

Dampak Toksisitas Limbah Industri Tekstil Terhadap Kualitas Air dan Biota Akuatik

Syalwa Arsa¹, Ulli Zahрати², Firdus³, Muhammad Nasir⁴, Alia Rizki⁵

^{1,2,5}Departemen Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

^{3,4}Pusat Riset Lingkungan Hidup, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

*Email Korespodensi: firdus.usk@gmail.com

Sejarah Artikel:

Diterima 01-05-2026
Disetujui 05-05-2026
Diterbitkan 07-05-2026

ABSTRACT

The development of the textile industry makes a significant contribution to the economy, but its production activities also generate large amounts of liquid waste that has the potential to pollute aquatic environments. Textile industrial waste generally contains various hazardous substances such as synthetic dyes, organic chemicals, surfactants, and heavy metals like chromium, which can degrade water quality and cause toxic effects on aquatic organisms. This article aims to analyze the performance of textile industrial waste, examine its effects on water quality parameters, and assess its toxicity to aquatic biota. The method used is a literature review of various scientific journal sources related to textile waste and its impact on marine ecosystems. The results show that textile waste can increase BOD, COD, turbidity, and suspended solids content, thereby reducing dissolved oxygen levels in water. This condition can cause physiological stress, growth disorders, and even death of aquatic organisms. Furthermore, heavy metals and synthetic dyes in textile waste have the potential to bioaccumulate and biomagnify in the food chain, threatening the balance of marine ecosystems and human health. Therefore, effective management and treatment of textile industrial waste is crucial to reduce the impact of pollution and protect the aquatic environment.

Keywords: *textile waste; water quality; aquatic toxicity*

ABSTRAK

Perkembangan industri tekstil memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian, tetapi aktivitas produksinya juga menghasilkan sejumlah besar limbah cair yang berpotensi mencemari lingkungan perairan. Limbah industri tekstil umumnya mengandung berbagai zat berbahaya seperti pewarna sintesis, bahan kimia organik, surfaktan, dan logam berat seperti kromium, yang dapat menurunkan kualitas air dan menyebabkan efek toksik pada organisme perairan. Artikel ini bertujuan untuk menganalisis kinerja limbah industri tekstil, meneliti pengaruhnya terhadap parameter kualitas air, dan menilai toksisitasnya terhadap biota perairan. Metode yang digunakan adalah studi literatur dari berbagai sumber jurnal ilmiah yang berkaitan dengan limbah tekstil dan dampaknya terhadap ekosistem laut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah tekstil dapat meningkatkan BOD, COD, kekeruhan, dan kandungan padatan tersuspensi, sehingga menurunkan kadar oksigen terlarut dalam air. Kondisi ini dapat menyebabkan stres fisiologis, gangguan pertumbuhan, dan bahkan kematian organisme perairan. Selain itu, logam berat dan pewarna sintesis dalam limbah tekstil berpotensi mengalami bioakumulasi dan biomagnifikasi dalam rantai makanan, sehingga mengancam keseimbangan ekosistem laut dan kesehatan manusia. Oleh karena itu, pengelolaan dan pengolahan limbah industri tekstil yang efektif sangat penting untuk mengurangi dampak polusi dan melindungi lingkungan perairan.

Kata Kunci: limbah tekstil; kualitas air; toksisitas akuatik

Bagaimana Cara Sitasi Artikel ini:

Arsa, S., Zahradi, U., Firdus, F., Nasir, M., & Rizki, A. (2026). Dampak Toksitas Limbah Industri Tekstil Terhadap Kualitas Air dan Biota Akuatik. Jejak Digital: Jurnal Ilmiah Multidisiplin, 2(3), 4111-4122. <https://doi.org/10.63822/vsxjzs65>

PENDAHULUAN

Menurut Septima (2014) perkembangan teknologi ditandai dengan meningkatnya taraf hidup manusia. Hal ini ditunjukkan dengan adanya perkembangan dunia industri, seperti industri tekstil. Industri tekstil merupakan sektor yang memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian Indonesia, baik secara nasional maupun lokal. Produksi tekstil tidak hanya menyediakan mata pencaharian bagi masyarakat setempat, tetapi juga memperkuat citra budaya Indonesia di panggung internasional. Industri tekstil salah satunya batik, dahulu hanya dikenal sebagai produk seni budaya, kini telah berkembang menjadi komoditas industri yang diproduksi dalam berbagai skala, dari kecil hingga besar. Namun demikian, Indrayani (2018) menjelaskan bahwa di balik pertumbuhan industri tekstil, muncul masalah lingkungan yang signifikan, terutama yang berkaitan dengan limbah cair yang dihasilkan selama proses produksi, yang memiliki potensi menimbulkan pencemaran lingkungan.

Industri tekstil menghasilkan limbah cair, terutama selama proses pewarnaan dan penggulungan, yang menghasilkan limbah cair dalam jumlah besar. Limbah ini dapat mengandung zat berbahaya seperti bahan kimia organik, logam berat seperti kromium, dan pewarna sintesis beracun. Juliardi et al., (2020) menjelaskan bahwa apabila limbah cair industri tekstil tidak diolah dengan benar, maka limbah tersebut berpotensi mencemari lingkungan, khususnya badan air di sekitar area pembuangan jika melebihi ambang batas yang ditetapkan. Pembuangan limbah cair ke lingkungan dapat membahayakan kehidupan, khususnya kehidupan akuatik, karena kontaminasi yang disebabkan oleh limbah tersebut.

