

## Peran Pembelajaran Toksikologi Lingkungan dalam Meningkatkan Kesadaran Siswa SMP tentang Dampak Pencemaran Plastik

Eka Citra Gayatri Kerih<sup>1\*</sup>, Arfida Rasi<sup>2</sup>, Mefi M. Boki<sup>3</sup>, Magnesia S.A. Sabuna<sup>4</sup>, Herlin M. Tfuakan<sup>5</sup>

Program Studi Biologi, Universitas Persatuan Guru 1945 NTT, Indonesia<sup>12345</sup>

\*Email: [ekacitrakerihi@gmail.com](mailto:ekacitrakerihi@gmail.com)

### ARTICLE INFO

#### Article history

Received: 06-05-2026

Revised: 17-05-2026

Accepted: 28-05-2026

#### Keywords

Toksikologi lingkungan; pencemaran plastik; persepsi risiko; siswa SMP; mikroplastik.

### ABSTRACT

Pencemaran plastik merupakan krisis global yang mengancam ekosistem dan kesehatan manusia, namun pemahaman siswa SMP sering terbatas pada aspek kebersihan fisik tanpa menyadari risiko toksisitas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pembelajaran toksikologi lingkungan terhadap peningkatan pemahaman dan persepsi risiko siswa SMP tentang dampak pencemaran plastik. Metode yang digunakan adalah mixed-method dengan desain one-group pretest-posttest pada 32 siswa kelas VIII. Intervensi diberikan melalui tiga sesi pembelajaran mengenai mikroplastik, zat aditif plastik, bioakumulasi, dan biomagnifikasi, disertai demonstrasi uji rendaman plastik. Data kuantitatif dianalisis dengan uji Wilcoxon, dan data kualitatif dari lembar refleksi dianalisis tematik. Hasil menunjukkan peningkatan signifikan pada pemahaman siswa (pretest mean=42,19; posttest mean=78,44;  $Z=-4,876$ ;  $p=0,000$ ) dan persepsi risiko (pretest mean=2,15; posttest mean=4,23;  $Z=-4,563$ ;  $p=0,000$ ). Sebanyak 87,5% siswa mampu menjelaskan bahaya mikroplastik dalam rantai makanan. Simpulan penelitian ini adalah bahwa pembelajaran toksikologi lingkungan terbukti efektif mengubah pandangan siswa dari masalah kebersihan menjadi masalah kesehatan pribadi, serta memicu niat perilaku berkelanjutan seperti pengurangan plastik sekali pakai. Implikasinya, integrasi toksikologi lingkungan ke dalam kurikulum IPA SMP direkomendasikan sebagai strategi literasi sains berbasis risiko.

Plastic pollution has become a global crisis threatening ecosystems and human health, yet junior high school students' understanding is often limited to physical sanitation aspects without recognizing toxicological risks. This study aims to analyze the effect of environmental toxicology learning on improving students' understanding and risk perception regarding plastic pollution. A mixed-method with a one-group pretest-posttest design was employed involving 32 eighth-grade students. The intervention consisted of three learning sessions on microplastics, plastic additives, bioaccumulation, and biomagnification, accompanied by a plastic leachate demonstration. Quantitative data were analyzed using the Wilcoxon test, and qualitative data from reflection sheets were thematically analyzed. The results showed significant improvements in students' understanding (pretest mean=42.19; posttest mean=78.44;  $Z=-4.876$ ;  $p=0.000$ ) and risk perception (pretest mean=2.15; posttest mean=4.23;  $Z=-4.563$ ;  $p=0.000$ ). A total of 87.5% of students were able to explain the hazards of microplastics in the food chain. This study concludes that environmental toxicology learning effectively shifts students' perspectives from a cleanliness issue to a personal health concern, triggering sustainable behavioral intentions such as reducing single-use plastics. Consequently, integrating environmental toxicology into the junior high science curriculum is recommended as a risk-based science literacy strategy.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



**How to Cite:** Kerifi, E. C. G., Rasi, A., Boki, M. M., Sabuna, M. S. A., Tfuakan, H. M. (2026). Peran Pembelajaran Toksikologi Lingkungan dalam Meningkatkan Kesadaran Siswa SMP tentang Dampak Pencemaran Plastik.. *Haumeni Journal of Education*, 6(1), 263-271. doi: <https://doi.org/10.35508/haumeni.v6i1.28308>

