plastik yang berukuran besar menjadi plastik dengan ukuran mikro. Polietilen merupakan mikroplastik yang bersumber dari plastik yang terfragmentasi. Fiber merupakan contoh mikroplastik yang umum yang bersumber dari pakaian sintetis, jaring ikan, dan tali. Pencemaran yang terdapat pada makanan ini terjadi melalui berbagai cara termasuk kontaminasi langsung dari kemasan plastik. Sedangkan pellet, polietilen, film, dan fiber merupakan mikroplastik yang berasal dari puing-puing plastik dan pembungkus makanan yang terdekomposisi.

Tingkat Keberadaan Mikroplastik Terhadap Jumlah Leukosit Pada Darah Tikus

Darah dari 25 ekor tikus (*Rattus Novergicus*) dengan usia 3 bulan dengan berat 169-200 gram, diidapati 5 sampel darah tikus yang terbagi dari tikus 1(1:6), tikus 2(1:6), tikus 1(1:12), tikus 2(1:12), tikus 1(control negatif), tikus 2(control negatif).

Hasil Pengukuran Jumlah Leukosit Dalam Darah Tikus

Tabel 1. Hasil pengukuran jumlah leukosit dalam darah tikus

Nama Sampel	Dosis	Hasil Penelitian
Tikus 1	1:6	11,0 ul
Tikus 2	1:6	8,2 ul
Tikus 1	1:12	9,4 ul
Tikus 2	1:12	12,5 ul
Tikus c- 1	-	9,9 ul
Tikus c-2	-	7,5 ul

Berdasarkan tabel 1 didapatkan hasil dari jumlah leukosit dalam darah tikus dengan kombinasi perlakuan dosis 1:6 dan 1:12 mg dengan lama waktu masing-masing dosis perlakuan ialah 6 hari dan 12 hari. Pada sampel yang di periksa di dapatkan hasil bahwa jumlah leukosit pada darah tikus yang terpapar di batas ambang normal berdasarkan rentang nilai normal leukosit tikus yaitu (7,2-12,6).

Berdasarkan pada penelitian diatas peneliti mendapatkan hasil yaitu pada sampel tikus control -1 didapatkan hasil 9,9 ul, sampel control -2 memiliki penurunan yaitu 7,5 dan pada sampel tikus yang terpapar mikroplastik terjadi kenaikan atau peningkatan seperti tikus1 dengan dosis 1:6 sebesar 11,0 ul ,tikus 2 dengan dosis 1:6 dengan hasil 8,2, tikus 1 dengan dosis 1:12 juga mendapatkan hasil yang naik dari tikus dosis 1:6 maupun dosis control- yaitu 9,4 ul,dan pada tikus 2 dosis 1:12 didapatkan hasil yang hampir mencapai batas ambang normal leukosit yaitu 12,5 ul.Pada hasil yang di dapatkan mikroplastik bersifat toksik tetapi tidak menginfeksi pada tubuh sampel,diperlukan waktu yang lama untuk membuat sampel tikus terinfeksi penyakit. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan memberikan mikroplastik kepada hewan coba berupa tikus (*Rattus norvegicus*) untuk mempelajari efek samping yang terjadi pada jumlah leukosit darah tikus. Penelitian ini menggunakan 3 kelompok dengan 3 jenis perlakuan yang berbeda, masing-masing kelompok terdiri dari 2 tikus, sehingga total jumlah sampel adalah 6 tikus. Kelompok pertama merupakan kelompok kontrol yang tidak diberikan mikroplastik. Kelompok lainnya adalah kelompok yang diberikan mikroplastik dengan durasi dan dosis yang berbeda, yaitu pada kelompok perlakuan pertama, tikus diberikan dosis 1:6 selama 1 minggu, sedangkan pada kelompok perlakuan kedua, tikus diberikan dosis 1:12 selama 2 minggu.

