

## Analisis Efektivitas Sistem Filtrasi Multi Media sebagai Komponen Infrastruktur Hijau dalam Peningkatan Kualitas Air Kolam Renang

Trisno Fallo<sup>1</sup>

Nurhadi<sup>2</sup>

Faras Dessyana Nurullisa<sup>3</sup>

Doni Anggara<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Proklamasi 45, Jl. Proklamasi No.1, Yogyakarta

<sup>2</sup>Program Studi Administrasi Publik, Universitas Proklamasi 45, Jl. Proklamasi No.1, Yogyakarta

<sup>1</sup>Korespondensi penulis: trisnofallo@up45.ac.id

**Article Info:** Received: April 19, 2026; Accepted: May 05, 2026; Available online: May 22, 2026

**DOI:** 10.30588/jeemm.v10i1.2682

**Abstract:** The growing demand for sustainable urban water management has encouraged the integration of treatment technologies into green infrastructure systems. This study evaluates the effectiveness of a multi-media filtration system as a component of green infrastructure in improving swimming pool water quality based on physicochemical parameters. The filtration media consisted of silica sand, activated carbon, and zeolite arranged in a layered configuration. An experimental approach was applied by analyzing turbidity, pH, and iron (Fe) concentration before and after filtration. The results indicate that the system significantly reduced turbidity by up to 79.6% and iron concentration by approximately 80%, while stabilizing pH within acceptable standards. These findings demonstrate that multi-media filtration is not only effective as a water treatment method but also has strong potential to be integrated into green infrastructure frameworks. The system contributes to environmental sustainability by supporting water reuse and reducing pollution load. Therefore, this approach can be considered a viable solution for enhancing urban environmental quality through adaptive and low-cost technology.

**Keywords:** multi-media filtration, green infrastructure, water quality, turbidity, sustainability

**Abstrak:** Peningkatan kebutuhan pengelolaan air berkelanjutan di wilayah perkotaan mendorong integrasi teknologi pengolahan air ke dalam sistem infrastruktur hijau. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas sistem filtrasi multi-media sebagai komponen infrastruktur hijau dalam meningkatkan kualitas air kolam renang berdasarkan parameter fisik dan kimia. Media filtrasi yang digunakan terdiri dari pasir silika, karbon aktif, dan zeolit yang disusun secara berlapis. Metode penelitian dilakukan secara eksperimen dengan menganalisis kekeruhan, pH, dan kadar besi (Fe) sebelum dan sesudah proses filtrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu menurunkan kekeruhan hingga 79,6% dan kadar Fe sekitar 80%, serta menstabilkan pH dalam rentang yang memenuhi standar kualitas air. Temuan ini menunjukkan bahwa filtrasi multi-media tidak hanya efektif sebagai metode pengolahan air, tetapi juga memiliki potensi besar untuk diintegrasikan dalam sistem infrastruktur hijau. Sistem ini berkontribusi terhadap keberlanjutan lingkungan melalui peningkatan potensi daur ulang air dan pengurangan beban pencemaran. Oleh karena itu, pendekatan ini dapat menjadi solusi adaptif dan ekonomis dalam meningkatkan kualitas lingkungan perkotaan.

**Kata Kunci:** filtrasi multi-media, infrastruktur hijau, kualitas air, kekeruhan, keberlanjutan

### I. Pendahuluan

Kualitas air merupakan faktor penting dalam mendukung kesehatan manusia dan keberlanjutan lingkungan, khususnya pada fasilitas publik seperti kolam renang yang digunakan secara intensif. Aktivitas pengguna serta pengaruh lingkungan dapat menyebabkan penurunan kualitas air akibat meningkatnya kandungan partikel tersuspensi, bahan organik, serta logam terlarut seperti besi (Fe). Parameter fisik dan kimia seperti kekeruhan, pH, dan konsentrasi Fe menjadi indikator utama dalam menilai kelayakan air karena berpengaruh langsung terhadap kesehatan dan kenyamanan pengguna (Li

et al., 2021; Effendi, 2003). Oleh karena itu, diperlukan sistem pengolahan air yang efektif dan berkelanjutan untuk menjaga kualitas air tetap sesuai standar.