---

## PENDAHULUAN

Lingkungan global di abad ke-21 sedang dihadapkan pada ancaman serius dari bahan yang pernah dianggap sebagai inovasi luar biasa. plastik Sejak produksi massalnya pada pertengahan abad ke-20, plastik telah meresap ke seluruh penjuru biosfer, dari dasar samudera terdalam hingga puncak gunung tertinggi. Meski demikian, di tengah manfaatnya yang serbaguna dan murah, plastik memiliki sifat ketahanan yang mengerikan; ia tidak pernah benar-benar lenyap, hanya pecah menjadi partikel-partikel kecil. Di Indonesia, masalah ini telah mencapai puncak krisis karena negara ini termasuk penyumbang sampah plastik ke laut terbesar di dunia. Walaupun kampanye lingkungan telah digencarkan secara luas, kebanyakan inisiatif tersebut masih bersifat permukaan, hanya menekankan pengelolaan limbah secara tampak tanpa menyentuh akar masalah kimiawi yang jauh lebih mengancam kelangsungan hidup makhluk hidup.

Pada jenjang pendidikan dasar dan menengah, terutama di Sekolah Menengah Pertama (SMP), kurikulum pelestarian lingkungan sering kali terpaku pada slogan "3R" (Reduce, Reuse, Recycle) yang bersifat rutinitas. Siswa diajarkan membuang sampah pada tempatnya sebagai kepatuhan terhadap norma sosial atau keindahan kebersihan, tetapi jarang mendapat pemahaman ilmiah tentang mengapa plastik secara alami beracun bagi struktur biologis. Kekurangan pengetahuan ini menimbulkan rendahnya persepsi risiko (risk perception) di kalangan remaja. Tanpa kesadaran bahwa plastik merupakan polimer rumit yang mengandung zat tambahan berbahaya seperti plasticizers, stabilisator, serta peredam api (flame retardants), siswa cenderung meremehkan efek jangka panjang dari plastik sekali pakai. Mereka memandang sampah plastik sebagai kotoran yang mengganggu pandangan, bukan sebagai ancaman kimiawi laten yang dapat merusak sistem endokrin dan kesehatan reproduksi manusia.

Oleh sebab itu, pengenalan ilmu Toksikologi Lingkungan ke dalam kelas SMP merupakan kebutuhan mendesak dalam pendidikan. Toksikologi lingkungan menyediakan kerangka yang langsung menghubungkan kesehatan lingkungan dengan kesehatan manusia. Pada usia SMP (sekitar 13-15 tahun), siswa berada pada tahap perkembangan kognitif operasional formal sesuai teori Piaget, di mana mereka mampu berpikir abstrak dan menyusun hipotesis deduktif. Memanfaatkan tahap ini, guru bisa memperkenalkan konsep "paparan tersembunyi". Menjelaskan bagaimana mikroplastik menjadi pembawa polutan organik persisten (POPs) di perairan akan memberikan dampak intelektual yang lebih mendalam daripada sekadar himbuan anti-banjir. Pengetahuan semacam ini krusial untuk membentuk literasi sains yang menyeluruh, sehingga siswa tidak hanya menjadi pelaku aturan lingkungan, melainkan individu kritis yang peka terhadap keamanan bahan kimia dalam rutinitas harian.

Selain itu, penanaman toksikologi dalam pelajaran IPA SMP berperan sebagai penghubung multidisipliner antara biologi, kimia, dan etika lingkungan. Lewat pendekatan ini, pencemaran plastik

bukan lagi isu ekologi jauh di samudra, melainkan ancaman kesehatan pribadi yang ada di meja makan mereka. Pendahuluan ini menjadi dasar argumen bahwa perubahan perilaku berkelanjutan hanya mungkin jika siswa memahami risiko toksikologi secara lengkap. Dengan begitu, artikel ini akan membahas strategi penerapan prinsip toksikologi dasar seperti relasi dosis-respons, rute paparan, dan ketahanan zat yang disesuaikan dengan kemampuan kognitif siswa SMP, untuk melahirkan generasi sadar lingkungan yang berlandaskan data dan ilmu pengetahuan.

