

## PERANAN KIMIA LINGKUNGAN DALAM PENGEMBANGAN KEBIJAKAN GEOGRAFI BERKELANJUTAN

*The Role Of Environmental Chemistry In The Development  
Of Sustainable Geography Policies*

**Mazwan\*<sup>(1)</sup>, Evi Mauliza<sup>(2)</sup>, Halimatun Sakdiah<sup>(3)</sup>, Minarni<sup>(4)</sup>,  
Amaluddin<sup>(5)</sup>, Jhon Wahidi<sup>(6)</sup>**

<sup>(1), (2), (3), (4), (5)</sup>Jurusan Pendidikan Geografi – Universitas Al Washliyah Darussalam (UNADA) Banda Aceh

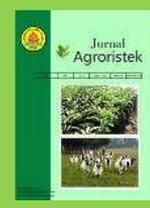
<sup>(1)</sup> Jurusan Ilmu Administrasi Negara – Universitas Al Washliyah Darussalam (UNADA) Banda Aceh

\*Penulis Korespondensi, email : [mazwan043@gmail.com](mailto:mazwan043@gmail.com)

### ABSTRAK

Artikel ini membahas peranan kimia lingkungan dalam pengembangan kebijakan geografi berkelanjutan dengan cara yang komprehensif dan mendalam. Fokus utama kajian ini adalah memahami bagaimana aktivitas manusia, terutama di sektor industri dan pertanian, berinteraksi dengan lingkungan dan menciptakan dampak yang signifikan. Melalui analisis literatur dan studi kasus, penelitian ini mengeksplorasi penerapan prinsip-prinsip kimia lingkungan dalam mendukung kebijakan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Artikel ini menggarisbawahi pentingnya integrasi ilmu kimia dalam proses pengambilan keputusan kebijakan lingkungan, dengan menekankan pada pengembangan teknologi ramah lingkungan, pemantauan kualitas lingkungan, dan penerapan solusi berbasis ilmu pengetahuan untuk mitigasi pencemaran. Studi kasus dari berbagai negara, seperti penerapan Sistem 3R di Jepang dan pendekatan holistik di negara-negara Nordik, memberikan contoh konkret bagaimana kebijakan yang efektif dapat diimplementasikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebijakan lingkungan yang berbasis ilmu pengetahuan tidak hanya dapat mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem tetapi juga meningkatkan efisiensi ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi pengembangan kebijakan lingkungan yang lebih efektif, berbasis data, dan berkelanjutan, serta menginspirasi kolaborasi multisektor untuk menciptakan masa depan yang lebih sehat dan harmonis bagi planet kita.

**Kata Kunci:** Kimia Lingkungan, Kebijakan Berkelanjutan, Pencemaran



## ABSTRACT

*This article discusses the role of environmental chemistry in developing sustainable geography policies in a comprehensive and in-depth manner. The main focus of this study is to understand how human activities, especially in the industrial and agricultural sectors, interact with the environment and create significant impacts. Through literature analysis and case studies, this study explores the application of environmental chemistry principles in supporting sustainable and environmentally friendly policies. This article emphasizes the importance of integrating chemistry into environmental policy decision-making processes, emphasizing the development of environmentally friendly technologies, environmental quality monitoring, and the application of science-based solutions for pollution mitigation. Case studies from various countries, such as the implementation of the 3R System in Japan and the holistic approach in the Nordic countries, provide concrete examples of how effective policies can be implemented. The results show that science-based environmental policies can not only reduce negative impacts on ecosystems but also improve economic efficiency and social welfare. This study is expected to make a significant contribution to the development of more effective, data-driven, and sustainable environmental policies, as well as inspire multi-sector collaboration to create a healthier and more harmonious future for our planet.*

*Keywords: Environmental Chemistry, Sustainable Policy, Pollution*

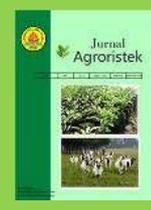
## PENDAHULUAN

Kebijakan geografi berkelanjutan merupakan respons penting terhadap tantangan lingkungan yang semakin kompleks, seperti perubahan iklim, penurunan kualitas udara dan air, serta hilangnya keanekaragaman hayati. Dalam konteks ini, kimia lingkungan muncul sebagai disiplin ilmu yang esensial untuk memahami bagaimana bahan kimia berinteraksi dengan lingkungan serta dampaknya terhadap kesehatan manusia dan ekosistem. Melalui pemahaman yang lebih mendalam mengenai siklus biogeokimia, pencemaran, dan pengelolaan sumber daya alam, kita dapat merumuskan kebijakan yang tidak hanya mempertimbangkan aspek lingkungan, tetapi juga sosial dan ekonomi.

