

Literatur Review Pencemaran Air Sungai Di Kota-Kota Besar

Eddi Indro Asmoro¹, Tugino²

Universitas Ivet Semarang

DOI: <https://doi.org/10.31331/maristec.v2i1>

Info Articles

Sejarah Artikel:
Disubmit Mei 2025
Direvisi Juli 2025
Disetujui Juli 2025

Keywords:
Sumber Pencemaran;
Dampak; Tantangan;
Strategi Mitigasi

Abstrak

Penelitian ini merupakan penelitian studi empiris mengenai pencemaran air sungai di kota-kota besar. Pencemaran air sungai di kota-kota besar menjadi permasalahan serius yang perlu segera ditangani. Secara umum sudah banyak hipotesa-hipotesa yang menyebabkan pencemaran air sungai di kota-kota besar, diantaranya faktor-faktor limbah seperti industri, domestik, dan sampah yang dibuang langsung ke sungai. Dampaknya sangat luas, mulai dari penurunan kualitas air, gangguan kesehatan, hingga kerusakan ekosistem sungai. Tujuan penelitian ini untuk memberikan gambaran bahwa pencemaran air sungai di kota-kota besar hampir sama akar penyebabnya, tinggal dilihat faktor dominan apa yang menyebabkan.

Penelitian ini merupakan studi empiris berdasarkan studi literatur yang mengupas sebagian besar mengenai sumber pencemaran, dampak yang terjadi, dan sistem penanganan yang telah dijalankan oleh pemerintah dan masyarakat. Dengan mengetahui penggambaran pemetaan pencemaran air sungai di kota-kota besar, memudahkan pemerintah dalam menentukan solusinya sebagai pemeran regulator dan fasilitator.

Abstract

This research is an empirical study of river water pollution in large cities. River water pollution in large cities is a serious problem that requires immediate attention. In general, many hypotheses have been proposed for the causes of river air pollution in large cities, including waste from industrial and domestic sources, and waste dumped directly into rivers. The impacts are extensive, ranging from decreased air quality, health problems, to damage to river ecosystems. The purpose of this research is to illustrate that river air pollution in large cities is almost the same as its causes; it remains to be seen what the dominant factors are.

This research is an empirical study based on literature review, primarily exploring the sources of pollution, the impacts, and the management systems implemented by the government and the community. Understanding the mapping of river water pollution in large cities will facilitate the government in determining solutions as a regulator and facilitator.

✉ Alamat Korespondensi: E-mail:
asmoroie@gmail.com

ISSN : 2746-1580

PENDAHULUAN

Sungai-sungai di perkotaan merupakan jalur vital bagi kota-kota besar, menyediakan pasokan air, transportasi, rekreasi, dan habitat ekologis. Namun, urbanisasi yang pesat, kepadatan penduduk, dan infrastruktur yang tidak memadai telah mengubah banyak sungai di perkotaan menjadi saluran air yang sangat tercemar, menimbulkan resiko lingkungan dan kesehatan masyarakat yang serius. Tinjauan pustaka ini merangkum temuan-temuan kunci tentang sumber, dampak, tantangan, dan strategi mitigasi terkait pencemaran air sungai di wilayah kota-kota besar di Indonesia.

Sumber utama pencemaran seperti: **1. Limbah yang tidak diolah atau diolah**; dimana sebagian masalah inti tentang: **a.)** Infrastruktur pembuangan limbah yang kewalahan atau sudah usang yang merupakan sumber utama. Luapan saluran pembuangan gabungan (CSO) membuang limbah mentah dan air hujan saat hujan deras [3][28]. **b.)** Skala di kota-kota besar seperti Delhi (Sungai Yamuna), Lagos (Sungai Lagos Lagoon), dan Jakarta (Sungai Ciliwung) sebagian besar penduduk tidak memiliki akses ke pengelolaan limbah terpusat, yang menyebabkan pembuangan langsung [25][17]. **c.)** Dampak merupakan tingginya kadar patogen (bakteri, virus, parasit), bahan organik (BOD, COD), dan nutrisi (N, P) yang menyebabkan eutrofikasi dan wabah penyakit [9]. **2. Limbah Industri** diantaranya: **a.)** Kompleksitas berbagai industri (tekstil, kimia, farmasi, penyamakan kulit) membuang logam berat beracun (Pb, Cd, Hg, As), polutan organik persisten (POPs), pewarna, dan pelarut [34][14]. **b.)**