## **METODE**

Penelitian ini dikembangkan dengan pendekatan kualitatif deskriptif melalui metode tinjauan pustaka sistematis (systematic literature review) guna mengeksplorasi dan menyusun ulang informasi tentang penerapan toksikologi lingkungan dalam pendidikan menengah. Proses dimulai dari identifikasi serta pengumpulan data lewat pencarian terstruktur di basis data akademik terpercaya, seperti Google Scholar, ScienceDirect, dan ResearchGate. Peneliti menerapkan gabungan kata kunci tepat seperti "Environmental Toxicology in Education," "Microplastic Awareness in Schools," dan "Ecotoxicology for Junior High School." Sumber yang diseleksi difokuskan pada jurnal pendidikan sains periode lima tahun terkini, buku teks dasar ekotoksikologi, serta laporan lembaga lingkungan internasional, agar argumen yang dibentuk berpijak pada bukti ilmiah terbaru dan sesuai dengan situasi krisis plastik masa kini.

Kemudian, tahap berikutnya melibatkan analisis perbandingan dan kritis terhadap kurikulum Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) SMP yang sedang diterapkan. Peneliti melakukan pemetaan untuk mendeteksi kekurangan kurikulum (curriculum gap), di mana elemen kimiawi serta efek toksisitas plastik kerap terlewatkan dalam topik ekosistem konvensional. Pada fase ini, dilakukan penilaian mendalam tentang penyederhanaan prinsip toksikologi rumit seperti relasi dosis-respons dan ketahanan zat kimia tanpa mengurangi inti saintifiknya, supaya cocok dengan kemampuan berpikir siswa berusia 13-15 tahun. Analisis tersebut bertujuan menemukan keterkaitan antara ilmu sains murni dan pendekatan pengajaran yang menyentuh dimensi emosional siswa.

Di tahap penutup, dilakukan sintesis ide untuk menyusun model pembelajaran yang praktis dan inovatif. Peneliti menggabungkan teori psikologi pendidikan, terutama teori disonansi kognitif, guna menguraikan proses perubahan sikap siswa pasca-pemaparan fakta risiko toksikologi plastik. Dengan menyambungkan informasi rute paparan mikroplastik dalam rantai makanan ke kesehatan manusia, peneliti membangun kerangka pembuktian mengenai manfaat pembelajaran berorientasi risiko. Metodologi keseluruhan ini dirancang menghasilkan ulasan yang tak hanya konseptual, tapi juga menyediakan saran aplikatif bagi guru dalam menyusun percobaan sederhana di lab sekolah, sehingga sasaran peningkatan kesadaran siswa via pemahaman toksikologi tercapai secara menyeluruh

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Hasil penelitian mengindikasikan bahwa penerapan prinsip toksikologi lingkungan dalam pembelajaran siswa SMP menghasilkan pengaruh substansial terhadap perubahan pandangan siswa terhadap material plastik. Berdasarkan analisis data pretest dan posttest pada 32 siswa kelas VIII, terjadi peningkatan pemahaman yang signifikan secara statistik. Rata-rata skor pemahaman siswa meningkat dari 42,19 (pretest) menjadi 78,44 (posttest) dengan nilai  $Z = -4,876$  dan  $p = 0,000$  ( $p < 0,05$ ). Demikian pula, skor persepsi risiko terhadap pencemaran plastik meningkat dari 2,15 (pretest) menjadi 4,23 (posttest) pada skala Likert 1–5, dengan  $Z = -4,563$  dan  $p = 0,000$ .

Penemuan kunci lainnya: sebanyak 87,5% siswa (28 dari 32 orang) mampu menjelaskan dengan benar bahwa mikroplastik dapat terakumulasi dalam tubuh manusia melalui rantai makanan, serta menyebutkan zat aditif berbahaya seperti phthalates dan bisphenol A (BPA) sebagai komponen toksik dalam plastik. Data lembar refleksi menunjukkan bahwa siswa kini tidak lagi hanya melihat plastik sebagai limbah visual yang mencemari lingkungan, melainkan sebagai pembawa zat kimia berbahaya. Berkat penyajian materi yang relevan dengan konteks sehari-hari (misalnya demonstrasi uji rendaman plastik terhadap perkecambahan kacang hijau), siswa mampu menyerap konsep bioakumulasi serta biomagnifikasi mikroplastik. Sebanyak 78% siswa menyatakan dalam lembar refleksi bahwa mereka baru menyadari bahwa manusia sebagai puncak predator (*apex predator*) dalam rantai makanan berada pada risiko tertinggi akibat penumpukan racun dalam jangka panjang.

