

## **Inovasi Arsitektur Hijau dengan Sistem Pengolahan Air Limbah Terintegrasi dalam Upaya Penyediaan Sanitasi Layak di Kawasan Perkotaan Semarang**

*Green Architecture Innovation with Integrated Wastewater Treatment System in Efforts to Provide Adequate Sanitation in Urban Areas*

**Aisyah Nuraini, Fitri Dwi Indarti**

Program Studi Arsitektur, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang

Corresponding author : [aisyahnuraini363@gmail.com](mailto:aisyahnuraini363@gmail.com)

### **Abstrak**

Pertumbuhan penduduk dan aktivitas pembangunan perkotaan memberikan dampak negatif terhadap sumber daya alam, khususnya air. Secara khusus, Kota Semarang masih memanfaatkan air tanah dalam berbagai kegiatan untuk memenuhi kebutuhannya. Memang kebutuhan air bersih ditambah dengan pengelolaan air permukaan belum bisa dipenuhi secara optimal. Arsitektur hijau menekankan prinsip ramah lingkungan dengan mengatasi masalah sanitasi melalui desain yang berfokus pada efisiensi sumber daya dan pengelolaan limbah. Untuk mencapai tujuan arsitektur hijau, diperlukan strategi pengelolaan limbah terpadu dengan cara yang paling efisien, meningkatkan pelayanan dan pembuangan limbah yang ramah lingkungan. Metode kualitatif dengan pendekatan masalah desain ini digunakan untuk mendeskripsikan teknik penelitian menciptakan desain arsitektur hijau yang inovatif dengan menggunakan pengolahan air limbah. Kekurangan air bersih di wilayah Kota Semarang dapat diatasi dengan menggunakan beberapa metode desain arsitektur hijau yang inovatif, termasuk membangun *Constructed Wetland* (Lahan Basah Buatan), Biofilter, serta *Grit Chamber*. *Constructed Wetland* yang dibangun merupakan sistem pengolahan air limbah yang dikonsept dan dirancang sesuai proses alami dengan konsep *waterpark*. Metode ini menggunakan tumbuhan air sebagai alat penyerap polutan dan mengandung sejumlah bahan penyaring air dan mikroorganisme untuk pengolahan air limbah. Biofilter adalah metode pengolahan limbah cair secara biologis dengan menggunakan tanaman air di mana tanaman tertentu serta mikroorganisme yang ada dalam lapisan bawah tanah dapat mengubah kontaminan menjadi penyebab polusi tidak berbahaya. Sedangkan *Grit Chamber* merupakan unit pengolahan air limbah yang menyaring padatan organik dalam bentuk tangki berbentuk kerucut untuk memisahkan partikel berat seperti pasir, kerikil, dan bahan anorganik lainnya dari air limbah.

**Kata Kunci :** arsitektur hijau, pengolahan air limbah, *constructed wetland*, biofilter, *grit chamber*

### **Abstract**

*Population growth and urban development activities harm natural resources, especially water. In particular, Semarang City still utilizes groundwater in various activities to meet its needs. Indeed, the need for clean water and surface water management cannot be met optimally. The green architecture emphasizes environmentally friendly principles by addressing hygiene issues through designs focusing on resource efficiency and waste management. To achieve the goal of green architecture, an integrated waste management strategy is needed most efficiently, improving services and environmentally friendly waste disposal. This qualitative method with a design problem approach described the research technique of creating an innovative green architecture design using wastewater treatment. The shortage of clean water in the Semarang City area can be addressed by using several innovative green architectural design methods, including constructing Constructed Wetland, Biofilter, and Grit Chamber. Constructed Wetland is a wastewater treatment system conceptualized and designed according to natural processes with a waterpark concept. This method uses aquatic plants as a means of absorbing pollutants and contains several water filter materials and microorganisms for wastewater treatment. Biofilter is a biological wastewater treatment method using aquatic plants where certain plants and microorganisms present in the growing substrate can convert contaminants into harmless causes of pollution. The Grit Chamber is a wastewater treatment unit that filters organic solids in the form of a cone-shaped tank to separate heavy particles such as sand, gravel, and other inorganic materials from wastewater.*