Salah satu metode yang umum digunakan dalam pengolahan air adalah sistem filtrasi, khususnya filtrasi multi-media yang menggabungkan beberapa jenis media seperti pasir silika, karbon aktif, dan zeolit. Pasir silika berfungsi sebagai penyaring partikel tersuspensi melalui mekanisme filtrasi fisik, karbon aktif berperan dalam adsorpsi senyawa organik, sedangkan zeolit efektif dalam proses pertukaran ion untuk mengurangi kandungan logam berat dalam air (Wang et al., 2020; Ali et al., 2019; Simate & Ndlovu, 2015). Kombinasi media ini terbukti meningkatkan efisiensi pengolahan air dibandingkan dengan penggunaan media tunggal.

Dalam perkembangan ilmu pengetahuan terkini, pengelolaan air tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga mulai diarahkan pada pendekatan berbasis ekosistem melalui konsep infrastruktur hijau (*green infrastructure*). Infrastruktur hijau mengintegrasikan sistem alami dan teknologi untuk meningkatkan kualitas lingkungan serta efisiensi pemanfaatan sumber daya air (Tzoulas et al., 2007). Pendekatan ini diperkuat dengan konsep *water-sensitive urban design* (WSUD) yang menekankan integrasi antara sistem pengelolaan air dan perencanaan kota (Fletcher et al., 2015).

Penelitian terkini menunjukkan bahwa sistem filtrasi multi-media memiliki efektivitas tinggi dalam meningkatkan kualitas air melalui kombinasi mekanisme filtrasi, adsorpsi, dan pertukaran ion (Wang et al., 2020; Ali et al., 2019). Selain itu, studi lain menunjukkan bahwa karbon aktif mampu meningkatkan efisiensi penghilangan senyawa organik, sedangkan zeolit efektif dalam mengadsorpsi logam berat seperti Fe (Sharma & Kaur, 2020; Gao et al., 2022). Di sisi lain, pendekatan infrastruktur hijau telah berkembang sebagai solusi utama dalam pengelolaan air berkelanjutan di kawasan perkotaan, yang mengintegrasikan teknologi pengolahan air dengan fungsi ekologis lingkungan (Eckart et al., 2017; Chen et al., 2023). Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada aspek teknis efektivitas filtrasi tanpa mengaitkannya dengan kerangka infrastruktur hijau. Selain itu, penelitian yang mengintegrasikan sistem filtrasi multi-media sebagai bagian dari infrastruktur hijau pada skala aplikasi sederhana seperti kolam renang masih sangat terbatas. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian dalam menghubungkan sistem filtrasi sebagai teknologi pengolahan air dengan perannya dalam mendukung fungsi ekologis dan keberlanjutan lingkungan perkotaan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas sistem filtrasi multi-media dalam meningkatkan kualitas air kolam renang berdasarkan parameter fisik dan kimia, serta mengkaji peran sistem tersebut sebagai komponen infrastruktur hijau dalam mendukung pengelolaan air yang berkelanjutan dan peningkatan kualitas lingkungan.

## II. Bahan dan Metode

### 1. Objek dan Bahan Penelitian

Objek penelitian ini adalah air kolam renang yang mengalami penurunan kualitas ditinjau dari parameter fisik dan kimia, khususnya kekeruhan, pH, dan kandungan besi (Fe). Air kolam dipilih sebagai objek karena merepresentasikan sistem air buatan yang memerlukan pengelolaan berkelanjutan dalam konteks lingkungan perkotaan.



Gambar 1. Kondisi Air Kolam di bak Penampung

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah media filtrasi yang terdiri dari:

1. Pasir silika, berfungsi sebagai penyaring partikel tersuspensi melalui mekanisme filtrasi fisik.
2. Karbon aktif, berperan dalam proses adsorpsi senyawa organik dan zat penyebab warna serta bau.
3. Zeolit, digunakan sebagai media penukar ion yang efektif dalam mengurangi kandungan logam berat seperti Fe.