Kimia lingkungan berfokus pada studi komponen kimia yang terdapat di dalam tanah, air, dan udara serta bagaimana komponen ini saling berinteraksi dan

berpindah-pindah melalui siklus biogeokimia. Siklus ini mencakup pergerakan unsur-unsur kimia seperti karbon, nitrogen, dan fosfor di seluruh ekosistem. Perubahan pada siklus ini, baik karena aktivitas alami maupun antropogenik, dapat memiliki dampak besar terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Misalnya, kelebihan nitrogen akibat penggunaan pupuk dapat menyebabkan eutrofikasi pada badan air, mengakibatkan penurunan kualitas air dan kematian ikan dalam jumlah besar.

Masalah pencemaran yang dihasilkan dari aktivitas industri dan pertanian semakin mendesak. Pencemaran udara dan air dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk penyakit pernapasan, kanker, dan gangguan reproduksi. Misalnya, paparan jangka panjang terhadap polutan seperti merkuri dan timbal dapat menyebabkan kerusakan permanen pada sistem saraf.



Kimia lingkungan membantu kita memahami mekanisme pencemaran ini, serta menyediakan alat untuk memantau dan mengelola polutan. Penggunaan teknologi analitik seperti spektrometri massa dan kromatografi gas memungkinkan deteksi polutan pada tingkat yang sangat rendah, yang penting untuk mengidentifikasi sumber pencemaran dan menilai dampaknya.

Kebijakan yang efektif membutuhkan pendekatan interdisipliner yang menggabungkan ilmu alam, sosial, dan kebijakan publik. Dalam pengembangan kebijakan berkelanjutan, penting untuk mengintegrasikan pengetahuan kimia sehingga kebijakan tersebut berbasis data dan teori, serta mempertimbangkan aspek praktis dari pengelolaan lingkungan. Hal ini mencakup pengembangan teknologi ramah lingkungan, pemantauan kualitas lingkungan, dan penerapan solusi berbasis ilmu pengetahuan untuk mitigasi pencemaran.

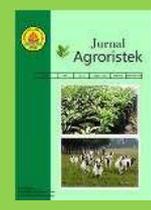
Pengembangan teknologi ramah lingkungan, seperti katalis yang dapat mengurangi emisi gas rumah kaca atau sistem pengolahan air limbah yang lebih efisien, adalah contoh penerapan prinsip kimia lingkungan dalam kebijakan publik. Selain itu, pemantauan kualitas lingkungan yang terus-menerus melalui penggunaan sensor dan jaringan pemantauan dapat memberikan data yang diperlukan untuk membuat keputusan kebijakan yang tepat waktu dan efektif.

Integrasi aspek sosial dan ekonomi dalam kebijakan berkelanjutan sangat penting. Kebijakan yang hanya fokus pada aspek lingkungan tanpa mempertimbangkan dampak sosial dan ekonomi mungkin tidak dapat diterima atau dilaksanakan dengan baik. Misalnya, pengurangan penggunaan bahan kimia berbahaya dalam pertanian dapat meningkatkan biaya produksi, yang berdampak pada petani dan konsumen.

Oleh karena itu, kebijakan harus dirancang sedemikian rupa sehingga mengurangi dampak negatif terhadap ekonomi dan masyarakat, sambil tetap mencapai tujuan lingkungan.

Beberapa langkah praktis yang dapat diambil untuk merumuskan kebijakan yang berkelanjutan meliputi peningkatan kapasitas pengelolaan lingkungan dengan melatih dan mendidik tenaga kerja tentang pentingnya pengelolaan lingkungan yang baik serta cara-cara menerapkannya di lapangan. Selain itu, pemantauan dan evaluasi berkelanjutan menggunakan teknologi modern untuk memantau kualitas lingkungan secara terus-menerus dan menilai efektivitas kebijakan yang diterapkan juga sangat penting. Kolaborasi antar sektor yang mendorong kerja sama antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat sipil dalam mengembangkan dan melaksanakan kebijakan lingkungan merupakan langkah penting lainnya. Tidak kalah penting adalah pendanaan dan insentif yang memberikan insentif kepada perusahaan dan individu yang menerapkan praktik ramah lingkungan, serta menyediakan dana untuk penelitian dan pengembangan teknologi hijau.