**Keywords :** green architecture, wastewater treatment, *constructed wetland*, biofilter, *grit chamber*

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi dan urbanisasi telah menjadi pendorong utama perubahan lingkungan global yang disebabkan oleh aktivitas manusia selama dua abad terakhir. [1] Pertumbuhan penduduk di perkotaan dan padatnya kegiatan pembangunan dapat memberikan dampak negatif terhadap sumber daya alam khususnya air. Air merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang masih dihadapi banyak kota di Indonesia. [2] Banyak kota besar menghadapi masalah pengelolaan air limbah yang tidak efektif, sehingga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia, karena manusia tidak hanya membutuhkan air untuk minum saja namun juga untuk kebutuhan sehari-hari seperti mandi dan mandi. Menurunnya ketersediaan air minum disebabkan oleh berbagai faktor, seperti pertumbuhan jumlah penduduk yang menyebabkan meningkatnya kebutuhan air bersih, sehingga ketersediaan air minum terus menurun. [3]

Krisis air perkotaan menimbulkan tantangan yang semakin besar bagi kota-kota di Indonesia. [4] Namun akses dan ketersediaan air minum di kota-kota besar cukup langka. Akibatnya, banyak masyarakat yang tinggal di perkotaan menghadapi kualitas air yang buruk atau bahkan kekurangan air minum. Kota Semarang masih memanfaatkan air tanah dalam berbagai kegiatan untuk memenuhi kebutuhan airnya. Memang kebutuhan air bersih ditambah dengan pengelolaan air permukaan belum bisa dipenuhi secara optimal. Namun cadangan air tanah di wilayah metropolitan Semarang semakin berkurang seiring dengan pesatnya peningkatan jumlah penduduk, pertumbuhan industri dan pembangunan infrastruktur.

Arsitektur hijau adalah metode desain yang berfokus pada efisiensi penggunaan energi dan sumber daya alam, mengurangi dampak lingkungan, dan meningkatkan kualitas hidup penghuninya. Pendekatan ini mencakup penggunaan material ramah lingkungan, efisiensi energi, pengelolaan air dan penerapan prinsip keberlanjutan lainnya. [5] Arsitektur hijau yang menekankan prinsip ramah lingkungan menawarkan pendekatan baru dalam memecahkan masalah kebersihan melalui desain yang berfokus pada efisiensi sumber daya dan pengelolaan limbah. Salah satu elemen penting dari arsitektur hijau adalah pengelolaan air yang efektif, khususnya dalam hal pengelolaan air limbah. Sistem pengelolaan air limbah terpadu diterapkan berdasarkan desain arsitektur ekologis dengan tujuan mengolah limbah domestik dan komersial secara lokal serta mendaur ulang air untuk keperluan sekunder. Arsitektur hijau berfokus pada fitur dan sumber daya alam yang dapat digunakan di sekitar lokasi dan menggunakan bahan-bahan alami yang berkelanjutan atau dapat didaur ulang daripada menggunakan bahan-bahan tidak alami dari sumber daya yang tidak terbarukan. [6]

Untuk mencapai tujuan di atas diperlukan strategi pengelolaan limbah yang terpadu antara minimalisasi limbah seefisien mungkin, peningkatan pelayanan dan pembuangan limbah yang ramah lingkungan. [7] Inovasi sistem pengelolaan air ramah lingkungan seperti *Constructed Wetland* (Lahan Basah Buatan), Biofilter, serta sistem *Grit Chamber*. Sistem ini tidak hanya bertujuan untuk mengurangi dampak lingkungan tetapi juga

menciptakan siklus air yang lebih efisien dan hemat energi. Di wilayah perkotaan, mengintegrasikan teknologi ini ke dalam proyek arsitektur hijau menawarkan potensi untuk memitigasi masalah dalam sistem pengelolaan air perkotaan, mengurangi konsumsi air bersih, dan meningkatkan kesehatan lingkungan dan masyarakat secara keseluruhan. Oleh karena itu, penerapan arsitektur hijau dengan sistem pengelolaan air limbah yang berkelanjutan merupakan salah satu kunci untuk mewujudkan kota yang lebih sehat, ramah lingkungan, dan efisien dalam penggunaan sumber daya air.