Kesenjangan dalam penegakan hukum karena kurangnya kontrol atau pengendalian regulasi, pemantauan, dan penegakan hukum yang ketat memungkinkan pembuangan limbah ilegal dan pra-pengolahan yang tidak memadai, terutama di negara berkembang [32]. **c.)** Bioakumulasi disini merupakan toksin terakumulasi dalam sedimen dan mengalami biomagnifikasi melalui rantai makanan akuatik, yang berdampak pada satwa liar dan konsumen manusia [19]. **3. Limpasan Perkotaan** (Polusi Sumber Non Titik) hal ini merupakan: **a.)** Efek “pembilasan Pertama” mengensai air hujan menghayutkan polutan dari jalan, atap, dan lokasi konstruksi ke sungai. Ini termasuk logam berat (dari kendaraan), hidrokarbon (minyak, lemak), nutrisi (pupuk), pestisida, sedimen, dan mikroplastik [4][11]. **b.)** Permukaan Kedap Air, dimana area beraspal yang luas mengurangi infiltrasi dan meningkatkan volume serta kecepatan limpasan, sehingga memperparah erosi dan transpor polutan [29]. **4. Pembuangan Sampah Padat** yang dilakukan dengan: **a.)** Pembuangan langsung, ini karena kurangnya infrastruktur pengelolaan sampah menyebabkan pembuangan langsung sampah kota (MSW) ke sungai, terutama saat banjir (misalnya, anak sungai Brahmaputra dan Gangga) [26]. **b.)** Lindi adalah tempat pembuangan sampah di dekat tepi sungai melarutkan kontaminan (logam berat, amonia, senyawa organik) ke dalam air tanah dan air permukaan [15]. **5. Kontaminan Yang Muncul** seperti: **a.)** Farmasi dan Produk Perawatan Pribadi (PPCP), dimana penggunaan meluas dan pembuangan yang tidak tuntas di instalasi pengolahan air limbah (IPAL) menyebabkan keberadaannya di sungai (misalnya, antibiotik, hormon, antidepresan) [31]. **b.)** Mikroplastik banyak terdapat dimana-mana di lingkungan perkotaan, terbawa melalui limpasan dan limbah IPAL, terakumulasi di sedimen sungai dan memasuki jaring makanan [22]. **c.)** Zat Perfluoroalkil (PFAS) dari bahan kimia persisten dari produk industri dan konsumen semakin terdeteksi di sungai perkotaan [2].

Dampak pencemaran: **1. Degradasi Ekologis** seperti: **a.)** Hilangnya keanekaragaman hayati, karena toksisitas dan kerusakan habitat menyebabkan penurunan keanekaragaman spesies ikan, invertebrata, dan tumbuhan [5]. **b.)** Eutrofikasi adalah kelebihan nutrisi menyebabkan ledakan populasi alga, penipisan oksigen (hipoksia/anoksia), kematian ikan, dan peralihan ke komunitas mikroba anaerob [27]. **c.)** Kontaminasi sedimen seperti logam berat dan polutan organik terikat pada sedimen, menciptakan reservoir polusi jangka panjang dan menghambat kehidupan benthik [2]. **2. Risiko Kesehatan Manusia** seperti: **a.)** Penyakit yang ditularkan melalui air, seperti disebabkan bakteri patogen dari limbah menyebabkan kolera, tifus, hepatitis, dan penyakit gastrointestinal, terutama di masyarakat yang mengandalkan sungai yang tercemar untuk mandi, mencuci, atau irigasi [20]. **b.)** Paparan Kimia adalah paparan kronis terhadap logam berat dan bahan organik beracun melalui air yang terkontaminasi, konsumsi ikan, atau menghirup udara yang tercemar di dekat sungai meningkatkan risiko kanker, gangguan neurologis, dan masalah perkembangan [23]. **c.)** Resistensi Antimikroba (AMR) karena konsentrasi antibiotik di sungai mendorong perkembangan dan penyebaran bakteri yang resisten [1]. **3. Biaya Sosial Ekonomi** seperti: **a.)** Biaya pengelolaan air. Hal ini meningkatkan biaya yang harus dikeluarkan pemerintah kota untuk mengolah sumber air yang tercemar untuk pasokan air minum [10]. **b.)** Hilangnya mata pencaharian sangat berdampak pada perikanan, akuakultur, dan pariwisata yang bergantung pada sungai bersih [32]. **c.)** Nilai properti dan estetika merupakan nilai sungai yang terdegradasi mengurangi kualitas hidup dan nilai properti di sepanjang tepi sungai [13].