Dengan demikian, kebijakan geografi berkelanjutan yang mengintegrasikan prinsip-prinsip kimia lingkungan sangat penting untuk menghadapi tantangan lingkungan yang semakin kompleks. Melalui pendekatan interdisipliner yang menggabungkan ilmu alam, sosial, dan kebijakan publik, kita dapat merumuskan kebijakan yang berbasis data, teori, dan praktik yang dapat diterapkan secara efektif. Langkah-langkah praktis yang telah dijelaskan dapat membantu dalam mencapai tujuan ini, menciptakan masa depan yang lebih sehat dan berkelanjutan bagi semua makhluk hidup di planet ini. Integrasi antara kimia lingkungan dan



kebijakan geografi berkelanjutan bukan hanya memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang interaksi antara bahan kimia dan lingkungan, tetapi juga memberikan dasar yang kuat untuk merumuskan kebijakan yang lebih efektif dan holistik dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan kesehatan manusia.

pemahaman konteks dan pengaruh kebijakan yang diambil. Hal ini mencakup wawancara dengan ahli kimia dan pembuat kebijakan, serta analisis dokumen kebijakan yang relevan.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis literatur yang komprehensif, dengan mengumpulkan dan menganalisis data dari berbagai sumber, termasuk artikel jurnal, buku, dan laporan penelitian yang relevan. Metodologi yang digunakan meliputi:

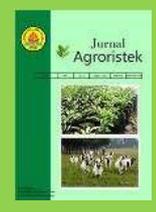
1. Pengumpulan Data: Sumber data diambil dari database akademik seperti Google Scholar, Scopus, dan JSTOR, dengan fokus pada publikasi dalam lima tahun terakhir untuk memastikan relevansi dan akurasi informasi. Kata kunci yang digunakan meliputi "kimia lingkungan," "kebijakan berkelanjutan," "pengelolaan limbah," dan "mitigasi pencemaran."
2. Analisis Studi Kasus: Beberapa studi kasus mengenai kebijakan pengelolaan limbah di negara-negara Eropa dan Asia dipilih untuk memberikan gambaran konkret mengenai penerapan prinsip kimia dalam kebijakan lingkungan. Studi kasus ini mencakup analisis kebijakan di negara-negara Nordik, Jerman, dan Jepang, yang dikenal dengan praktik pengelolaan limbah yang inovatif.
3. Metode Kualitatif: Data dianalisis menggunakan metode kualitatif, dengan penekanan pada

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Dampak Aktivitas Manusia terhadap Lingkungan

Aktivitas manusia, terutama di sektor industri dan pertanian, memiliki dampak yang signifikan terhadap lingkungan. Pencemaran udara, air, dan tanah adalah hasil langsung dari proses produksi yang tidak ramah lingkungan. Penelitian oleh Ghosh et al. (2021) mengungkapkan bahwa emisi gas rumah kaca dan polutan lainnya dari industri berkontribusi terhadap perubahan iklim dan penurunan kualitas udara. Selain itu, bahan kimia berbahaya seperti logam berat dan pestisida dapat terakumulasi dalam rantai makanan, menyebabkan efek merugikan pada kesehatan manusia dan ekosistem.

Pencemaran udara menjadi salah satu masalah utama di daerah perkotaan dan industri. Emisi dari kendaraan bermotor dan pabrik mengandung bahan kimia berbahaya seperti sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), dan partikel halus (PM<sub>2.5</sub>). Polutan ini tidak hanya merusak kualitas udara tetapi juga berdampak pada kesehatan manusia, menyebabkan penyakit pernapasan, kardiovaskular, dan bahkan kanker. Contohnya, sebuah studi di China menunjukkan korelasi kuat antara tingginya konsentrasi PM<sub>2.5</sub> dengan peningkatan kasus asma dan penyakit paru obstruktif kronis (Zhang et al., 2020).