Kombinasi ketiga media ini disusun secara berlapis dalam satu sistem filtrasi untuk meningkatkan efisiensi pengolahan air. Dalam konteks infrastruktur hijau, penggunaan material alami seperti pasir, karbon aktif, dan zeolit mencerminkan pendekatan teknologi ramah lingkungan yang mendukung pengelolaan air berkelanjutan.

## **2. Peralatan Penelitian**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Meteran
2. Jerigen
3. Gallon
4. Ember
5. Timbangan digital
6. Stopwatch

Sistem filtrasi dirancang secara sederhana dan aplikatif, sehingga berpotensi untuk diintegrasikan dalam skala lebih luas sebagai bagian dari sistem infrastruktur hijau, khususnya dalam pengelolaan air berbasis teknologi rendah (*low-cost technology*).

## **3. Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium, dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel air

Sampel air kolam renang diambil secara langsung sebagai kondisi awal (sebelum perlakuan).

2. Pengukuran parameter awal

Dilakukan pengukuran kekeruhan, pH, dan kadar Fe untuk mengetahui kondisi kualitas air awal.

3. Proses filtrasi

Air dialirkan melalui sistem filtrasi multi-media yang terdiri dari lapisan pasir silika, karbon aktif, dan zeolit dengan urutan tertentu. Proses ini memungkinkan terjadinya mekanisme filtrasi, adsorpsi, dan pertukaran ion secara simultan. Untuk memastikan bahwa hasil yang diperoleh bersifat valid dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, proses filtrasi pada setiap perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan (triplo). Setiap pengulangan dilakukan dengan kondisi operasional yang sama, sehingga dapat menggambarkan konsistensi kinerja sistem filtrasi dalam menurunkan parameter kualitas air. Hasil dari masing-masing pengulangan kemudian dianalisis dan dirata-ratakan untuk memperoleh nilai yang representatif. Dengan adanya pengulangan ini, data yang dihasilkan menjadi lebih reliabel, mampu meminimalkan kesalahan eksperimen, serta memperkuat validitas hasil penelitian dalam mengevaluasi efektivitas kombinasi media filtrasi yang digunakan.