## **METODE**

Metode kualitatif dengan desain pendekatan sumber masalah digunakan sebagai metode pemecahan masalah pada kali ini. Metode ini menciptakan desain arsitektur hijau yang inovatif dengan mengolah air limbah. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. **Identifikasi Masalah**  
Langkah ini mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi warga perkotaan. Dalam hal ini masalah di ambil dari masyarakat yang berada di Kota Semarang. Pengamatan dilakukan bagaimana ketersediaan air minum di wilayah tersebut.
2. **Analisis Masalah**  
Analisis masalah dilakukan dengan menguraikan masalah yang teridentifikasi agar ditemukan pendekatan solusinya.
3. **Pencarian Solusi dengan Pendekatan Inovasi Teknologi**  
Pencarian solusi dilakukan dengan pendekatan pada proses desain yang menawarkan solusi dalam memecahkan sebuah masalah. Pada tahap ini akan banyak memengaruhi cara pengambilan keputusan yang nantinya menghasilkan sebuah ide-ide baru dan inovatif.
4. **Pembuatan Konsep Pengolahan Air Limbah**  
Solusi pendekatan inovasi teknologi pengolahan air limbah dikembangkan menjadi konsep. Konsep yang dibuat akan menjabarkan bagaimana cara inovasi pengolahan air limbah bekerja.
5. **Desain Inovasi Pengolahan Air Limbah :**  
Desain inovasi pengolahan air limbah dibuat berdasarkan konsep yang sudah dirumuskan. Desain inovasi dibuat dengan beberapa alternatif cara pengolahan air limbah yang termasuk dalam arsitektur hijau.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Permasalahan yang terjadi di perkotaan, khususnya di Kota Semarang, berkaitan dengan sanitasi, khususnya peningkatan penggunaan air minum yang penting dan digunakan oleh seluruh warga negara. Hal ini tentunya akan mempengaruhi jumlah air limbah yang dihasilkan karena masyarakat menggunakan total air bersih, 80% akan menjadi air limbah. Jika air limbah dari kegiatan rumah tangga dibuang langsung ke

sumber air tanpa pengelolaan yang baik, hal ini dapat berdampak buruk terhadap lingkungan baik dari segi estetika, kesehatan masyarakat, dan lingkungan sekolah air. Pengolahan air limbah *greywater* Kota Semarang 94,06% dibuang ke saluran drainase dan 5,94% merembes ke dalam tanah. [8]

Kekurangan air bersih di wilayah Kota Semarang dapat diatasi dengan menggunakan beberapa metode inovatif desain arsitektur hijau dengan pengolahan air limbah, antara lain *Constructed Wetland* (Lahan Basah Buatan), Biofilter, serta sistem *Grit Chamber*.

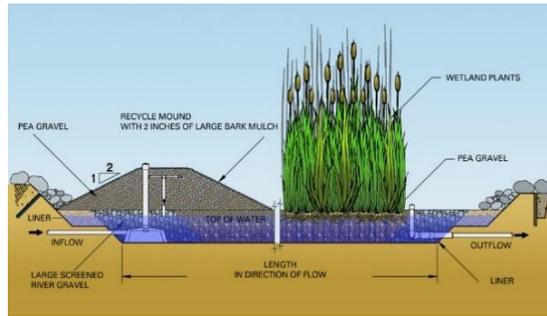
#### 1. *Constructed Wetland* (Lahan Basah Buatan)

Metode lahan basah buatan atau biasa dikenal dengan istilah *Constructed Wetland* merupakan suatu sistem pengolahan air limbah yang dikonsepsi dan dirancang sesuai dengan proses alam, seperti konsep taman air. Memasukkan tumbuhan air dan memanfaatkan filter air untuk menyerap polutan adalah penggunaan utama metode ini, yang juga menggunakan mikroorganisme dalam pengolahan air limbah. Demikian pula, *Constructed Wetland* yang dirancang secara arsitektural dapat dilihat sebagai taman yang menyenangkan secara visual. [9]



Gambar 1. *Constructed Wetlands* (Lahan Basah Buatan)