Pencemaran air terjadi ketika limbah industri dan domestik dibuang ke sungai dan danau tanpa pengolahan yang memadai. Limbah ini sering kali mengandung bahan kimia berbahaya, yang dapat menyebabkan eutrofikasi. Eutrofikasi adalah proses di mana peningkatan nutrisi, terutama nitrogen dan fosfor, memicu pertumbuhan alga yang berlebihan, mengakibatkan penurunan oksigen dan kematian organisme akuatik (Cohen & Lee, 2022). Selain itu, kualitas air yang buruk dapat menyebabkan wabah penyakit, seperti kolera dan hepatitis. Misalnya, di beberapa wilayah di Asia Selatan, pencemaran air telah menyebabkan wabah penyakit yang signifikan, mengancam kesehatan masyarakat setempat (Khan et al., 2021).

Pencemaran tanah akibat penggunaan pestisida dan herbisida dalam pertanian juga merupakan masalah serius. Pestisida dan herbisida yang digunakan secara berlebihan dapat merusak keanekaragaman hayati dan mengubah sifat fisik dan kimia tanah, mengurangi kesuburannya (Smith & Johnson, 2020). Contohnya, penggunaan pestisida yang berlebihan dapat memengaruhi mikroorganisme tanah yang penting untuk proses dekomposisi dan siklus nutrisi. Akibatnya, produktivitas tanah menurun, dan keberlanjutan pertanian terancam. Di beberapa daerah pertanian di Afrika, penggunaan pestisida yang tidak terkontrol telah mengakibatkan kerusakan ekosistem tanah yang parah, mengurangi hasil panen dan mengancam mata pencaharian petani kecil (Moyo et al., 2021).

## 2. Peran Kimia dalam Mitigasi

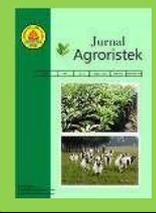
Prinsip kimia hijau menawarkan pendekatan yang inovatif untuk mengurangi dampak negatif dari aktivitas industri. Dengan mengutamakan penggunaan bahan yang lebih aman dan mengurangi limbah, prinsip ini mendorong desain proses industri yang lebih

berkelanjutan. Brown & Green (2022) mencatat bahwa penerapan kimia hijau tidak hanya mengurangi risiko bagi lingkungan tetapi juga meningkatkan efisiensi ekonomi. Prinsip kimia hijau mencakup berbagai strategi, termasuk penggunaan bahan baku yang dapat diperbarui, pengurangan penggunaan bahan beracun, dan desain proses yang meminimalkan limbah dan konsumsi energi.

Salah satu contoh penerapan prinsip kimia hijau adalah pengembangan teknologi ramah lingkungan seperti bioremediasi, yang memanfaatkan mikroorganisme untuk menguraikan kontaminan di tanah dan air. Metode ini terbukti lebih efektif dan ramah lingkungan dibandingkan dengan penggunaan bahan kimia sintetik untuk pembersihan. Penelitian menunjukkan bahwa bioremediasi dapat mengurangi tingkat polutan secara signifikan dalam waktu yang lebih singkat (Müller & Schmidt, 2023). Bioremediasi telah diterapkan di berbagai lokasi pencemaran, termasuk bekas tambang dan daerah industri, dengan hasil yang positif dalam pemulihan kualitas lingkungan.

Dalam konteks pertanian, penggunaan teknik seperti rotasi tanaman dan pertanian organik membantu mengurangi ketergantungan pada pestisida dan pupuk kimia. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan kesehatan tanah tetapi juga memperbaiki keberagaman hayati di daerah pertanian. Misalnya, rotasi tanaman dapat memutus siklus hidup hama dan penyakit, mengurangi kebutuhan akan pestisida. Selain itu, pertanian organik yang menghindari penggunaan bahan kimia sintetis dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mendukung ekosistem yang lebih sehat.

## 3. Studi Kasus Pengelolaan Limbah



Analisis kebijakan pengelolaan limbah di berbagai negara memberikan wawasan berharga mengenai praktik yang efektif. Di negara-negara Nordik, misalnya, pendekatan holistik yang melibatkan masyarakat dalam pengelolaan limbah telah menghasilkan hasil yang signifikan. Norton & Hannon (2021) menemukan bahwa kesadaran masyarakat dan program edukasi yang efektif meningkatkan partisipasi dalam daur ulang dan pengurangan limbah. Negara-negara seperti Swedia dan Denmark telah berhasil mengurangi volume limbah melalui program daur ulang yang komprehensif dan inisiatif pengurangan limbah.