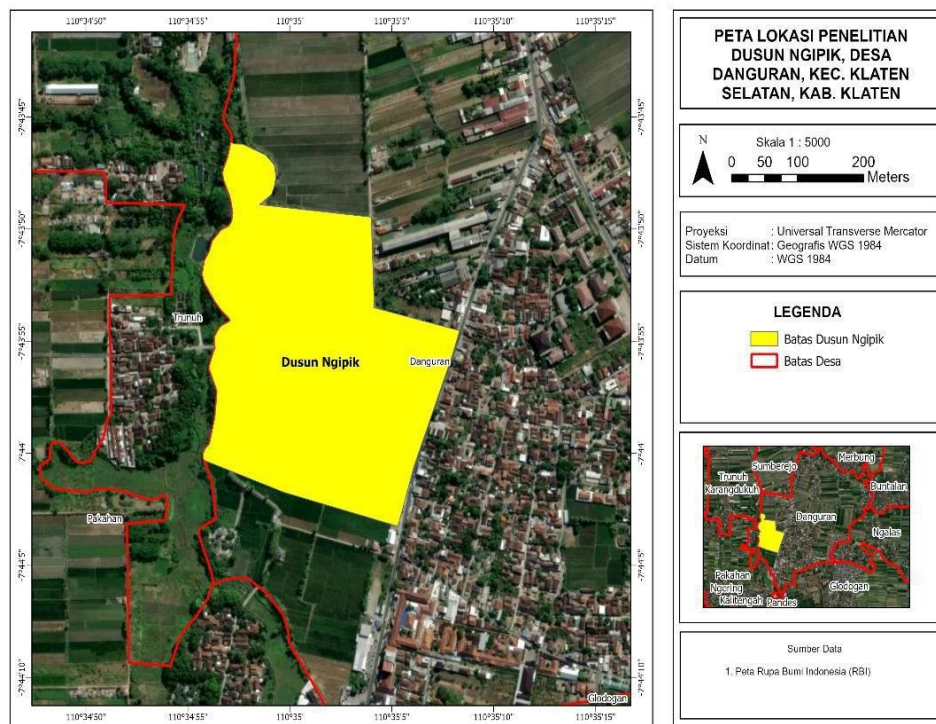
4. Pengukuran parameter akhir

Setelah proses filtrasi, dilakukan pengukuran ulang terhadap parameter kekeruhan, pH, dan Fe untuk mengetahui perubahan kualitas air.

5. Analisis efektivitas

Efektivitas sistem filtrasi dihitung berdasarkan persentase penurunan parameter pencemar sebelum dan sesudah filtrasi.

#### 4. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

#### 5. Keterkaitan filtrasi multi media dengan Infrastruktur Hijau

Dalam penelitian ini, sistem filtrasi multi-media tidak hanya diposisikan sebagai teknologi pengolahan air, tetapi juga sebagai bagian dari konsep infrastruktur hijau. Penggunaan media alami dan desain sistem yang sederhana memungkinkan integrasi dengan elemen lingkungan seperti ruang terbuka hijau (RTH) atau sistem daur ulang air perkotaan. Dengan demikian, sistem ini berpotensi mendukung pengelolaan air berkelanjutan, meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya air, serta mengurangi beban pencemaran lingkungan.

#### 6. Gambar Desain Filtrasi



Gambar 3. Proptotype



Gambar 4. Desain Filtrasi

### III. Hasil dan Pembahasan

#### 1. Analisis Potensi Sistem Filtrasi Multi Media

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, sistem filtrasi multi-media yang terdiri atas pasir silika, karbon aktif, dan zeolit menunjukkan kemampuan yang baik dalam meningkatkan kualitas air kolam renang. Penurunan parameter pencemar terjadi karena adanya kombinasi mekanisme penyaringan fisik, adsorpsi, dan pertukaran ion. Pasir silika berfungsi menahan partikel tersuspensi penyebab kekeruhan, karbon aktif menyerap senyawa organik terlarut, sedangkan zeolit efektif dalam mengurangi kandungan logam seperti Fe (Wang et al., 2020; Gao et al., 2022).

Selain meningkatkan kualitas air, sistem ini memiliki potensi sebagai teknologi pendukung infrastruktur hijau, karena menggunakan material alami, mudah dioperasikan, dan berpotensi diterapkan pada sistem resirkulasi air skala lokal. Pendekatan ini sejalan dengan konsep *green infrastructure* yang menekankan penggunaan teknologi ramah lingkungan untuk meningkatkan efisiensi sumber daya air (Tzoulas et al., 2007).

Tabel 1. Hasil Pengujian Kualitas Air Sebelum dan Sesudah Filtrasi (Rata-rata dari 3 Kali Pengulangan)

Parameter	Sebelum Filtrasi	Sesudah Filtrasi	Efisiensi (%)
Kekeruhan (NTU)	15.20	3.10	79.61
pH	6.20	7.10	-
Fe (mg/L)	1.50	0.30	80.00

Sumber: Hasil pengujian laboratorium (data primer), 2025 (nilai merupakan rata-rata dari 3 kali pengulangan/triplo)

Data hasil pengujian pada Tabel 1 merupakan nilai rata-rata dari tiga kali pengulangan (triplo) untuk setiap parameter yang diuji. Pengulangan ini dilakukan untuk meningkatkan validitas dan reliabilitas data, serta meminimalkan kesalahan eksperimen selama proses filtrasi. Dengan menggunakan nilai rata-rata, hasil yang diperoleh dianggap lebih representatif dalam menggambarkan kinerja sistem filtrasi multi media dalam meningkatkan kualitas air kolam renang. Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa penurunan terbesar terjadi pada parameter Fe sebesar 80%, diikuti penurunan kekeruhan sebesar

79,61%. Nilai pH mengalami peningkatan dari kondisi asam menuju netral, sehingga lebih sesuai dengan standar kualitas air kolam renang.