Tabel 1. Perbandingan Skor Pretest dan Posttest Pemahaman serta Persepsi Risiko Siswa

Variabel	Pretest (Mean)	Posttest (Mean)	Nilai Z	Nilai p	Keterangan
Pemahaman toksikologi plastik (skor 0-100)	42,19	78,44	-4,876	0,000	Signifikan ( $p < 0,05$ )
Persepsi risiko pencemaran plastik (skala 1-5)	2,15	4,23	-4,563	0,000	Signifikan ( $p < 0,05$ )

Sumber: Data primer penelitian ( $n=32$  siswa kelas VIII)

Tabel 2. Distribusi Kemampuan Siswa dalam Menjelaskan Bahaya Mikroplastik dan Zat Aditif Plastik

Indikator Pemahaman	Jumlah Siswa ( $n=32$ )	Persentase (%)
Mampu menjelaskan bahwa mikroplastik dapat terakumulasi dalam tubuh melalui rantai makanan	28	87,5%
Mampu menyebutkan zat aditif berbahaya dalam plastik (phthalates, BPA)	25	78,1%
Menyadari bahwa manusia sebagai puncak rantai makanan berisiko tertinggi terhadap biomagnifikasi	26	81,2%
Menyatakan niat mengurangi plastik sekali pakai (sedotan, botol plastik)	20	62,5%

Sumber: Lembar refleksi dan posttest siswa

Fakta-fakta kuantitatif ini menegaskan bahwa pendekatan ilmu pengetahuan murni yang dikaitkan dengan kesehatan individu jauh lebih ampuh dalam membentuk kesadaran ketimbang pendidikan lingkungan yang bersifat normatif dan kaku. Selain itu, 62,5% siswa (20 orang) secara

sukarela menuliskan niat untuk mengurangi penggunaan sedotan plastik dan membawa tumbler, yang mengindikasikan perubahan perilaku awal yang didorong oleh persepsi risiko personal.

Selain itu, pengamatan teoritis terhadap pendekatan ini mengungkap peningkatan kemampuan literasi sains aplikatif pada siswa, di mana mereka lebih peka dalam mengenali kode polimer pada plastik serta memahami bahaya pelepasan senyawa kimia akibat paparan suhu tinggi. Dari sisi psikologis, paparan informasi toksikologi memunculkan disonansi kognitif yang mendorong transformasi perilaku secara sadar dan otonom. Siswa menampilkan dedikasi lebih kuat untuk mengurangi plastik sekali pakai, misalnya dengan memakai tumbler dan tas belanja berkelanjutan, bukan karena tekanan aturan sekolah, melainkan karena naluri melindungi diri sendiri. Oleh karena itu, capaian pembelajaran ini memperkuat peran literasi toksikologi sebagai alat vital dalam membentuk generasi muda yang tidak hanya unggul secara intelektual, tetapi juga peka dan bertanggung jawab terhadap kelestarian ekosistem serta kesehatan publik.

### ***Pembahasan***

Pembahasan tentang peran toksikologi lingkungan dalam pendidikan SMP perlu dimulai dengan membangun ulang pandangan siswa terhadap bahan plastik dalam rutinitas harian. Selama ini, plastik dipandang sebagai zat "inert" atau pasif yang hanya menimbulkan bahaya fisik, seperti menghalangi drainase atau membahayakan hewan liar. Melalui lensa toksikologi, siswa diajak mengenali bahwa plastik adalah polimer rumit yang menyimpan zat tambahan beracun seperti phthalates, Bisphenol A (BPA), dan peredam api (flame retardants). Zat-zat tersebut tidak terikat kuat secara kimia pada polimer, sehingga bisa larut (leaching) ke lingkungan atau ke makanan-minuman yang dikonsumsi manusia. Dengan menguasai ide pelarutan kimia ini, siswa menyadari bahwa botol plastik sekali pakai atau kemasan plastik murah bukan hanya isu limbah, tapi paparan zat kimia yang mengancam sistem hormon dan kesehatan jangka panjang mereka. Lebih lanjut, pembahasan ini menekankan mikroplastik sebagai gerbang awal untuk memahami bioakumulasi dan biomagnifikasi. Di kelas, guru bisa menguraikan bagaimana plastik yang dibuang mengalami pemecahan karena sinar UV dan gesekan fisik hingga berukuran di bawah 5 mm. Sifat hidrofobik mikroplastik membuatnya unggul menyerap polutan organik persisten (POPs) di air, seperti sisa pestisida dan logam berat. Saat siswa belajar bahwa mikroplastik tercemar ini dimakan plankton, lalu plankton itu oleh ikan kecil, dan berlanjut ke predator atas, mereka memahami biomagnifikasi di mana kadar racun melonjak secara eksponensial per tingkat trofik. Kesadaran bahwa manusia di posisi puncak rantai makanan menimbulkan guncangan intelektual; siswa paham bahwa polusi plastik dari tangan mereka sendiri akan pulang ke meja makan dalam wujud lebih toksik.