Sistem lahan basah buatan yang dibangun merupakan sistem pengolahan limbah yang menyesuaikan proses penyaringan air di lahan basah alami dengan kondisi alami rawa. Perbedaan antara lahan basah buatan dan lahan basah alami adalah tanaman air dan limbah di lahan basah buatan direncanakan dan dikendalikan, sedangkan di lahan basah alami secara alami tanpa perencanaan, kehidupan komunitas biologis di rawa alami juga lebih beragam. Banyak jenis tanaman air yang dapat digunakan dalam sistem ini. Dalam sistem ini kita menemukan kelompok mikroorganisme yang biasa hidup di air, batuan, tanah dan tumbuhan. Mikroorganisme ini memberikan nutrisi bagi tanaman air dan berkontribusi dalam menghilangkan polutan yang terkandung dalam limbah. [10]



Gambar 2. Sistem Lahan Basah Buatan

Dari segi efisiensi, metode lahan basah buatan memiliki efisiensi penyisihan TSS (*Total Suspended Solids*) hingga 97%, dan dari sudut pandang lingkungan, dapat meminimalkan bau tidak sedap saat menggunakan aliran Sub-Surface Flow. [9]



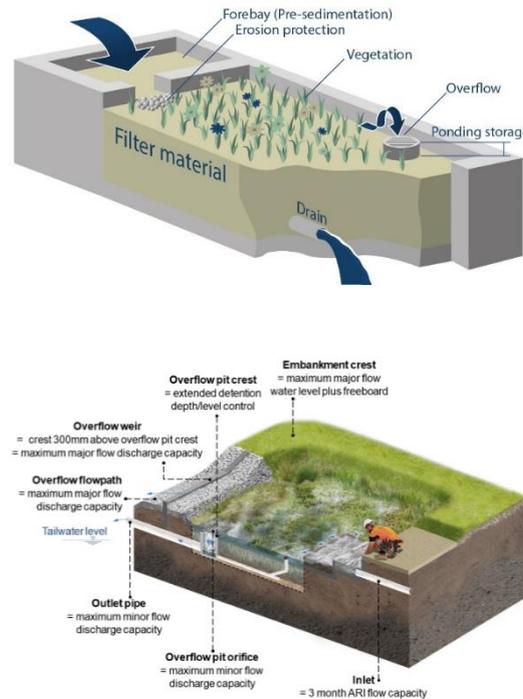
Gambar 3. Tumbuhan Cattail (*Typha Angustifolia*)

Berdasarkan morfologi tumbuhan *Cattail* (*Typha Angustifolia*) sangat cocok untuk pengobatan dengan sistem lahan basah buatan. Tumbuhan *Cattail* memiliki sistem akar besar yang mampu menyerap zat organik di badan air, sehingga sistem lahan basah yang dibangun diharapkan dapat mengurangi COD (*Chemical Oxydation Demand*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), dan MES (*Total Suspended Solid*) dari air limbah domestik. Zat organik dalam air limbah akan diuraikan oleh mikroorganisme menjadi senyawa yang lebih sederhana dan akan digunakan oleh tanaman sebagai unsur hara, dan sistem perakaran tanaman air akan menghasilkan oksigen yang dapat digunakan sebagai unsur hara yang digunakan sebagai sumber energi/katalis untuk berbagai metabolisme proses untuk mikroorganisme hidup. [11]

## 2. Biofilter

Limbah cair domestik dicirikan oleh karakteristik COD (*Chemical Oxydation Demand*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), fosfat, coliform, dan pH. Pencemaran lingkungan dan risiko kesehatan terkait dengan proses pengolahan air limbah. Biofilter digunakan untuk mengolah tanah,

air, air limbah, dan polutan organik dan anorganik lainnya melalui oksidasi oleh mikroorganisme. Keunggulan teknologi filtrasi biologis ini adalah kemudahan penggunaan, laju pengendapan yang rendah (pembuangan lumpur mudah), toleransi terhadap fluktuasi aliran dan beban (densitas), serta kinerja penghilangan polutan yang sangat baik dalam penanganan limbah cair dan daya apung yang baik. Oleh karena itu, teknologi filtrasi biologis telah banyak dikembangkan di berbagai bidang. [12]