Secara ekologis, masuknya limbah tekstil ke perairan dapat menyebabkan perubahan parameter kualitas air. Yaseen et al., (2016) menyatakan bahwa limbah tekstil dapat meningkatkan nilai BOD (Biochemical Oxygen Demand) dan COD (Chemical Oxygen Demand), kondisi pH yang dapat bersifat sangat asam atau basa, serta kandungan padatan tersuspensi yang tinggi. Hal ini berpotensi mengganggu keseimbangan ekosistem perairan karena organisme akuatik sangat bergantung pada stabilitas kualitas air untuk bertahan hidup. Penurunan kadar oksigen terlarut, misalnya, dapat menyebabkan stress fisiologis hingga kematian pada ikan dan biota lainnya.

Selain itu, keberadaan logam berat dan pewarna sintesis dalam limbah tekstil dapat menyebabkan efek toksik, baik dalam jangka pendek (akut) maupun jangka panjang (kronis). Jais et al., (2020) menjelaskan bahwa logam berat seperti kromium memiliki kemampuan untuk secara perlahan terakumulasi dalam jaringan tubuh organisme akuatik melalui proses bioakumulasi. Seiring waktu, zat-zat ini dapat berpindah dan meningkat konsentrasinya di setiap tingkat trofik dalam rantai makanan melalui proses biomagnifikasi. Dalam jangka panjang, kondisi ini tidak hanya mengancam keberlanjutan dan keseimbangan keanekaragaman hayati di ekosistem perairan, tetapi juga berpotensi membahayakan kesehatan manusia yang mengonsumsi ikan atau organisme lain yang berasal dari perairan yang tercemar.

Permasalahan ini menjadi semakin kompleks karena pengelolaan limbah industri belum sepenuhnya dioptimalkan, terutama di industri kecil dan menengah. Situasi ini menimbulkan kekhawatiran tentang potensi pencemaran yang dapat berdampak pada kualitas lingkungan perairan. Oleh karena itu, mempelajari tingkat toksisitas limbah industri tekstil terhadap kualitas air dan biota akuatik sangat penting. Penelitian ini diperlukan untuk memahami sejauh mana potensi risiko ekologis dan untuk memberikan dasar bagi perumusan strategi pengendalian pencemaran yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Artikel ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik limbah industri tekstil, pengaruhnya terhadap kualitas air, serta tingkat toksisitasnya terhadap biota akuatik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan menelaah berbagai artikel ilmiah yang dipublikasikan pada jurnal nasional dan internasional. Literatur diperoleh melalui database ilmiah seperti Google Scholar, ScienceDirect, dan ResearchGate dengan kata kunci “textile wastewater”, “toxicity”, “water quality”, dan “aquatic organisms”. Artikel yang digunakan merupakan publikasi dalam rentang tahun 2015–2025 yang relevan dengan topik pencemaran limbah tekstil..

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Berdasarkan informasi yang didapatkan dari kajian pustaka yang dilakukan maka didapatkan data berupa toksisitas limbah batik terhadap ikan nila pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil penelitian toksisitas limbah batik terhadap ikan nila

Parameter	Hasil penelitian
COD	4951,75 mg/L
TSS	448 mg/L
Cr	7 mg/L
LC50 (96 jam)	0,73 %

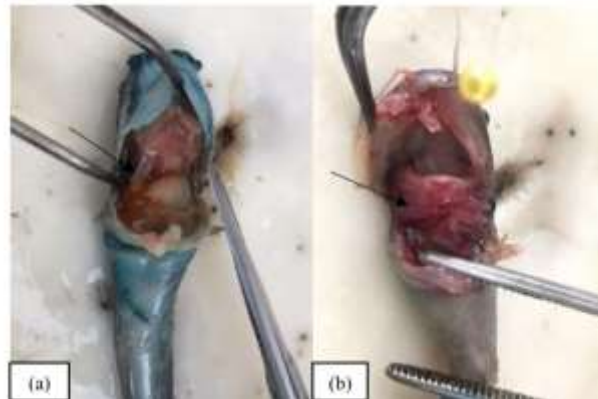
Data ini menunjukkan bahwa meningkatnya konsentrasi limbah di perairan akan meningkatkan tingkat kematian organisme uji dan menimbulkan perubahan morfologi pada organ tubuh ikan, seperti kerusakan pada sisik maupun jaringan tubuh.

Penelitian yang dilakukan oleh Khasanah et al., (2023) mengenai toksisitas limbah industri batik terhadap perubahan morfologi insang ikan lele (*Clarias sp*) maka didapatkan hasil observasi terhadap pergerakan dan kematian ikan lele yang telah dipaparkan limbah cair batik pada empat konsentrasi berbeda yaitu sebagai berikut.

Tabel 2. Pergerakan dan Kematian Ikan Lele (*Clarias sp.*)

Perlakuan	Kematian	Pergerakan
0%	-	++
10%	-	+++
25%	5	-
50%	5	-

Berdasarkan uji toksisitas limbah batik terhadap ikan lele menggunakan konsentrasi 25% dan 50% didapatkan kematian total pada jumlah ikan lele dengan tidak adanya pergerakan. Sementara itu, pada konsentrasi 0% (kontrol) dan 10% tidak terdapat kematian. Ikan dengan konsentrasi 10 % menunjukkan pergerakan yang lebih aktif dibandingkan dengan kelompok kontrol.