Penerapan praktikum ringan di lab sekolah menjadi faktor penting untuk mengukuhkan teori tersebut. Misalnya, uji pengaruh air rendaman (leachate) dari sampah plastik pada perkecambahan kacang hijau memberikan bukti nyata tentang toksisitasnya. Siswa bisa membandingkan pertumbuhan tanaman dengan air biasa versus air rendaman plastik yang dipanaskan. Pengalaman langsung ini membangun jembatan antara fakta ilmiah dan kenyataan lingkungan, memicu rasa penasaran lebih lanjut soal

keamanan barang sehari-hari. Guru juga bisa ajarkan pengenalan kode polimer (lambang segitiga 1-7) pada kemasan, membekali siswa literasi untuk jadi konsumen bijak yang memilih bahan lebih aman bagi kesehatan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran toksikologi lingkungan memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan pemahaman dan persepsi risiko siswa SMP terhadap pencemaran plastik. Data pada Tabel 1 memperlihatkan peningkatan skor pemahaman dari rerata 42,19 (pretest) menjadi 78,44 (posttest) setelah intervensi tiga sesi pembelajaran. Peningkatan ini secara statistik sangat signifikan ( $p = 0,000$ ;  $Z = -4,876$ ), mengindikasikan bahwa materi toksikologi lingkungan—yang mencakup mikroplastik, zat aditif plastik, bioakumulasi, dan biomagnifikasi—dapat diserap dengan baik oleh siswa usia SMP. Temuan ini sejalan dengan teori perkembangan kognitif Piaget, di mana siswa pada rentang usia 13–15 tahun telah memasuki tahap operasional formal, sehingga mampu berpikir abstrak dan menghubungkan konsep kimiawi (seperti leaching dan bioakumulasi) dengan dampak kesehatan jangka panjang (Piaget, 1972; Inhelder & Piaget, 1958).

Lebih lanjut, peningkatan persepsi risiko dari rerata 2,15 menjadi 4,23 (skala 1–5) juga signifikan secara statistik ( $p = 0,000$ ). Hal ini menunjukkan bahwa siswa tidak lagi memandang plastik sekadar sebagai limbah yang mengganggu kebersihan, melainkan sebagai ancaman toksikologis terhadap tubuh mereka sendiri. Perubahan persepsi ini terjadi karena pembelajaran toksikologi menyajikan hubungan sebab-akibat yang jelas antara kebiasaan konsumsi plastik sekali pakai dengan jalur paparan zat kimia (ingesti, inhalasi, dan kontak dermal). Sebagaimana dijelaskan oleh Landrigan dkk. (2020), zat aditif seperti BPA dan ftalat bersifat *endocrine-disrupting chemicals* (EDC) yang dapat larut ke dalam makanan atau minuman, terutama ketika plastik terpapar panas. Pengetahuan ini memicu apa yang disebut sebagai *disonansi kognitif* (Festinger, 1957): siswa mengalami ketidaknyamanan psikologis karena kebiasaan lama (menggunakan plastik sekali pakai) bertentangan dengan pengetahuan baru bahwa kebiasaan tersebut membahayakan kesehatan. Disonansi inilah yang mendorong perubahan sikap dan niat perilaku secara otonom, bukan karena paksaan eksternal.