Gambar 4. Sistem Biofilter Pada Pengolahan Limbah Air

Pengolahan limbah cair secara biologis dengan menggunakan tanaman air, disebut juga fitoremediasi, adalah suatu sistem di mana jenis tanaman tertentu, baik sendiri maupun bersama mikroorganisme yang ada di lingkungan, yang tumbuh di lingkungan, dapat mengubah zat pencemar menjadi bahan pencemar tidak berbahaya. *Eichhornia crassipes* yaitu salah satu spesies eceng gondok yang umumnya dimanfaatkan dalam pengolahan air limbah melalui fitoremediasi. Tanaman ini mempunyai kemampuan beregenerasi dengan cepat dan peka terhadap kondisi air dengan unsur hara yang tidak mencukupi namun dapat merespon pada konsentrasi unsur hara yang tinggi. Eceng gondok mengapung di perairan dalam atau tumbuh akar di lumpur di perairan dangkal. Reproduksi vegetatif dapat berlipat ganda setiap 7 sampai 10 hari. [13]



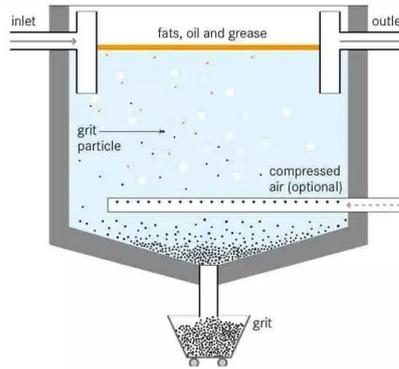
Gambar 5. Tanaman *Eichhornia crassipes*

Pertumbuhan mikroba di lingkungan dapat dilihat dari peningkatan efisiensi penyisihan bahan organik, dimana peningkatan efisiensi menunjukkan peningkatan aktivitas mikroba dalam penguraian bahan pencemar organik pada limbah cair. Dalam proses pengolahan pencemaran, akar berperan penting dalam mereduksi atau menyerap kandungan polutan pada limbah cair. Tanaman eceng gondok mempunyai akar yang banyak dan panjang, sehingga luas permukaan yang terkena limbah cair akar akan semakin besar. Dengan cara ini proses penyerapan menjadi lebih cepat dan efektif.

Semakin banyak jumlah tanaman eceng gondok maka semakin besar luas permukaan yang terpapar limbah cair akar. Semakin besar pohon maka semakin besar pula luas permukaan akarnya dalam menyerap zat pencemar yang ada, sehingga kemampuannya dalam menyerap zat pencemar lebih besar dibandingkan dengan pohon berukuran kecil. Secara umum limbah cair yang diolah dengan reaktor biofiltrasi (dengan botol plastik berisi pecahan plastik dan tanpa botol plastik berisi pecahan plastik) dan sistem fitoremediasi (unit dengan tanaman air dan tanpa tanaman air) mempunyai nilai pencemaran organik tertinggi berkat adanya reaktor biofilter. Sedangkan untuk unit pengolahan pencemaran mempunyai kontribusi yang rendah. [13]

### 3. *Grit Chamber*

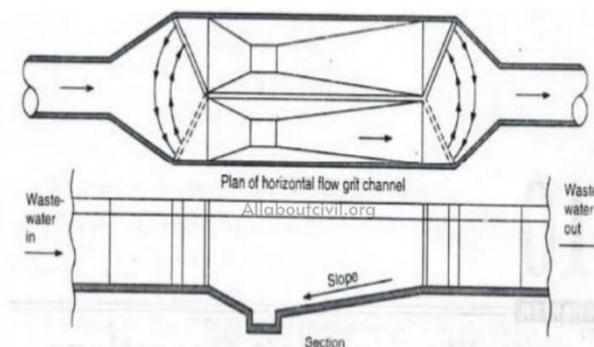
*Grit Chamber* adalah sistem pengolahan air limbah yang menyaring padatan organik ke dalam tangki berbentuk kerucut. Pola aliran melingkar menghasilkan pengendapan pasir secara gravitasi ke dalam grit hopper. Pasir yang mengendap kemudian dibuang dengan cara dipompa. Pemisahan partikel berat seperti pasir, kerikil, dan bahan anorganik lainnya dari air limbah dapat dilakukan dengan menggunakan ruang sedimentasi, yang juga dikenal sebagai ruang pasir. Gaya sentrifugal digunakan dalam sistem ini untuk mengisolasi partikel berat secara efektif, dengan memanfaatkan aliran pusaran. [14]