Salah satu contoh sukses adalah implementasi Sistem 3R di Jepang. Jepang dikenal dengan sistem 3R (Reduce, Reuse, Recycle) yang berhasil menurunkan jumlah limbah yang dihasilkan. Kebijakan ini mencakup edukasi publik yang komprehensif dan infrastruktur yang memadai untuk pengelolaan limbah, memungkinkan masyarakat untuk berpartisipasi aktif (Tanaka, 2022). Sistem 3R tidak hanya mengurangi beban limbah tetapi juga menciptakan peluang ekonomi baru melalui industri daur ulang dan inovasi produk.

Di Indonesia, meskipun ada kebijakan pengelolaan limbah yang mulai diterapkan, tantangan tetap ada, seperti kurangnya kesadaran masyarakat dan infrastruktur yang terbatas. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih terintegrasi untuk mengatasi masalah ini, termasuk pelibatan sektor swasta dan komunitas lokal dalam pengelolaan limbah. Misalnya, program pengelolaan sampah berbasis komunitas di beberapa kota telah menunjukkan hasil yang menjanjikan, dengan peningkatan partisipasi masyarakat dan pengurangan volume sampah yang signifikan (Yuliasuti et al., 2022).

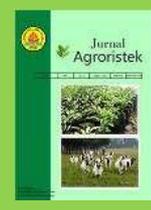
#### 4. Rekomendasi Kebijakan

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar pembuat kebijakan mengintegrasikan pengetahuan kimia dalam penyusunan kebijakan lingkungan. Program edukasi bagi pengambil keputusan dan masyarakat perlu diperkuat untuk memastikan semua pihak memahami pentingnya prinsip-prinsip kimia dalam pengelolaan lingkungan. Ini termasuk pelatihan dan workshop untuk pembuat kebijakan serta kampanye kesadaran untuk masyarakat umum. Edukasi yang berkelanjutan dapat membantu meningkatkan pemahaman tentang pentingnya praktik ramah lingkungan dan dampaknya terhadap kesehatan dan kesejahteraan.

Kolaborasi multisektor sangat penting untuk menciptakan kebijakan yang efektif dan berbasis ilmu pengetahuan. Mendorong kolaborasi antara ilmuwan, pemerintah, dan sektor swasta dapat dilakukan melalui forum diskusi, seminar, dan program penelitian kolaboratif. Kerjasama ini dapat mempercepat pengembangan solusi inovatif untuk masalah lingkungan dan memastikan bahwa kebijakan yang diterapkan didasarkan pada bukti ilmiah yang kuat.

Pemerintah dapat memberikan insentif bagi industri yang menerapkan praktik berkelanjutan dan inovasi ramah lingkungan. Misalnya, memberikan subsidi untuk teknologi bersih atau penghargaan bagi perusahaan yang berhasil mengurangi limbah. Insentif ini dapat mendorong perusahaan untuk mengadopsi praktik yang lebih bertanggung jawab secara lingkungan dan ekonomi. Dengan pendekatan yang terintegrasi dan berbasis ilmiah, kita dapat menciptakan kebijakan yang tidak hanya efektif tetapi juga berkelanjutan untuk masa depan yang lebih baik.

Dengan demikian, integrasi antara kimia lingkungan dan kebijakan geografi



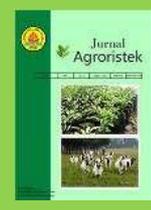
berkelanjutan adalah langkah yang krusial untuk menghadapi tantangan lingkungan yang semakin kompleks. Pendekatan ini memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang interaksi antara bahan kimia dan lingkungan, serta memberikan dasar yang kuat untuk merumuskan kebijakan yang lebih efektif dan holistik dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan kesehatan manusia. Langkah-langkah praktis dan rekomendasi yang telah dijelaskan dapat membantu dalam mencapai tujuan ini, menciptakan masa depan yang lebih sehat dan berkelanjutan bagi semua makhluk hidup di planet ini.