Gambar 1. Foto Perbandingan Morfologi Insang Ikan Lele (a) perlakuan 10% (b) kontrol 0%

Gambar 1 menunjukkan perbedaan morfologi insang ikan lele antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan. Insang ikan lele pada kelompok perlakuan (a) tampak lebih pucat dan kehitaman, sedangkan insang pada kelompok kontrol (b) berwarna merah segar. Perubahan warna insang yang menjadi lebih pucat dan gelap pada kelompok perlakuan diduga disebabkan oleh paparan logam berat seperti Cd, Pb, Cr, dan Cu yang terkandung dalam limbah pewarna batik cair. Keberadaan logam tersebut dapat mengganggu proses pernafasan ikan serta menyebabkan kerusakan dan pembusukan lapisan lendir pada insang. Ketika air yang terkontaminasi zat beracun masuk ke dalam insang, sel-sel penyusun insang akan langsung terpapar zat tersebut. Ikan lele yang hidup pada lingkungan yang tercemar limbah cair batik yang mengandung logam Cd, Pb, Cr, dan Cu akan mengalami pencemaran bahan pencemar dan mengalami gangguan pernafasan.

Pembahasan

Karakteristik Limbah Industri Tekstil

Setiap industri memiliki karakteristik yang berbeda, tergantung pada produk yang dihasilkannya. Demikian pula, industri tekstil memiliki karakteristik limbah yang berbeda dari industri lainnya. Rony & Yunus (2022) menjelaskan bahwa polutan dalam limbah industri tekstil terdiri dari bahan organik dan anorganik, didominasi oleh pewarna kain yang berasal dari proses produksi, baik dalam pewarnaan maupun pencetakan. Proses pewarnaan dalam industri tekstil bertujuan untuk menyempurnakan warna permukaan, termasuk kain dan pita. Menurut Pei (2016), proses pewarnaan menggunakan berbagai macam warna, bahan pewarna, dan metode. Pewarna yang berbeda memerlukan berbagai jenis bahan kimia serta bahan pembantu agar dapat diaplikasikan dengan baik pada kain atau produk tekstil.

Bahan-bahan yang digunakan dalam proses pewarnaan pada industri tekstil umumnya memiliki sifat mudah larut dalam air. Tingginya tingkat kelarutan ini berpotensi menimbulkan permasalahan pada instalasi pengolahan air limbah karena sebagian besar zat tersebut ikut terbawa dalam aliran limbah cair. Menurut Morshed et al., (2018) air limbah dari industri tekstil, terutama pada tahap pewarnaan, biasanya memiliki warna yang sangat pekat, tingkat alkalinitas tinggi serta mengandung senyawa terklorinasi. Selain itu, limbah tersebut juga memiliki konsentrasi bahan kimia organik dan anorganik yang tinggi, kadar COD, BOD, TDS, dan TSS yang tinggi, serta pH yang berfluktuasi, yang menunjukkan tingginya kandungan bahan pencemar dalam limbah tekstil. Karakteristik air limbah tekstil sangat beragam dan membutuhkan berbagai teknik untuk mengolahnya.

Selain itu, air limbah tekstil juga mengandung surfaktan, yang digunakan dalam proses pencucian dan membantu menyerap zat warna ke dalam serat kain. Nendia *et al* (2024) menjelaskan bahwa surfaktan merupakan senyawa aktif permukaan yang dapat menurunkan tegangan permukaan air, sehingga meningkatkan efektivitas proses pembersihan dan pewarnaan. Namun, keberadaan surfaktan dalam air limbah cair dapat menyebabkan masalah lingkungan jika tidak diolah dengan benar. Menurut Widihati *et al.*, (2021) surfaktan yang masuk ke perairan dapat membentuk senyawa kompleks dengan kontaminan lain, seperti unsur logam berat dan senyawa organik, sehingga dapat meningkatkan stabilitas dan mobilitas polutan di lingkungan perairan. Selain itu akumulasi surfaktan dalam badan air juga dapat menyebabkan terbentuknya busa di permukaan air, mengurangi kadar oksigen terlarut, dan mengganggu aktivitas mikroorganisme, yang berpotensi mengganggu keseimbangan ekosistem perairan.

Dengan melihat karakteristik tersebut, limbah industri tekstil dapat dianggap sebagai limbah dengan potensi pencemaran lingkungan yang tinggi. Tingkat kandungan bahan kimia, pewarna sintesis, logam berat, serta nilai BOD dan COD yang tinggi membuatnya berisiko menurunkan kualitas air jika dibuang langsung tanpa pengelolaan dan pengolahan limbah yang efektif sebelum dilepaskan ke lingkungan. Dengan pengolahan yang tepat, dampak negatif terhadap ekosistem perairan, organisme perairan, dan kesehatan manusia dapat diminimalkan.

Dampak Terhadap Kualitas Air

Adapun dampak limbah industri tekstil terhadap kualitas air antara lain:

1. Peningkatan parameter pencemar (BOD dan COD)

Peningkatan parameter polutan seperti Biochemical Oxygen Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan salah satu dampak utama dari pembuangan air limbah industri, termasuk air limbah tekstil, ke badan air. Nilai BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air, sedangkan nilai COD menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi secara kimiawi semua senyawa organik dan anorganik. Jika air limbah mengandung kadar bahan organik dan bahan kimia yang tinggi, nilai BOD dan COD akan meningkat, menunjukkan tingkat pencemaran air yang tinggi. Kondisi ini sering digunakan sebagai indikator utama dalam menilai kualitas air karena peningkatan kedua parameter ini berhubungan langsung dengan beban polutan yang tinggi di dalam air (Napitupulu & Putra, 2024).