Gambar 6. Sistem Pengolahan Limbah Cair dengan *Grit Chamber*

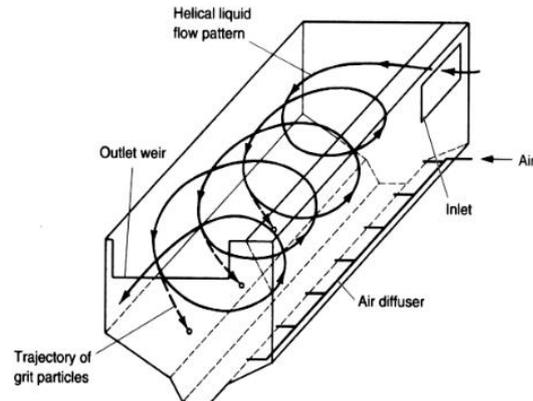
*Grit Chamber* dirancang untuk menghilangkan partikel termasuk pasir, kerikil, arang atau bahan padat lainnya yang memiliki kecepatan atau kepadatan spesifik lebih tinggi dibandingkan padatan organik yang terkandung dalam limbah cair. *Grit Chamber* biasanya ditempatkan di belakang saringan limbah dan sebelum tangki sedimentasi primer. [15] Fungsi utama tangki sedimentasi primer adalah untuk menghilangkan padatan organik berat. Ada tiga jenis *Grit Chamber*, yaitu :

- a. *Grit Chamber Horizontal* : Pada tipe aliran horizontal, air limbah mengalir melalui ruang dalam arah horizontal dan kecepatan aliran garis lurus dikendalikan oleh ukuran perangkat, gerbang distribusi cabang dan weir di ujung aliran limbah untuk memungkinkan air mengalirkan limbah benda berat Dimana partikel-partikel tersebut mengendap di dasar tangki karena gravitasi.



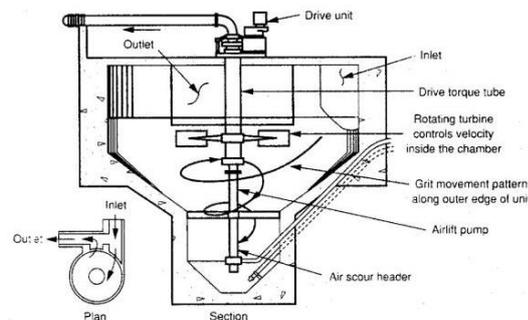
Gambar 7. Sistem *Grit Chamber Horizontal*

- b. *Aerated Grit Chamber* : Penggunaan tipe ini bertujuan ntuk mempercepat pengendapan partikel berat, aerasi digunakan untuk menciptakan kondisi turbulen yang mendorong pengendapan yang lebih cepat.



Gambar 8. Sistem Aerated Grit Chamber

- c. Grit Chamber Vortex : Sebuah pusaran terbentuk di tangki ini, yang terdiri dari tabung silinder tempat aliran tangensial masuk sehingga gaya sentrifugal dan gravitasi yang terbentuk menyebabkan pasir terpisah.



Gambar 9. Sistem Grit Chamber Vortex

## KESIMPULAN

Pendekatan arsitektur hijau dapat menjadi solusi efektif terhadap permasalahan sanitasi perkotaan. Inovasi ini memadukan desain ramah lingkungan dengan teknologi pengolahan air limbah terintegrasi, seperti *Constructed Wetland* (lahan basah buatan), Biofilter, dan *Grit Chamber*. Selain mengurangi pencemaran lingkungan dan meningkatkan kualitas air limbah, sistem ini juga membantu dalam penggunaan air bersih yang efisien, upaya pemulihan sumber daya, dan dampak kesehatan masyarakat.

Dengan menggabungkan sistem pengolahan air limbah berkelanjutan ke daerah perkotaan, efisiensi siklus air dan manfaat lingkungan dapat dicapai melalui penggunaan arsitektur hijau, yang juga meningkatkan sanitasi secara keseluruhan. Penerapan teknologi ini juga diharapkan dapat membantu memecahkan tantangan air minum dan sanitasi di kota-kota besar, sehingga berkontribusi pada penciptaan kota-kota yang lebih sehat dan lebih berkelanjutan.