Hasil penelitian menunjukan bahwa mikroplastik banyak ditemukan pada liver karena merupakan organ penyaring tingkat pertama dibandingkan pada darah, Efek toksik mikroplastik polietilen tidak secara langsung menimbulkan dampak pada mahluk hidup, melainkan perlu bioakumulasi sampai dosis tertentu. Menurut Hwang et al. (2020) menyebutkan bahwa dosis paparan masih menjadi perdebatan bagi peneliti. Akan tetapi diameter ukuran partikel maksimal 20 µm telah dinyatakan berpotensi menimbulkan bahaya kesehatan pada mahluk hidup. Mikroplastik yang terdapat dalam tubuh makhluk hidup dapat menyebabkan reaksi inflamasi dan stres bahaya kesehatan pada mahluk hidup. Mikroplastik yang terdapat dalam tubuh makhluk hidup dapat menyebabkan reaksi inflamasi dan stres oksidatif. Toksisitas yang dihasilkan melalui jalur inflamasi disebabkan oleh sifat hidrofobik plastik serta kandungan bahan kimia di dalamnya. Efek toksiknya bergantung pada jumlah dosis. Semakin banyak dosis yang diberikan, semakin besar pula efek yang ditimbulkan. Hal ini menjelaskan temuan penelitian, di mana semakin banyak dosis mikroplastik polietilen yang oksidatif. Toksisitas yang dihasilkan melalui jalur inflamasi disebabkan oleh sifat hidrofobik plastik serta kandungan bahan kimia di dalamnya. Efek toksiknya besar pula efek yang ditimbulkan (Whang, et.al, 2020). Hal ini menjelaskan temuan penelitian, diberikan kepada yang terpapar, jumlah sel leukosit dalam darah *Rattus norvegicus* juga meningkat. Pada kelompok yang diatas didapatkan hasil yang tinggi yaitu pada minggu kedua dengan dosis 1:12 sebesar 12,5 tapi hasil tersebut masih direntang nilai normal. Jadi disimpulkan bahwa mikroplastik ini hanya bersifat toksik di dalam tubuh dan tidak mempengaruhi jumlah leukosit dalam darah. Penelitian masih memiliki kekurangan, yaitu waktu pemberian mikroplastik kurang lama pada hewan coba sehingga dapat menimbulkan bias pada hasil nya. Dengan adanya penelitian ini diharapkan penelitian lebih lanjut sehingga dapat diketahui dosis pasti yang dapat bekerja optimal sehingga menimbulkan efek buruk dari mikroplastik pada jumlah leukosit darah tikus.(Sincihu et al., 2022).

Efek toksik dari mikroplastik tidak secara langsung memberikan dampak erhadap kesehatan. Mikroplastik akan terakumulasi dulu di dalam tubuh dengan dosis maksimal baru memberikan reaksi

berupa respon inflamasi. Diameter ukuran mikroplastik $\geq 20 \mu\text{m}$ berpotensi menimbulkan bahaya kesehatan pada makhluk hidup.

Perlakuan mikroplastik polyethylene terephthalate (PET) selama 24 hari pada tikus putih betina galur Wistar tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap jumlah eritrosit, kadar hemoglobin, maupun hematokrit, kemungkinan karena kemampuan fisiologis tikus dalam mempertahankan hematopoiesis dan variasi ukuran partikel mikroplastik yang masuk ke dalam tubuh (Octavia et al., 2019).

Deng et al. (2017), Jenis polimer, ukuran partikel, dan durasi paparan berpengaruh terhadap toksisitasnya dan juga menyatakan bahwa variasi ukuran partikel PS-MP 5–20 μm , dapat memengaruhi hasil penelitian, sejalan dengan temuan ini yang mempertimbangkan heterogenitas ukuran mikroplastik PET. Efek toksik mikroplastik dipengaruhi oleh dosis, waktu paparan, dan karakteristik partikel yang dapat memasuki sirkulasi darah melalui transport paraseluler atau fagositosis dan terdistribusi ke organ seperti hati dan otak, memicu stres oksidatif dan inflamasi (Sincihu et al., 2022). Namun, proses detoksifikasi di hepar berperan penting dalam menetralkan toksin dan mencegahnya masuk ke sirkulasi sistemik, sehingga menjaga proses hematopoiesis tetap normal. Mekanisme ini didukung oleh peran sistem pencernaan dalam menyerap nutrisi dan menyalurkannya ke hepar untuk proses detoksifikasi sebelum disirkulasikan ke seluruh tubuh, memastikan nutrisi yang terserap bebas dari toksin dan dapat digunakan secara optimal oleh sel tubuh (Rosita et al., 2019).

Selama masa aklimasi dan perlakuan, pakan BR-1 yang diberikan termasuk bahan-bahan seperti jagung, kedelai, dedak, vitamin, dan mineral. Karena mengandung protein, karbohidrat, dan lemak esensial sebagai sumber energi dan komponen struktural sel darah, makanan ini secara nutrisi dapat membantu proses hematopoiesis pada tikus putih betina galur Wistar. Setelah paparan mikroplastik PET, nutrisi BR-1, yang terdiri dari protein kasar 22% dan lemak 5%, serta asam amino esensial dan antioksidan, seperti vitamin E dan beta-karoten, dapat membantu mempertahankan stabilitas membran eritrosit dan leukosit serta menetralkan radikal bebas yang muncul dari paparan (Pambudi et al., 2025).