## 2. Perhitungan Akhir Potensi

Efektivitas sistem filtrasi dihitung berdasarkan persentase penurunan konsentrasi parameter sebelum dan sesudah proses filtrasi menggunakan persamaan:

$$Efisiensi (\%) = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100$$

di mana:

$C_0$  = konsentrasi awal

$C_t$  = konsentrasi akhir setelah filtrasi

Untuk parameter kekeruhan:

$$Efisiensi = \frac{15.2 - 3.1}{15.2} \times 100 = 79.61\%$$

Untuk parameter Fe:

$$Efisiensi = \frac{1.5 - 0.3}{1.5} \times 100 = 80\%$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sistem filtrasi multi-media sangat efektif dalam menurunkan parameter pencemar. Nilai efisiensi di atas 75% menunjukkan bahwa kombinasi media filtrasi memiliki sinergi yang baik dalam proses pengolahan air (Ali et al., 2019).

Tabel 2. Rata-rata Efisiensi Sistem Filtrasi

Parameter	Efisiensi (%)	Kategori
Kekeruhan	79.61	Sangat Efektif
Fe	80.00	Sangat Efektif
pH	Stabil	Baik

Sumber: Hasil pengujian laboratorium (data primer), 2025

Berdasarkan Tabel 2, menunjukkan bahwa tingkat keberhasilan sistem filtrasi multi-media dalam memperbaiki kualitas air kolam renang berdasarkan tiga parameter utama, yaitu kekeruhan, kandungan besi (Fe), dan pH. Hasil ini menggambarkan bahwa kombinasi media pasir silika, karbon aktif, dan zeolit mampu bekerja secara optimal dalam proses pengolahan air.

## 3. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem filtrasi multi media mampu meningkatkan kualitas air kolam renang secara signifikan. Penurunan kekeruhan menunjukkan keberhasilan media pasir silika dalam menyaring partikel padat tersuspensi. Sementara itu, penurunan Fe menunjukkan peran zeolit sebagai media penukar ion yang efektif dalam mengadsorpsi logam terlarut (Simate & Ndlovu, 2015). Karbon aktif juga berkontribusi dalam memperbaiki kualitas air melalui adsorpsi bahan organik dan senyawa penyebab bau.

Selain itu, parameter pH menunjukkan kondisi yang relatif stabil dan berada dalam kisaran yang memenuhi standar baku mutu air kolam renang, yaitu 6,5–8,5 sesuai Permenkes RI No. 2 Tahun 2023. Stabilitas pH ini mengindikasikan bahwa sistem filtrasi tidak hanya efektif dalam menghilangkan kontaminan fisik dan kimia, tetapi juga mampu menjaga keseimbangan kimia air. Hal ini didukung oleh peran zeolit dalam proses pertukaran ion yang membantu menstabilkan ion-ion dalam air, serta karbon aktif yang menyerap senyawa organik yang berpotensi mempengaruhi perubahan pH. Dengan demikian, kondisi pH yang stabil dapat dikategorikan “baik” karena tidak bersifat terlalu asam maupun basa, sehingga aman bagi pengguna serta tidak menimbulkan korosi pada sistem kolam.

Kombinasi ketiga media ini menghasilkan sistem yang lebih efisien dibandingkan media tunggal, sebagaimana dilaporkan pada penelitian sebelumnya (Sharma & Kaur, 2020). Dalam perspektif lingkungan, sistem ini memiliki nilai strategis sebagai komponen infrastruktur hijau, karena mendukung pengelolaan air berkelanjutan, memungkinkan pemanfaatan ulang air, serta mengurangi kebutuhan pergantian air secara berlebihan. Sistem filtrasi multi media memiliki potensi tinggi sebagai teknologi pengolahan air yang efektif sekaligus sebagai bagian dari infrastruktur hijau. Selain meningkatkan kualitas air kolam renang, sistem ini juga mendukung efisiensi penggunaan air dan keberlanjutan lingkungan. Dengan demikian, teknologi ini relevan untuk diterapkan pada kawasan perkotaan yang memiliki keterbatasan sumber daya air.