Peningkatan nilai BOD dan COD dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut (DO) di dalam air. Kondisi ini dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan karena organisme perairan seperti ikan dan plankton membutuhkan oksigen terlarut untuk respirasi. Jika kadar oksigen terus menurun, hipoksia dapat terjadi, yang menyebabkan kematian organisme akuatik dan menurunkan kualitas air secara keseluruhan (Afriani *et al.*, 2019).

Selain BOD, peningkatan COD juga merupakan indikator penting dalam menilai tingkat polusi udara. Nilai COD yang tinggi menunjukkan bahwa air mengandung banyak senyawa kimia yang dapat dioksidasi, baik organik maupun sintesis, seperti deterjen, pewarna, dan bahan kimia industri. Limbah industri, termasuk limbah tekstil dan cucian, seringkali memiliki nilai COD yang tinggi karena mengandung senyawa kimia kompleks yang sulit didegradasi secara hayati. Peningkatan COD ini dapat menyebabkan penurunan kualitas udara dan berpotensi menimbulkan dampak toksik pada ekosistem perairan jika konsentrasinya melebihi standar kualitas yang ditetapkan (Amzan *et al.*, 2025).

Penelitian limbah industri tekstil yang dilakukan oleh Azzahra & Cintiya (2024) menunjukkan bahwa kandungan organik dalam limbah ini seringkali melebihi standar kualitas yang ditetapkan pemerintah. Beban polutan organik yang tinggi dalam limbah tekstil merupakan indikator utama bahwa limbah ini memiliki potensi signifikan untuk mencemari perairan jika tidak diolah melalui instalasi pengolahan air limbah.

2. Peningkatan kekeruhan dan Total Suspended Solid (TSS)

Menurut Ratri & Argoto (2022), total Suspended Solids (TSS) adalah partikel padat yang tersuspensi di air, seperti lumpur, pasir halus, bahan organik, dan mikroorganisme, yang terbawa oleh arus air. Tingkat TSS yang tinggi dapat meningkatkan kekeruhan air karena partikel-partikel ini menghalangi sinar matahari masuk ke dalam air. Peningkatan kekeruhan ini secara langsung berdampak pada kualitas air, baik secara fisik, kimia, maupun biologis.

Triyanta & Nine (2019) menyatakan bahwa secara fisik, peningkatan TSS menyebabkan air menjadi lebih keruh, sehingga menyulitkan sinar matahari untuk menembus kolom air. Kondisi ini dapat menghambat proses fotosintesis fitoplankton dan tumbuhan air lainnya, yang membutuhkan cahaya sebagai sumber energi. Penurunan aktivitas fotosintesis akan mengurangi produksi oksigen terlarut dalam air. Rinawati (2016) menjelaskan bahwa jika kadar oksigen terlarut terus menurun dalam jangka waktu yang lama, kondisi air dapat menjadi anaerobik, yang berpotensi menyebabkan kematian organisme akuatik seperti ikan dan kehidupan akuatik lainnya. Selain itu, konsentrasi TSS yang tinggi dapat secara langsung mengganggu kehidupan organisme akuatik. Partikel tersuspensi dapat menyumbat insang ikan, mengganggu pernapasan, dan memengaruhi keseimbangan ekosistem perairan. Oleh karena itu, keberadaan TSS sering digunakan sebagai indikator penting dalam menilai tingkat polusi air, khususnya pada air limbah industri seperti limbah tekstil, yang mengandung berbagai bahan kimia dan padatan tersuspensi.

Penelitian yang dilakukan oleh Lestari & Sigit (2021) terhadap limbah industri tekstil di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo yang dianalisis menggunakan metode gravimetri, tingkat TSS yang diperoleh adalah 20 mg/L, nilai ini masih di bawah standar kualitas limbah industri tekstil yang ditetapkan pemerintah yaitu 50 mg/L. Hasil ini menunjukkan bahwa tingkat kekeruhan akibat TSS dalam sampel limbah masih dalam batas yang diperbolehkan, meskipun pengelolaan limbah yang tepat tetap diperlukan untuk mencegah penurunan kualitas air di lingkungan sekitarnya.

3. Perubahan pH dan sifat kimia air

Limbah industri tekstil sering mengandung bahan kimia yang bersifat asam maupun basa, seperti soda kaustik, asam sulfat, serta berbagai bahan kimia yang digunakan dalam proses pencelupan dan pencucian kain. Kandungan bahan kimia tersebut dapat menyebabkan perubahan pH air sehingga kondisi perairan menjadi terlalu asam atau terlalu basa. Perubahan pH dapat mempengaruhi berbagai proses biokimia dalam ekosistem perairan. Mikroorganisme yang berperan dalam proses dekomposisi bahan organik memiliki kisaran pH optimum tertentu. Jika pH air berubah secara drastis, maka aktivitas mikroorganisme dapat terganggu sehingga proses alami pemurnian air menjadi tidak efektif. Penelitian mengenai pengolahan limbah tekstil menunjukkan bahwa parameter pH menjadi salah satu indikator penting dalam menilai kualitas air limbah tekstil (Afriani et al., 2019). Selain itu, perubahan pH juga dapat meningkatkan kelarutan logam berat dalam air. Kondisi ini dapat mempercepat proses pencemaran karena logam berat yang terlarut lebih mudah diserap oleh organisme air maupun tanaman air di ekosistem perairan.