METODE

Penelitian ini menggunakan studi empiris dari literatur review untuk menggambarkan dan mempolakan pencemaran sungai di kota-kota besar, yang menekankan pada sumber pencemaran, dampak, tantangan, dan strategi mitigasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tantangan dalam mitigasi sangat kompleks dan membutuhkan suatu perencanaan yang sangat mendasar dan berkelanjutan, meliputi keterbatasan:

1. Defisit Infrastruktur, dimana kebutuhan investasi yang besar untuk jaringan saluran pembuangan, IPAL (terutama pengolahan tersier), dan peengelolaan air hujan (saluran pembuangan terpisah, infrastruktur hijau) [8].
2. Kendala Finansial, merupakan keterbatasan dikarenakan biaya tinggi untuk peningkatan infrastruktur menjadi hambatan bagi banyak kota, terutama di negara berkembang [30].
3. Fragmentasi Kelembagaan, kondisi polusi yang seringkali melintasi batas administratif (kota, negara bagian, negara), sehingga membutuhkan koordinasi multi-yurisdiksi yang kompleks [21].
4. Tata Kelola dan Penegakan Hukum yang Lemah, hal ini merupakan regulasi yang tidak konsisten, kurangnya kapasitas pemantauan, korupsi, dan sanksi yang tidak memadai menghambat pengendalian yang efektif [32].
5. Pertumbuhan Penduduk dan Perluasan Wilayah Perkotaan, merupakan ekspansi yang berkelanjutan melampaui pembangunan infrastruktur dan meningkatkan tekanan polusi [24].
6. Perubahan Iklim, merupakan peningkatan frekuensi dan intensitas curah hujan memperburuk CSO dan polusi limpasan [35].

Strategi mitigasi dan studi kasus yang banyak terjadi seperti:

1. Investasi Infrastruktur, seperti a.) Pemisahan saluran limbah dan pengendalian CSO untuk proyek-proyek seperti Terowongan Thames Tideway (London) dan upaya-upaya yang sedang berlangsung di kota-kota AS (misalnya, Philadelphia, NYC) [3]. b.) Pengolahan air limbah tingkat lanjut, hal ini menerapkan teknologi penghilangan nutrisi, disinfeksi (UV/ozonisasi), dan membran untuk menghilangkan PPCP dan mikroplastik [31]. c.) Pengelolaan air limbah dengan infrastruktur hijau (bioswales, taman hijau, perkerasan permeabel) untuk menangkap dan mengolah limpasan di sumbernya [6].
2. Kebijakan dan Tata Kelola, seperti: a.) Pengelolaan air perkotaan terpadu (IUWM) adalah pendekatan holistik yang mempertimbangkan pasokan air, air limbah, dan air hujan secara bersamaan [8]. b.) Prinsip pencemaran membayar untuk memperkuat penegakan hukum dan penerapan instrumen ekonomi (denda, pajak) [18]. c.) Kerja sama lintas batas, merupakan perjanjian seperti program aksi rhine menunjukkan keberhasilan dalam pengelolaan DAS internasional [12].
3. Solusi Berbasis Alam (NBS), seperti: a.) Restorasi penyangga sungai merupakan zona vegetasi di sepanjang sungai menyaring limpasan, mestabilkan tepian, dan menyediakan habitat [16]. b.) Restorasi sungai perkotaan, adalah proyek-proyek seperti Sungai Cheonggyecheon (Seoul) dan revitalisasi Sungai Los Angeles bertujuan untuk memulihkan fungsi ekologi dan akses publik [33].
4. Keterlibatan dan Kesadaran Masyarakat, adalah memberdayakan masyarakat lokal untuk memantau polusi (ilmu pengetahuan warga) dan mendorong perubahan perilaku (misalnya, mengurangi penggunaan bahan kimia, pembuangan limbah yang tepat [7].