---

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Lasaiba, P. Ansiska, and E. G. Tetelepta, “Analisis Spasial Daya Dukung Lahan Dan Pertumbuhan Permukiman Di Kecamatan Sirimau,” *J. Tanah dan Sumberd. Lahan*, vol. 11, no. 2, pp. 367–377, 2024, doi: 10.21776/ub.jtisl.2024.011.2.8.
- [2] M. S. Abfertiawan, “Studi Kondisi Eksisting Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Setempat di Kota Denpasar,” *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 17, no. 3, p. 443, 2019, doi: 10.14710/jil.17.3.443-451.
- [3] S. Nurkhotiah, Kamari, R. Furqorina, and M. I. Firdaus, “Pelestarian Sumber Daya Air Tanah Dengan Sumur Resapan Di Kampung Kost Gendingan, Jebres, Surakarta,” *J. Pendidik. dan Konseling*, vol. 5, no. 1, pp. 1238–1243, 2023.
- [4] Ramdan Yusuf and Restu Auliani, “Peran Perencanaan Kota Berkelanjutan dalam Mengatasi Krisis Air Perkotaan: Integrasi Infrastruktur Hijau, Teknologi Pemantauan, dan Kebijakan Publik,” *J. Multidisiplin West Sci.*, vol. 2, no. 09, pp. 770–779, 2023, doi: 10.58812/jmws.v2i09.628.
- [5] E. Ruwaidah, B. S. Fibrianti, P. S. Arsitektur, U. P. Mandalika, and J. P. N. A, “Perancangan Ruang Kreasi dan Baca Berbasis Arsitektur Hijau di Kota Mataram Design of a Green Architecture-Based Creative and Reading Space in Mataram City,” vol. 3, no. 2, pp. 422–437, 2022.
- [6] R. Rizki, “Pengaruh Efisiensi Energi dan Air pada Bangunan dalam Penerapan Eco-Green,” *Sinektika J. Arsit.*, vol. 19, no. 2, pp. 120–128, 2022, doi: 10.23917/sinektika.v19i2.17059.
- [7] B. Supriyatno, “Pengelolaan Air Limbah Yang Berwawasan Lingkungan Suatu Strategi dan Langkah Penanganannya,” *Tekno. Lingkung.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–26, 2000.
- [8] G. H. Ulum, S. Suherman, and S. Syafrudin, “Kinerja Pengelolaan Ipal Berbasis Masyarakat Program Usri Kelurahan Ngijo, Kecamatan Gunung Pati, Kota Semarang,” *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 13, no. 2, p. 65, 2015, doi: 10.14710/jil.13.2.65-71.
- [9] A. Rahmawati, E. Noerhayati, G. N. Sholikhin, and M. I. Sahroni, “Perencanaan Sistem Lahan Basah Buatan dalam Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Tanaman *Cyperus papyrus*,” *J. Envirotek*, vol. 14, no. 2, pp. 164–168, 2022, doi: 10.33005/envirotek.v14i2.231.
- [10] L. Indrayani and M. Triwiswara, “Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Industri Batik,” *J. Din. Kerajinan dan Batik*, vol. 35, no. 1, pp. 53–66, 2018.
- [11] E. N. Hidayah and W. Aditya, “Potensi dan Pengaruh Tanaman pada Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Sistem Constructed Wetland,” *J. Ilm. Tek. Lingkung.*, vol. 2, no. 2, pp. 11–18, 2017.

- [12] R. Ariyanti and E. Noerhayati, “Olah limbah komunal: studi analisis rencana penggunaan biofilter anaerob-aerob pada Desa Kutuwetan, Ponorogo,” *Spat. Plan. Manag. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2024.
- [13] D. F. Saragih, M. Hasbi, and Budijono, “The Using Of Biofilter and Aquatic Plants to Remediated Organic Pollutants in Liquid Waste Originated From Rubber Factory, as Fish Live Media,” *J. Online Mhs.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–11, 2014.
- [14] A. F. Ismail, Y. Dhokhikah, T. Salsabila, E. Pramudita, and A. S. Aniska, “PROTEKSI : JURNAL LINGKUNGAN BERKELANJUTAN Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Teknik Lingkungan Perencanaan Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Kelapa Sawit Planning of Palm Oil Wastewater Treatment Plants,” pp. 1–12, 2014.
- [15] Muhammad Gulam Nugraha, “INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA Serpong,” vol. 15314, no. 021, pp. 136–139, 2018.