4. Pencemaran logam berat dan senyawa toksik

Selain bahan organik dan zat pewarna, limbah tekstil juga sering mengandung logam berat seperti kromium (Cr), tembaga (Cu), dan timbal (Pb). Logam berat tersebut berasal dari bahan pewarna sintetis serta bahan tambahan dalam proses produksi tekstil. Keberadaan logam berat dalam perairan dapat menyebabkan pencemaran yang bersifat persisten karena logam tersebut sulit terdegradasi secara alami. Logam berat yang masuk ke badan air dapat terakumulasi dalam sedimen dan organisme air melalui proses bioakumulasi dan biomagnifikasi. Hal ini dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi logam berat pada organisme tingkat trofik yang lebih tinggi, termasuk manusia yang mengonsumsi ikan dari perairan yang tercemar. Selain logam berat, limbah tekstil juga mengandung senyawa kimia kompleks seperti azo dye yang sulit terurai secara alami. Senyawa ini dapat bertahan lama di lingkungan dan berpotensi menimbulkan efek toksik terhadap organisme akuatik serta menurunkan kualitas perairan dalam jangka panjang (Azzahra & Cintiya, 2024).

5. Penurunan kualitas air tanah dan air permukaan

Penurunan kualitas air tanah dan air permukaan merupakan salah satu dampak utama dari pembuangan limbah cair industri, termasuk limbah industri tekstil. Limbah tersebut umumnya mengandung berbagai zat kimia seperti zat pewarna sintetis, logam berat, bahan organik, serta senyawa kimia lain yang sulit terurai. Ketika limbah cair ini dibuang langsung ke lingkungan tanpa proses pengolahan yang memadai, maka zat-zat pencemar tersebut dapat masuk ke badan air seperti sungai, dan sebagian lagi meresap ke dalam tanah sehingga mencemari air tanah. Akibatnya, kualitas air mengalami perubahan baik secara fisik, kimia, maupun biologis yang dapat menurunkan kelayakan air untuk digunakan oleh masyarakat maupun organisme perairan (Susanto et al., 2025).

Pencemaran air permukaan biasanya terjadi lebih cepat karena limbah cair industri langsung dialirkan ke sungai atau saluran air. Limbah tekstil mengandung bahan organik dan zat warna yang dapat meningkatkan nilai parameter pencemar seperti kekeruhan, BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), serta Total Suspended Solids (TSS). Peningkatan parameter tersebut menyebabkan air menjadi keruh, berwarna, berbau, serta menurunkan kadar oksigen terlarut di dalam air. Kondisi ini dapat mengganggu kehidupan organisme perairan dan mengubah keseimbangan ekosistem sungai. Penelitian pada daerah aliran sungai yang berada di kawasan industri tekstil menunjukkan bahwa pencemaran air ditandai oleh perubahan warna, peningkatan kekeruhan, serta bau yang tidak sedap pada air sungai akibat pembuangan limbah cair industri (Novianti et al., 2021).

Penurunan kualitas air tanah dan air permukaan akibat limbah industri tidak hanya berdampak pada lingkungan, tetapi juga pada kesehatan masyarakat. Air yang telah tercemar dapat mengandung zat berbahaya yang berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan apabila digunakan untuk konsumsi, mandi, atau kegiatan rumah tangga lainnya. Selain itu, pencemaran air juga dapat mengurangi ketersediaan sumber air bersih serta meningkatkan biaya pengolahan air sebelum dapat digunakan kembali. Oleh karena itu, pengelolaan limbah cair industri melalui proses pengolahan yang tepat sangat diperlukan untuk mencegah pencemaran dan menjaga keberlanjutan sumber daya air di lingkungan sekitar (Jannah & Haribowo, 2025).

Toksisitas Terhadap Biota Akuatik

Toksisitas terhadap kehidupan akuatik merupakan salah satu dampak utama pencemaran air yang disebabkan oleh masuknya limbah industri, domestik, dan kimia ke dalam badan air seperti sungai, danau, dan perairan pesisir. Kehidupan akuatik, seperti ikan, plankton, dan organisme benthik, sangat sensitif terhadap perubahan kualitas udara. Oleh karena itu, keberadaan zat beracun dapat menyebabkan gangguan

fisiologis, penurunan pertumbuhan, dan bahkan kematian. Uji toksisitas biasanya dilakukan menggunakan organisme uji seperti ikan atau zooplankton untuk menentukan nilai LC50 (Konsentrasi Mematikan 50), yaitu konsentrasi suatu zat yang mampu menyebabkan kematian 50% organisme uji dalam waktu tertentu. Parameter ini sering digunakan sebagai indikator tingkat bahaya limbah terhadap ekosistem perairan. Penelitian menunjukkan bahwa masuknya limbah industri yang mengandung bahan kimia, logam berat, dan bahan organik dapat meningkatkan tingkat toksisitas air dan secara langsung berdampak pada kelangsungan hidup kehidupan akuatik (Anggraini et al., 2019).

Penelitian yang menunjukkan adanya toksisitas limbah terhadap biota akuatik dilakukan pada limbah cair industri batik yang diuji terhadap ikan nila (*Oreochromis niloticus*) limbah industri batik diketahui mengandung berbagai parameter pencemar seperti Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), serta logam berat seperti kromium (Cr) yang dapat memberikan dampak negatif terhadap organisme perairan. Kandungan bahan pencemar tersebut dapat menyebabkan gangguan fisiologis pada ikan, seperti kerusakan jaringan insang, gangguan respirasi, serta peningkatan tingkat mortalitas apabila organisme terpapar dalam konsentrasi tertentu. Penelitian ini juga melakukan uji toksisitas akut selama 96 jam untuk menentukan nilai LC50, yaitu konsentrasi limbah yang dapat menyebabkan kematian 50% organisme uji dalam periode waktu tertentu. (Andriani & Hartini, 2019).