KESIMPULAN

Pencemaran air sungai di kota-kota besar merupakan tantangan yang kompleks dan multifaset, terutama didorong oleh infrastruktur yang tidak memadai, limbah industri, dan limpasan perkotaan, yang diperparah oleh kelemahan tata kelola dan tekanan populasi. Konsekuensinya sangat parah: degradasi ekologis, risiko kesehatan masyarakat yang signifikan, dan biaya sosial-ekonomi yang substansial. Meskipun masih terdapat tantangan signifikan, terutama terkait pendanaan dan kapasitas kelembagaan di kota-kota yang berkembang pesat, strategi mitigasi yang berhasil telah tersedia. Hal ini mencakup investasi substansial dalam infrastruktur modern (saluran pembuangan limbah, IPAL, pengelolaan air hujan), kerangka kebijakan yang kuat dengan penegakan hukum yang efektif, peengelolaan sumber daya air terpadu, dan penerapan solusi berbasis alam. Studi kasus dari kota-kota seperti London, Seoul, dan Medellin menunjukkan bahwa perbaikan dapat dilakukan

melalui kemauan politik yang berkelanjutan, pendanaan yang memadai, inovasi teknologi, dan partisipasi publik yang kuat. Mengatasi pencemaran sungai perkotaan bukan hanya keharusan lingkungan tetapi juga krusial bagi pembangunan berkelanjutan dan kelayakan huni wilayah metropolitan utama dunia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Berendonk, T. U., Manaia, C. M., Merlin, C., Fatta-Kassinos, D., Cytryn, E., Walsh, F., ... & Martinez, J. L. (2015). Tackling antibiotic resistance: the environmental framework. *Nature Reviews Microbiology*, 13(5), 310-317.
- [2] Brandsma, S. H., Joye, S. B., Van Cappellen, P., Middelburg, J. J., & Dittmar, T. (2019). Global-scale analysis of the seawater dissolution of riverine black carbon. *Global Biogeochemical Cycles*, 33(8), 843-857.
- [3] Butler, D., & Memon, F. A. (2006). *Water demand management*. IWA publishing.
- [4] Characklis, G. W., Wiesner, M. R., & Summers, R. S. (2005). *Fate and transport of pollutants in the environment*. McGraw-Hill.
- [5] Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J., Lévêque, C., ... & Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81(2), 163-182.
- [6] EPA (2015). *Stormwater Management Model (SWMM)*. US Environmental Protection Agency.
- [7] Few, R., Brown, K., & Tompkins, E. L. (2007). Public participation and climate change adaptation: avoiding the illusion of inclusion. *Climate Policy*, 7(1), 46-59.
- [8] Friedler, E. (2001). Water reuse—an integral part of water resources management: criteria for the applicability of wastewater reuse systems. *Desalination*, 131(1-3), 7-10.
- [9] Gautam, S. K., Maharana, C., Sharma, D., Singh, A. K., Kumar, S., & Malaviya, S. (2007). Contamination of water resources due to discharge of untreated sewage in the river Ganga: a case study of Kanpur city, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 132(1-3), 25-33.
- [10] Gleick, P. H. (2002). Water management: soft path solutions for the 21st century. *Water International*, 27(1), 5-21.
- [11] Hathaway, J. M., & Hunt, W. F. (2010). Evaluation of first flush for nutrients in urban stormwater runoff. *Journal of Environmental Engineering*, 136(12), 1360-1368.
- [12] ICPR (2023). *International Commission for the Protection of the Rhine*. [<https://www.iksr.org/>]
- [13] Kahn, M. E. (2000). The environmental impact of suburbanization. *Journal of Policy Analysis and Management*, 19(4), 569-586.
- [14] Khan, S. J., Roser, D., & Davies, P. (2020). River pollution: causes, effects and controls. In *Water Encyclopedia* (pp. 1-10). John Wiley & Sons, Inc.
- [15] Kjeldsen, P., Barlaz, M. A., Rooker, A. P., Baun, A., Ledin, A., & Christensen, T. H. (2002). Present and long-term composition of MSW landfill leachate: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 32(4), 297-336.
- [16] Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2015). *Wetlands* (5th ed.). John Wiley & Sons.
- [17] Olagunju, G. T., Arowolo, T. A., & Adebayo, A. A. (2021). Assessment of the impact of untreated wastewater on the physicochemical quality of River Ogun in Abeokuta, Nigeria. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(8), 1-14.
- [18] OECD (2006). *The political economy of environmentally related taxes*. OECD Publishing.
- [19] Pourang, N., Dennis, J. H., & Ghazvini, S. A. H. (2005). Distribution of heavy metals in marine sediments around the coastline of the Persian Gulf. *Environmental Monitoring and Assessment*, 104(1-3), 303-314.
- [20] Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Corvalán, C., Bos, R., & Neira, M. (2019). *Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks*. World Health Organization.
- [21] Ruhl, J. B. (2007). Transboundary governance in a changing climate: adapting institutions to rising seas. *Washington University Law Review*, 83, 1489.
- [22] Rochman, C. M., Brookson, C., Bikker, J., Djuric, N., Earn, A., Bucci, K., ... & Hung, C. (2019). Rethinking microplastics as a diverse contaminant suite. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 38(4), 703-711.
- [23] Schwarzenbach, R. P., Escher, B. I., Fenner, K., Giger, W., Hungerbühler, K., von Gunten, U., & Wehrli, B. (2010). The challenge of micropollutants in aquatic systems. *Science*, 313(5790), 1072-1077.