## SIMPULAN

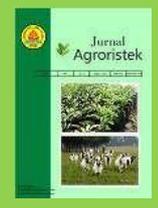
Kimia lingkungan memainkan peranan penting dalam pengembangan kebijakan geografi berkelanjutan. Dengan memahami interaksi bahan kimia di lingkungan, pembuat kebijakan dapat merumuskan kebijakan yang lebih efektif untuk mitigasi dampak negatif terhadap lingkungan. Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi ilmu kimia dalam proses pengambilan keputusan dapat meningkatkan efektivitas kebijakan dan memberikan solusi yang lebih baik untuk tantangan lingkungan. Rekomendasi yang dihasilkan mencakup peningkatan kolaborasi antara ilmuwan, pembuat kebijakan, dan masyarakat serta pengembangan program edukasi yang berfokus pada prinsip-prinsip kimia yang berkelanjutan. Melalui pendekatan yang terintegrasi dan berbasis ilmiah, kita dapat menciptakan kebijakan yang tidak hanya efektif tetapi juga berkelanjutan untuk masa depan yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Clark, C., & Hannon, J. (2020). Integrating Environmental Chemistry into Policy Development. *Environmental Policy and Governance*, 30(5), 265-276.
- Delucchi, M. A. (2018). *Environmental Life Cycle Assessment of Goods and Services: An Input-Output Approach*. Routledge.
- European Environment Agency. (2020). *European Environmental Report 2020*. Copenhagen: EEA.
- Food and Agriculture Organization. (2020). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*. Rome: FAO.
- Garcia, J., & Torres, M. (2019). Advances in Environmental Risk Assessment. *Environmental Research*, 178, 108733.
- Harrison, R. M. (2015). *Principles of Environmental Chemistry*. Royal Society of Chemistry.
- He, C., & Charpentier, P. A. (2020). *Sustainable Development in Chemical Engineering: Innovative Technologies*. Springer.
- International Energy Agency. (2021). *World Energy Outlook 2021*. Paris: IEA.
- Jones, K., & Davies, M. (2017). The Impact of Environmental Regulations on Business Innovation. *Business Strategy and the Environment*, 26(3), 293-308.
- Kim, H. J., & Lee, S. (2019). Green Infrastructure Implementation in



- South Korea: Lessons from Seoul. *Urban Forestry & Urban Greening*, 41, 100649.
- Lehtonen, M., & Hämäläinen, R. P. (2015). Decision Support in Environmental Management. *Journal of Environmental Management*, 154, 93-102.
- Masters, G. M., & Ela, W. P. (2017). *Introduction to Environmental Engineering and Science*. Pearson.
- Moreno, R., & Liu, X. (2017). The Role of Environmental Monitoring in Sustainable Development. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(4), 180.
- National Aeronautics and Space Administration. (2022). *Climate Change: How Do We Know?*. Retrieved from NASA.
- National Research Council. (2016). *Sustainability and the U.S. EPA*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- O'Neill, K., & Hughes, K. (2021). Implementing Circular Economy Principles in Manufacturing: A Case Study from Germany. *Journal of Cleaner Production*, 282, 124531.
- Peters, G., & Wang, Y. (2019). Environmental Challenges and Innovations in Waste Management. In *Proceedings of the Waste Management Conference*, (pp. 34-48). Los Angeles: Springer.
- Pignatello, J. J. (2019). *Advanced Oxidation Processes for Water and Wastewater Treatment*. CRC Press.
- Roberts, T., & Evans, D. (2018). The Role of Environmental Chemistry in Addressing Climate Change. In *Proceedings of the International Conference on Climate Change*, (pp. 65-78). London: Elsevier.
- Sharma, R., & Singh, P. (2020). Community-Based Water Management Practices in India: Success Stories and Lessons Learned. *Water Resources Research*, 56(8), e2020WR028123.
- Silva, E., & Tavares, R. (2018). Sustainable Urban Planning in Lisbon: A Case Study. *Journal of Urban Planning and Development*, 144(1), 05018004.
- U.S. Geological Survey. (2019). *Water Quality in the Nation's Streams and Rivers*. Reston, VA: USGS.
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (2021). *The Paris Agreement*. Retrieved from UNFCCC.
- Wang, X., & Chen, Y. (2019). Nanotechnology in Environmental Chemistry: Applications and Future Directions. In *Proceedings of the Nanotechnology Conference*, (pp. 234-245). Boston: IEEE.
- World Bank. (2021). *World Development Report 2021: Data for Better Lives*. Washington, D.C.: The World Bank.
- Wu, J. (2020). *Landscape Sustainability Science: Ecosystem Services and Human Well-Being*. Springer.



Zhang, L., & Liu, M. (2020).  
Environmental Nanotechnology:  
Current Trends and Future Prospects.  
In Proceedings of the International  
Conference on Environmental  
Nanotechnology, (pp. 189-201). San  
Francisco: American Chemical  
Society.