Berdasarkan data pada tabel 1 tersebut, dapat diketahui bahwa tingginya nilai COD dan TSS menunjukkan adanya kandungan bahan organik dan partikel tersuspensi dalam jumlah besar pada limbah batik. Selain itu, keberadaan logam berat kromium (Cr) juga berpotensi memberikan efek toksik terhadap organisme akuatik karena logam berat bersifat persisten dan dapat terakumulasi dalam jaringan organisme. Nilai LC50 sebesar 0,73% menunjukkan bahwa limbah tersebut bersifat sangat toksik, karena konsentrasi yang relatif rendah saja sudah dapat menyebabkan kematian 50% ikan uji dalam waktu 96 jam. Kondisi ini menunjukkan bahwa pembuangan limbah batik tanpa proses pengolahan yang memadai dapat memberikan dampak serius terhadap ekosistem perairan dan kelangsungan hidup biota akuatik.

Dampak toksisitas dapat dilihat pada tabel 2 berdasarkan Penelitian Khasanah et al., (2023) yang menampilkan hasil observasi terhadap pergerakan dan kematian ikan lele yang telah dipaparkan limbah cair batik pada empat konsentrasi berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah cair batik pada konsentrasi 25% dan 50% menyebabkan kematian ikan lele karena kandungan kromium (Cr) yang tinggi sehingga merusak insang dan menghambat proses pernafasan. Pada konsentrasi 10%, ikan lele menunjukkan aktivitas yang lebih tinggi sebagai respon stres akibat paparan logam berat, namun tetap mampu bertahan hidup karena memiliki toleransi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan. Pada konsentrasi tinggi (25% dan 50%), ikan mengalami gangguan keseimbangan dan perilaku berenang tidak normal yang menandakan gangguan fisiologis akibat keracunan limbah.

Dampak toksisitas juga dapat dilihat pada perubahan struktur jaringan atau organ organisme akuatik yang terpapar limbah. Penelitian pada ikan lele (*Clarias* sp.) yang terpapar limbah pewarna dari industri batik menunjukkan perubahan morfologi pada insang setelah 48 jam terpapar pada berbagai konsentrasi limbah. Insang adalah organ pernapasan utama pada ikan, sehingga kerusakan pada insang dapat mengganggu pertukaran oksigen dan menyebabkan stres fisiologis pada ikan. Kondisi ini menunjukkan bahwa polutan dalam limbah industri tidak hanya menyebabkan kematian langsung tetapi juga dapat memiliki efek subletal berupa kerusakan jaringan dan gangguan fungsi organ pada organisme akuatik (Khasanah et al., 2023).

Selain menyebabkan kematian langsung pada organisme akuatik, polutan juga dapat mengganggu keseimbangan ekosistem laut secara keseluruhan. Limbah yang mengandung senyawa organik, surfaktan,

atau kelebihan nutrisi dapat mengurangi kadar oksigen terlarut (DO) dalam air, sehingga menghambat proses pernapasan organisme akuatik. Penurunan oksigen terlarut ini biasanya terjadi karena peningkatan aktivitas mikroorganisme yang menguraikan bahan organik di air. Ketika kadar oksigen terlarut menurun, organisme seperti ikan dan invertebrata air mengalami stres fisiologis yang dapat menyebabkan kematian. Selain itu, limbah dengan kandungan nutrisi tinggi juga dapat menyebabkan eutrofikasi yang mengurangi daya dukung lingkungan bagi biota air (Gulo, 2025).

Upaya Pengolahan Limbah Tekstil Untuk Mengurangi Toksisitas

Salah satu upaya yang umum digunakan adalah pengolahan limbah secara fisik, seperti proses filtrasi, sedimentasi, dan adsorpsi. Metode adsorpsi menggunakan bahan seperti karbon aktif terbukti mampu menyerap zat warna dan senyawa organik dalam limbah tekstil. Penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan karbon aktif yang dibuat dari limbah biomassa, misalnya tongkol jagung yang diaktivasi dengan NaOH, dapat menurunkan konsentrasi zat warna serta memperbaiki kualitas air limbah tekstil secara signifikan. Proses ini bekerja dengan mekanisme penyerapan molekul polutan pada permukaan adsorben sehingga kandungan zat berbahaya dalam limbah dapat berkurang sebelum dibuang ke lingkungan (Susanto et al., 2025).

Selain metode fisik, pengolahan kimia juga banyak diterapkan untuk menurunkan toksisitas limbah tekstil. Salah satu teknologi yang banyak diteliti adalah Advanced Oxidation Processes (AOPs), seperti metode Fenton. Proses Fenton menggunakan reaksi antara hidrogen peroksida dan ion besi untuk menghasilkan radikal hidroksil yang sangat reaktif sehingga mampu mengoksidasi senyawa organik kompleks dan zat pewarna dalam limbah tekstil. Metode ini efektif menurunkan nilai COD dan warna limbah sehingga kualitas air limbah menjadi lebih aman sebelum dilepaskan ke lingkungan (Rais & Setiawan, 2024).