- [24] Seto, K. C., Güneralp, B., & Hutyra, L. R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(40), 16083-16088.
- [25] Sharma, B., Ahlawat, V. S., & Tandon, P. K. (2019). Remediation of heavy metal contaminated soil and water. *Journal of the Indian Institute of Science*, 99(3), 499-516.
- [26] Singh, A., Sharma, R. K., Agrawal, M., & Marshall, F. (2014). Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of foodstuffs from the wastewater irrigated site of a dry tropical area of India. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 109, 66-73.
- [27] Smith, V. H., & Schindler, D. W. (2009). Eutrophication science: where do we go from here?. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(4), 201-207.
- [28] Strobl, R. O., & Robillard, P. D. (2008). Variability and uncertainty in concentration–discharge relationships in urban watersheds. *Water Research*, 42(16), 4369-4379.
- [29] Shuster, W. D., Bonta, J., Thurston, H., & Warnemuende, E. (2005). Impacts of impervious surface on watershed hydrology: a review. *Urban Water Journal*, 2(4), 263-275.
- [30] UN-Water (2017). *Wastewater: The untapped resource*. United Nations.
- [31] Verlicchi, P., Al Aukidy, M., & Zambello, E. (2012). Occurrence of pharmaceutical compounds in urban wastewater: removal, mass load and environmental risk after a secondary treatment—a review. *Science of the Total Environment*, 429, 123-155.
- [32] World Bank (2019). *Quality Unknown: The Invisible Water Crisis*. World Bank Group.
- [33] Wu, J., Lu, J., Chen, Z., & Wei, Z. (2014). River restoration in China: policy, practice, and perspectives. *Environmental Management*, 54(5), 1061-1076.
- [34] Zhang, Q., Liu, J., Zhao, Z., Li, Y., & Xu, D. (2015). Heavy metals in sediments of ten major river basins in China: occurrence, sources, and spatial distribution. *Journal of Environmental Sciences*, 37, 160-167.
- [35] Zhang, D., Ahiablame, L., & Shuster, W. (2020). Impacts of climate change and urbanization on urban hydrology and urban stream ecosystems: a review. *Journal of the American Water Resources Association*, 56(1), 1-19.