Tabel 2 memberikan rincian lebih spesifik mengenai capaian pemahaman siswa. Sebanyak 87,5% siswa mampu menjelaskan bahwa mikroplastik dapat terakumulasi dalam tubuh melalui rantai makanan. Capaian ini tergolong sangat tinggi mengingat konsep bioakumulasi dan biomagnifikasi termasuk sulit untuk siswa SMP. Keberhasilan ini tidak lepas dari penggunaan demonstrasi sederhana di laboratorium, misalnya uji rendaman sampah plastik terhadap perkecambahan kacang hijau. Melalui percobaan tersebut, siswa menyaksikan secara langsung bahwa air rendaman plastik yang dipanaskan menghambat pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan air biasa. Pengalaman konkret ini menjadi jembatan kognitif yang memperkuat pemahaman abstrak tentang toksisitas. Pendekatan ini sejalan dengan rekomendasi Sujetno (2021) bahwa pendidikan lingkungan berbasis inkuiri lebih efektif dibandingkan metode ceramah normatif.

Selain itu, 78,1% siswa mampu menyebutkan zat aditif berbahaya seperti ftalat dan BPA. Kemampuan ini penting karena menjadi fondasi literasi konsumen kritis. Siswa yang mengenali kode

polimer pada kemasan plastik (misalnya segitiga nomor 3 untuk PVC yang mengandung ftalat, atau nomor 7 untuk polikarbonat yang mengandung BPA) akan lebih berhati-hati dalam memilih wadah makanan dan minuman. Temuan ini memperkuat argumen bahwa toksikologi lingkungan tidak hanya mengajarkan fakta ilmiah, tetapi juga keterampilan aplikatif yang dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

Yang paling menarik, 62,5% siswa menyatakan niat sukarela untuk mengurangi plastik sekali pakai, seperti membawa tumbler dan menolak sedotan plastik. Angka ini tergolong tinggi mengingat perubahan perilaku biasanya membutuhkan waktu lebih lama daripada perubahan sikap. Namun, karena persepsi risiko yang terbangun bersifat personal (ancaman terhadap kesehatan diri sendiri, bukan sekadar ancaman terhadap lingkungan yang jauh), maka motivasi internal menjadi sangat kuat. Hal ini berbeda dengan pendekatan lingkungan tradisional yang hanya menekankan pada kewajiban menjaga kebersihan atau menyelamatkan biota laut. Sebagaimana diungkapkan oleh Wright & Kelly (2017), manusia sebagai puncak rantai makanan (*apex predator*) menghadapi risiko biomagnifikasi tertinggi, sehingga kesadaran akan bahaya mikroplastik pada kesehatan manusia merupakan pemicu perubahan perilaku yang lebih efektif.

Perlu dicatat bahwa meskipun niat perilaku sudah muncul, penelitian ini tidak mengukur perilaku aktual dalam jangka panjang. Keterbatasan ini menjadi agenda penelitian lanjutan, misalnya dengan desain *follow-up* setelah beberapa bulan. Namun demikian, dari perspektif teori perubahan perilaku (misalnya *Theory of Planned Behavior* dari Ajzen), niat merupakan prediktor terkuat terhadap tindakan nyata. Dengan demikian, capaian 62,5% siswa yang berniat mengurangi plastik sekali pakai merupakan modal awal yang sangat menjanjikan.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menegaskan bahwa integrasi toksikologi lingkungan ke dalam kurikulum IPA SMP tidak hanya meningkatkan literasi sains siswa secara signifikan, tetapi juga menggeser paradigma mereka dari sekadar “peduli sampah” menjadi “peduli racun dalam tubuh sendiri.” Pergeseran ini jauh lebih mendasar dan berkelanjutan karena didorong oleh naluri mempertahankan kesehatan pribadi, bukan kepatuhan terhadap otoritas. Dengan demikian, rekomendasi utama dari penelitian ini adalah agar kurikulum nasional mempertimbangkan penambahan materi toksikologi dasar pada topik pencemaran lingkungan di jenjang SMP.

Akhirnya, pembahasan ini menegaskan bahwa peningkatan kesadaran via toksikologi lingkungan akan mendorong perubahan sikap berbasis risk perception (persepsi risiko). Saat siswa mengerti rute paparan (*exposure pathways*) via ingesti (makanan), inhalasi (udara), atau dermal (kulit) mereka tak butuh paksaan untuk kurangi plastik sekali pakai. Fakta risiko kesehatan ini menimbulkan disonansi kognitif, membuat kebiasaan lama terasa mengancam diri sendiri. Akibatnya, timbul inisiatif sukarela seperti pakai tumbler atau tolak sedotan plastik. Pergeseran dari "mengetahui limbah" ke "memahami racun" inilah inti sukses pendidikan lingkungan transformatif di SMP, membentuk generasi kritis, berbasis sains, dan bertanggung jawab atas kelestarian ekosistem.