Upaya lain yang semakin banyak dikembangkan adalah pengolahan biologis, misalnya melalui fitoremediasi atau penggunaan mikroorganisme. Fitoremediasi memanfaatkan kemampuan tanaman air untuk menyerap, mengakumulasi, atau menstabilkan polutan dari air maupun tanah yang tercemar. Metode biologis yang digunakan adalah constructed wetland, yaitu sistem pengolahan limbah yang meniru ekosistem rawa alami dengan memanfaatkan tanaman air dan mikroorganisme. Dalam sistem ini, tanaman seperti *Pistia stratiotes* ditanam pada kolam pengolahan sehingga akar tanaman dapat menyerap dan mengakumulasi logam berat dari limbah tekstil. Penelitian menunjukkan bahwa tanaman tersebut mampu mengakumulasi logam kromium (Cr) yang bersifat toksik pada limbah tekstil sehingga konsentrasi logam dalam air limbah dapat berkurang secara signifikan sebelum dilepas ke lingkungan (Brilian & Barti, 2019).

KESIMPULAN

Limbah industri tekstil memiliki potensi tinggi untuk mencemari lingkungan perairan karena mengandung berbagai senyawa kimia seperti pewarna sintetis, surfaktan, bahan organik, dan logam berat. Keberadaan senyawa-senyawa ini dapat meningkatkan parameter polutan air seperti BOD, COD, dan TSS, serta menyebabkan perubahan pH, yang mengakibatkan penurunan kualitas air. Kondisi ini dapat mengurangi kadar oksigen terlarut, meningkatkan kekeruhan, dan mengganggu keseimbangan ekosistem perairan. Selain itu, kandungan logam berat dan senyawa toksik dalam limbah tekstil dapat menyebabkan efek toksik pada biota perairan, seperti gangguan fisiologis, kerusakan jaringan, dan bahkan kematian organisme. Oleh karena itu, penerapan teknologi pengolahan limbah yang efektif serta pengawasan

terhadap pembuangan limbah industri sangat diperlukan untuk meminimalkan risiko pencemaran dan menjaga keberlanjutan ekosistem perairan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada dosen pembimbing dan dosen pengampu Mata Kuliah Toksikologi Lingkungan atas bimbingan, arahan, serta materi pembelajaran yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan jurnal ini. Apresiasi juga penulis sampaikan kepada seluruh rekan mahasiswa yang telah memberikan dukungan dan semangat selama proses penulisan.

REFERENSI

- Afriani, R., Rofiq, S., Nurhayati. (2019). Pengaruh Biofilter Serat Benang Dalam Menurunkan Parameter pH, BOD, COD dan TSS Terhadap Limbah Cair Tekstil di PT Argo Pantes TBK, Tangerang. *Jurnal TechLINK*, 3(2), 1-9. <https://doi.org/10.59134/jtnk.v3i2.497>
- Amzan, M. H., Diantariani, N. P., & Simpen, I. N. (2025). Penurunan COD dan BOD Limbah Laundry dengan Metode Fotodegradasi Menggunakan Katalis TiO₂- Kitosan. *Jurnal Kima (Journal of Chemistry)*, 19(1), 119-127. <https://doi.org/10.24843/JCHEM.2025.v19.i01.p14>
- Andriani, R., & Hartini. (2017). Toksisitas Limbah Cair Industri Batik Terhadap Morfologi Sisik Ikan Nila Gift (*Oreochomis nilotocus*). *Jurnal Sains Health*, 1(2), 83-91. <https://doi.org/10.51804/jsh.v1i2.108.83-91>
- Anggraini, D. A., Effendi, H., & Krisanti, M. (2019). Uji Toksisitas Akut (LC50) Limbah Pengeboran Minyak Bumi Terhadap *Daphnia magna*. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan*, 3(1), 272-284. <https://doi.org/10.36813/jplb.3.1.272-284>
- Azzahra, D. F., & Cintiya, S. P. (2024). Pengaruh Waktu Tinggal Kadar COD, BOD, TSS dan Amonia Pada Limbah Cair Industri Tekstil dengan Metode Constructed Wetland Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*). *Religion Education Social Laa Roiba Journal*, 6(12), 5574-5587. <https://doi.org/10.47467/reslaj.v6i12.4685>
- Brilian, P., & Barti, S. M. (2019). Akumulasi Kromium pada *Pistia Staritotes* dalam Constructed Wetland Tipe Free Water Surface Untuk Pengolahan Limbah Tekstil. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 25(1), 73-90. <https://doi.org/10.5614/j.tl.2019.25.1.6>
- Gulo, L, P, I. (2025). Pengaruh Deterjen Terhadap Kualitas Air Permukaan. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 2(1), 120-127. <https://doi.org/10.70134/peraut.v1i1.687>
- Indrayani, L. (2018). Pengolahan Limbah Cair Industri Batik sebagai Salah Satu Percontohan IPAL Batik di Yogyakarta. *Ecotrophic*, 12(2), 173-184. <https://doi.org/10.24843/EJES.2018.v12.i02.p07>
- Jais, K. N., Ikhtiar, M., Gafur, A., Abbas, H. H., & Hidayat. (2020). Bioakumulasi logam berat kadmium (Cd) dan kromium (Cr) yang terdapat dalam air dan ikan di Sungai Tallo Makassar. *Window of Public Health Journal*, 1(3), 261-273. <https://doi.org/10.33096/woph.v1i3.65>
- Jannah, M. R., & Riyantom H. (2025). Analisis Kualitas Air Menggunakan Metode Indeks Pencemaran dan WQI di Sungai Pilang, Jawa Timur. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 5(1), 647-654. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2025.005.01.061>
- Juliardi, N. R., Andini, N., & As, Y. (2020). Analisis Toksisitas Limbah Cair Batik Tulis dan Bioconcentration Factor Ikan Sepat (*Trichogaster tricopterus*). *JURNAL ENVIROTEK*, 12, 19-26. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v12i1.44>
- Khasanah, N. U., Tita, D. F., & Riska, A. (2023). Uji Toksisitas Limbah Industri Batik Terhadap Perubahan Morfologi Insang Ikan Lele (*Clarias sp.*). *Biology Natural Resource Journal (BINAR)*, 1(2), 78-82. <https://doi.org/10.55719/Binar.2023.2.1.28-32>