Toksik mikroplastik polietilen secara langsung mempengaruhi makhluk hidup melalui bioakumulasi. Dosis paparan masih dibahas oleh peneliti. Namun, telah ditemukan bahwa ukuran partikel dengan diameter maksimal 20 μm dapat berbahaya bagi kehidupan (Wang et al., 2020). Sitotoksitas akibat mikroplastik sebagai hydrophobic organic chemicals juga diduga berperan dalam peradangan usus. Pernyataan ini perlu dibuktikan pada penelitian lebih lanjut dengan pengamatan histopatologis pada sel duodenum, jejunum, dan ileum terutama menilai kerusakan sel dan keberadaan mediator inflamasi di jaringan usus. Paparan mikroplastik polietilen menurunkan enzim antioksidan sehingga terjadi reaksi radikal bebas didalam darah hewan coba dan menyebabkan kematian sel. Sedangkan di usus terjadi oksidatif stress akibat penumpukan mikroplastik berdiameter 0,5-1 μm . Hasil penelitian ini bahwa paparan mikroplastik dosis adekuat menyebabkan toksisitas melalui stres oksidatif, lesi inflamasi dan neoplasia (Deng et al., 2017 & Prata et al., 2019).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa paparan mikroplastik memengaruhi jumlah leukosit tikus putih (*Rattus norvegicus*). Dalam tubuh hewan uji, ada peningkatan jumlah mikroplastik yang terakumulasi. Reaksi imun bawaan ini ditunjukkan oleh peningkatan jumlah total leukosit, terutama peningkatan jumlah limfosit dan neutrofil sebagai reaksi terhadap stres oksidatif dan inflamasi. Temuan ini menunjukkan bahwa stres seluler dan akumulasi partikel asing dapat menyebabkan mikroplastik mengganggu sistem imun. Oleh karena itu, paparan mikroplastik, baik dari lingkungan maupun rantai makanan, memiliki dampak signifikan terhadap keseimbangan ekosistem dan kesehatan organisme.

DAFTAR PUSTAKA

- Deng, Y., Zhang, Y., Lemos, B., & Ren, H. (2017), Tissue Accumulation of Microplastics in Mice and Biomarker Responses Suggest Widespread Health Risks of Exposure. *Scientific reports* 7(1): 1-10. doi: 10.1038/srep46687.
- Hwang J, Choi D, Han S, Jung SY, Choi J, Homong J, (2020), Potential toxicity of polystyrene microplastic particles. *Sci Report* ; 10(7391): 1-12. <https://www.nature.com/articles/s41598-020-64464-9>.

- Octavia, N., Saptaswari, D., & D. W. Damaiyanti, (2019), Efek Terapi *Sardinella longiceps* Terhadap Tinggi Tulang Kortikal Mandibula Tikus Model Periodontitis. *Jurnal Kedokteran Gigi* 13(2): 7-15. <https://journal-denta.hangtuah.ac.id/index.php/jurnal/article/view/44>.
- Pambudi,D.D, Agung Janika Sitasiwi dan Rasyidah Fauziah Ahmar, (2025), Pengaruh Mikroplastik Polyethylene Terephthalate (PET) Terhadap Profil Eritrosit Tikus Betina Galur Wistar. *Buletin Anatomo dan Fisiologi Universitas Diponegoro*, 10(2): 170-176. <https://doi.org/10.14710/baf.10.2.2025.170-176>.
- Prata JC, da Costa JP, Lopes I, Duarte AC, Rocha-Santos T, (2019), Environmental exposure to microplastics: an overview on possible human health effects. *Sci Tot Environ*. 702(134455): 1-31. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134455>.
- Rosita, L., Pramana, A. A. C., & F. R. Arfira, (2019), *Hematologi Dasar*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sincihu, Y., Soedjajadi Keman, Steven, David Kurnia Jaya, Leonardo Suryanto Wicaksono, Priskilla Naomi Palyama, Adinda Putri Studytasari, Vincentius Supit, (2022), Dampak Pemberian Mikroplastik Poliethilen Peroral Terhadap Hitung Jenis Sel Leukosit Darah *Rattus Norvegicus* Strain Wistar, *Repositori Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya*, 6 (1): 1-10. <https://journal2.unusa.ac.id/index.php/MTPHJ/focus>.
- Wang YL, Lee YH, Chiu IJ, Lin YF, Chiu HW, (2020), Potent impact of plastic nanomaterials and micromaterials on the food chain and human health. *Int J Molecular Sci.*; 21(5):1-8. 10.3390/ijms21051727.