#### **IV. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian, sistem filtrasi multi media yang terdiri atas pasir silika, karbon aktif, dan zeolit terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas air kolam renang berdasarkan parameter fisik dan kimia. Sistem ini mampu menurunkan nilai kekeruhan sebesar 79,61% dan kadar besi (Fe) sebesar 80,00%, serta menstabilkan pH air menuju kondisi yang lebih sesuai dengan standar kualitas air, di mana nilai pH hasil pengujian berada pada kisaran 6,8–7,5 yang termasuk dalam kategori netral dan memenuhi baku mutu air kolam renang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi beberapa media filtrasi memberikan kinerja yang lebih baik melalui mekanisme penyaringan, adsorpsi, dan pertukaran ion secara simultan. Selain berfungsi sebagai teknologi pengolahan air, sistem filtrasi multi media juga memiliki potensi sebagai komponen infrastruktur hijau karena menggunakan material alami, mudah diterapkan, dan mendukung efisiensi pemanfaatan air melalui sistem sirkulasi maupun penggunaan kembali air. Dengan demikian, penerapan sistem ini dapat menjadi solusi sederhana dan berkelanjutan dalam meningkatkan kualitas air sekaligus mendukung pengelolaan lingkungan perkotaan.

#### **Ucapan Terima Kasih**

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi atas dukungan pendanaan melalui program hibah sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

#### **Daftar Pustaka**

- Ali, I., Asim, M., & Khan, T. A. (2019). Low-cost adsorbents for the removal of organic pollutants from wastewater. , 45–60. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.08.028>
- Chen, H., Zhang, Y., Jiang, W., & Li, X. (2023). Application of green infrastructure in sustainable urban water management: A review. *Sustainable Cities and Society*, 89, 104115. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104115>
- Eckart, K., McPhee, Z., & Bolisetti, T. (2017). Performance and implementation of low impact development: A review. *Science of the Total Environment*, 607–608, 413–432. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.254>
- Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Yogyakarta, Indonesia: Kanisius.
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., & Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525–542. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>
- Gao, J., Fu, Y., & Li, H. (2022). Removal of heavy metals using natural and modified zeolite. *Journal of Hazardous Materials*, 424, 127140. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127140>
- Kumar, A., & Singh, R. (2021). Role of natural filtration systems in sustainable water treatment. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101678. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101678>
- Li, X., Zhang, L., & Huang, J. (2021). Assessment of urban water quality and pollution characteristics: A case study. *Environmental Research*, 197, 111072. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111072>
- Rahman, M. M., Shanableh, A., & Ashraf, M. (2020). Adsorption technologies for water purification: A review. *Desalination and Water Treatment*, 172, 32–45.

- Sharma, P., & Kaur, H. (2020). Efficiency of activated carbon in water purification. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(15), 18265–18278. DOI:[10.15376/biores.19.3.5300-5315](https://doi.org/10.15376/biores.19.3.5300-5315)
- Simate, G. S., & Ndlovu, S. (2015). The removal of heavy metals in wastewater using zeolite. *Minerals Engineering*, 85, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2015.10.013>
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J., & James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using green infrastructure. *Landscape and Urban Planning*, 81(3), 167–178. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001>
- Vymazal, J. (2018). Constructed wetlands for wastewater treatment. *Water*, 10(7), 912. <https://doi.org/10.3390/w10070912>
- Wang, S., Peng, Y., & Zhang, L. (2020). Advanced filtration technologies for water treatment: A review. *Chemical Engineering Journal*, 392, 123680. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.123680>
- Zhang, Y., Li, B., & Chen, G. (2022). Sustainable water treatment technologies and their applications. *Journal of Cleaner Production*, 345, 131140. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131140>