- Lestari, L., & Sigit, S. Analisis kadar padatan tersuspensi total (TSS) dan logam krom total (Cr) pada limbah tekstil di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo. *ICJR-Indonesian Journal of Chemical Research*. 6 (1), 32-41. <https://doi.org/10.20885/ijcr.vol6.iss1.art4>
- Morshed, M. N., Azad, S., Alam, M. A., & Guha, A. K. (2018). Characterization and analytical analysis of textile wastewater for physico-chemical and organic pollution indicators. *American Journal of Environmental Science and Technology*, 1(1), 11–21.
- Naiputulu, R. T., & Putra, M. H. S. (2024). Pengaruh BOD, COD, dan DO Terhadap Lingkungan Dalam Penentuan Kualitas Air Bersih di Sungai Pesanggrahan. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(2), 79-82. <https://doi.org/10.30595/civeng.v5i2.17878>
- Nendia, N., Ety, R., Syaiful, A. 2024. Efisiensi penyisihan polutan air limbah dari kegiatan pewarnaan industri tekstil studi kasus PT ABC. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22 (6), 1615-1625. <https://doi.org/10.14710/jil.22.6.1615-1625>
- Novianti, E., Asrifah, Rr. D., & Ayu, U. (2021). Pengaruh Limbah Cair Tekstil Terhadap Kualitas Air di Sub Sub Das Semin Kecamatan Sukoharjo, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 13(2), 61-69. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v13i2.131>
- Pei, G. F., & Zhang, Y. L. (2016). Comparative analysis of dyeing wastewater treatment technology. In *Proceedings of the International Conference on Civil, Transportation and Environment (ICCTE)*. Atlantis Press.
- Rais, D. R., & Setiawan, O. (2024). Pengolahan Limbah Cair Industri Sarung dengan Metode Feton. *Jurnal Integrasi Proses dan Lingkungan*, 1(2), 55-61. <https://doi.org/10.30587/jipl.v1i2.7201>
- Ratri, J. R., & Argoto, M. (2022). Analisis kadar total *suspended solid* (TSS) dan amonia (NH₃-N) pada limbah cair tekstil. *Jurnal Kimia dan Rekayasa*. 3(1), 1-10. <https://doi.org/10.31001/jkireka.v3i1.39>
- Rinawati, D. H. 2016. Penentuan kandungan zat padat (Total Dissolve Solid Dan Total Suspended Solid) Di Perairan Teluk Lampung. *Analytical and Environmental Chemistry*, 1, 36-46. <https://doi.org/10.23960/aec.v1i1.2016.p>
- Rony, P. S & Yunus, T. S. (2022). Pengolahan air limbah industri tekstil dengan metoda elektrokoagulasi menggunakan elektroda besi (Fe) dan aluminium (Al). *Journal Cis-Trans*, 6 (2) :11-18. <https://doi.org/10.17977/um0260v6i22022p011>
- Septima, R. B., Nur, K. D., & TYAS, A. P. (2014). Akumulasi kandungan logam berat chromium (Cr) pada ikan betok (*Anabas testudineus*) yang terpapar limbah cair tekstil di sungai Langsur Sukoharjo. *Unnes Journal of Life Science*, 3 (1).
- Susanto, L. M., Arief, R., & Saifudin, J. E. (2025). Pengolahan Limbah Cair Tekstil dengan Memanfaatkan Tongkol Jagung Sebagai Karbon Aktif Menggunakan Aktivator Natrium Hidroksida (NaOH). *Jurnal Teknologi Separasi*, 11(1), 01-09. <https://doi.org/10.33795/distilat.v11i1.6893>
- Triyanta, & Nine, E. M. 2019. Efektifitas Em-4 (*Effective Microorganism-4*) dalam menurunkan NH₃ (Amonia) dan TSS (*Total Suspended Solid*) limbah cair BBKPM Surakarta. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat Berskala*, 1(1): 34-40. <https://doi.org/10.32585/jikemb.v1i1.695>
- Widihati, L. A. G, Saraswati, N. P. A. H & Dewi, I. G. A. K. S. P. (2021). Karakterisasi lempung bentonit termodifikasi surfaktan dan pemanfaatannya sebagai adsorben logam Cr dan Pb pada limbah cair industri tekstil. *Jurnal Kimia (Jurnal of Chemistry)*, 15 (1), 29-34. <https://doi.org/10.24843/JCHEM.2021.v15.i01.p05>
- Yaseen, D. A., & Scholz, M. (2019). Textile dye wastewater characteristics and constituents of synthetic effluents: A critical review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16, 1193–1226. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-2130-z>