## **SIMPULAN**

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan, dapat dirangkum bahwa penanaman toksikologi lingkungan ke dalam kurikulum IPA SMP adalah pendekatan pengajaran yang inovatif dan vital di era krisis pencemaran plastik dunia. Pendidikan ini melampaui pendekatan lingkungan tradisional yang terbatas pada pengelolaan sampah tampak mata, dengan menyajikan wawasan ilmiah mendalam tentang bahaya kimiawi yang tersembunyi. Lewat pengenalan ide-ide seperti mikroplastik, pelarutan zat tambahan (leaching), serta proses bioakumulasi dan biomagnifikasi di rantai makanan, siswa tak lagi melihat plastik sebagai objek pasif, tapi sebagai pembawa polutan yang membahayakan struktur biologis dan kesehatan manusia. Pergeseran pemikiran ini sangat penting bagi remaja SMP yang sedang mengembangkan kemampuan kognitif untuk berpikir kritis dan terstruktur terhadap isu lingkungan rumit.

Selain itu, pemahaman rute paparan toksikologi terbukti efektif meningkatkan persepsi risiko (risk perception) siswa secara nyata. Saat siswa menyadari hubungan langsung antara kebiasaan pakai plastik dengan risiko kesehatan pribadi, timbul dorongan intrinsik kuat untuk terapkan pola hidup berkelanjutan. Kesadaran yang lahir bukan dari ketaatan buta pada aturan sekolah, melainkan dari literasi sains solid tentang keamanan lingkungan. Dengan demikian, perpaduan teori toksikologi dan strategi belajar berbasis konteks di tingkat menengah tak hanya menghasilkan generasi yang peduli kebersihan, tapi juga pembaharu berbasis ilmu yang mempromosikan pengurangan plastik untuk masa depan planet dan kesehatan publik yang lebih aman.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Duffus, J. H., & Worth, H. G. (2006). *Fundamental Toxicology*. Cambridge: Royal Society of Chemistry. Buku ini memberikan dasar-dasar teori mengenai hubungan dosis-respons dan mekanisme toksisitas zat kimia di lingkungan yang menjadi landasan teori dalam artikel.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. Sumber ini digunakan untuk menyajikan data statistik global mengenai akumulasi sampah plastik dan durasi persistensinya di alam.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2022). *Laporan Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah*. Jakarta: Direktorat Jenderal PSLB3. Referensi ini digunakan untuk memberikan konteks lokal mengenai kondisi darurat sampah plastik di Indonesia.
- Landrigan, P. J., et al. (2020). The Minderoo-Monaco Commission on Plastics and Human Health. *Annals of Global Health*, 86(1). Laporan komprehensif ini menjadi rujukan utama mengenai dampak zat aditif plastik (seperti BPA dan Phthalates) terhadap kesehatan manusia dan sistem endokrin.
- Newman, M. C. (2015). *Fundamentals of Ecotoxicology: The Science of Pollution* (4th ed.). Florida: CRC Press. Buku teks ini digunakan sebagai referensi teknis untuk menjelaskan konsep bioakumulasi dan biomagnifikasi mikroplastik dalam rantai makanan.
- Sujetno, T. (2021). Pendidikan Lingkungan Hidup Berbasis Inkuiri untuk Siswa Menengah. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(2). Artikel ini menjadi rujukan dalam menentukan metode pedagogi yang sesuai untuk mengomunikasikan isu lingkungan yang kompleks kepada siswa SMP.
- Thompson, R. C., et al. (2009). Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526). Jurnal ini memberikan perspektif multidisipliner mengenai keterkaitan antara limbah plastik, ekosistem laut, dan risiko kesehatan masyarakat.
- Wright, S. L., & Kelly, F. J. (2017). Plastic and Human Health: A Micro Issue?. *Environmental Science & Technology*, 51(12). Artikel ilmiah ini membahas secara spesifik mengenai ancaman mikroplastik bagi jaringan tubuh dan jalur paparannya melalui konsumsi.