

# TEKNOLOGI LINGKUNGAN TEPAT GUNA UNTUK MENUNJANG KAMPUS BERKELANJUTAN: STUDI KASUS KAMPUS UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

**Eko Siswoyo**

*Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,  
Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia*

*email: eko\_siswoyo@uui.ac.id*

## ABSTRAK

Salah satu permasalahan terbesar yang dihadapi kampus-kampus di Indonesia adalah masih terbatasnya keberadaan teknologi yang cocok untuk mengatasi berbagai permasalahan lingkungan kampus. Mahalnya biaya pengadaan dan operasional menjadi salah satu penyebab utama masih belum dilakukannya pengelolaan lingkungan kampus dengan baik. Pemilihan teknologi lingkungan tepat guna menjadi isu penting yang harus diperhatikan untuk mendukung kampus berkelanjutan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengkaji penerapan teknologi lingkungan tepat guna bagi pengelolaan lingkungan kampus. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengumpulan data primer dengan pengujian di laboratorium dan data sekunder berdasarkan referensi-referensi yang relevan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keberadaan teknologi lingkungan tepat guna mampu mendukung keberlanjutan kampus di Indonesia, khususnya dalam hal air minum, air limbah, limbah padat dan bahan berbahaya dan beracun (B3) serta kualitas udara di lingkungan kampus. Pengolahan air minum dengan menggunakan teknologi membran mampu menghasilkan produk air olahan misalnya konsentrasi Fe sebesar 0,02 mg/l dan konsentrasi Mn sebesar 0,01 mg/l. Pengelolaan B3 dilakukan melalui kerjasama dengan pihak ketiga, dimana kampus hanya menyediakan tempat penampungan sementara.

*Kata kunci: air minum, limbah, berkelanjutan, teknologi lingkungan tepat guna.*

## ABSTRACT

*One of the biggest problems faced by campuses in Indonesia is the limited availability of suitable technology to overcome various campus environmental problems. High procurement and operational costs are one of the main reasons why campus environmental management is still not implemented properly. Selecting appropriate environmental technology is an important issue that must be considered to support a sustainable campus. The aim of this research is to examine the application of appropriate environmental technology for campus environmental management. The method used in this research is collecting primary data by testing in the laboratory and secondary data based on relevant references. The results of this research show that the existence of appropriate environmental technology is able to support campus sustainability in Indonesia, especially in terms of drinking water, wastewater, solid waste and dangerous toxic materials as well as air quality in the campus environment. Drinking water processing using membrane technology is capable of producing processed water products, for example an Fe concentration of 0.02 mg/l and a Mn concentration of 0.01 mg/l. B3 management is carried out in collaboration with third parties, where the campus only provides temporary shelter.*

*Keywords: environmental appropriate technology, drinking water, waste, sustainability.*

## PENDAHULUAN

Pada era modern ini, kesadaran akan perlindungan lingkungan semakin mendalam. Isu-isu seperti perubahan iklim, penurunan kualitas udara dan air, serta keberlanjutan sumber daya alam menjadi sorotan utama di seluruh dunia. Di tengah kesadaran ini, institusi pendidikan, terutama perguruan tinggi, memiliki peran penting dalam menjaga dan mempromosikan lingkungan yang berkelanjutan. Kampus-kampus tidak hanya menjadi tempat untuk mendapatkan pengetahuan, tetapi juga sebagai wadah untuk menerapkan teknologi lingkungan yang tepat guna serta menjadi pelopor terhadap berbagai perubahan positif (Miller et al., 2018). Kajian terkait teknologi lingkungan yang tepat guna dapat menjadi fondasi yang kuat dalam mendukung kampus yang berwawasan lingkungan. Kampus-kampus yang berkomitmen untuk menjadi pusat pembelajaran dan penelitian yang ramah lingkungan memiliki dampak positif yang besar pada mahasiswa, komunitas sekitar, dan planet ini secara keseluruhan (Fanea and Baber, 2022).

Teknologi lingkungan mencakup berbagai inovasi dan solusi yang dirancang untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan mendukung keberlanjutan (Shrivastava, 1994). Dari penggunaan sumber energi terbarukan hingga sistem pengelolaan limbah yang efisien, teknologi-teknologi ini dapat membantu kampus-kampus untuk menjadi teladan dalam praktik-praktik ramah lingkungan (Du et al., 2021).

Selain itu, artikel ini juga akan mengulas manfaat teknologi lingkungan dalam konteks pendidikan dan penelitian. Kampus yang berinvestasi dalam teknologi lingkungan memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk memahami dan berkontribusi pada isu-isu lingkungan yang mendesak (Zhang et al., 2021). Mereka dapat terlibat dalam proyek-proyek inovatif, penelitian berkelanjutan, dan mengembangkan keterampilan yang relevan untuk masa depan yang lebih hijau. Beberapa hal penting dalam pengelolaan kampus yaitu bagaimana kampus mampu menyediakan air minum yang berkualitas, mengolah air limbahnya dan mengelola sampah serta limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) sehingga aman bagi lingkungan.

Dengan demikian, artikel ini bertujuan untuk mengilhami dan memberikan wawasan tentang bagaimana teknologi lingkungan yang tepat guna dapat mengubah kampus-kampus menjadi pusat-pusat pembelajaran yang berwawasan lingkungan. Dengan menerapkan solusi-solusi inovatif ini, kampus-kampus dapat berperan aktif dalam menjaga keberlanjutan planet kita dan melahirkan generasi yang peduli terhadap lingkungan (Fernando and Wah, 2017).

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data primer dari hasil penelitian dan perhitungan serta data sekunder dari hasil penelusuran pada jurnal-jurnal ilmiah terkini. Penelitian dilakukan selama sekitar enam bulan mulai dari bulan Februari hingga Agustus 2023 dengan obyek penelitian utamanya di kampus Universitas Islam Indonesia (UII). Dalam penelitian ini dilakukan kajian terhadap beberapa bidang yang meliputi:

a. Bidang air minum

Kajian bidang air minum difokuskan pada sistem pengolahan air minum yang dipergunakan di UII mulai dari perhitungan besarnya kebutuhan air hingga analisis terhadap kualitas hasil olahan air minum yang dibandingkan dengan standar yang berlaku di Indonesia yaitu Peraturan Menteri Kesehatan RI (Permenkes) No 2 Tahun 2023.

b. Bidang air limbah

Kajian terhadap sistem pengolahan air limbah di UII dilakukan dengan melakukan analisis terhadap sistem eksisting yang sudah ada dan juga gagasan sistem pengolahan air limbah cocok untuk diterapkan di kampus dengan mengacu pada kampus-kampus lain yang sudah menggunakan sistem yang sama.

c. Bidang limbah padat dan Bahan berbahaya dan Bearcun (B3)

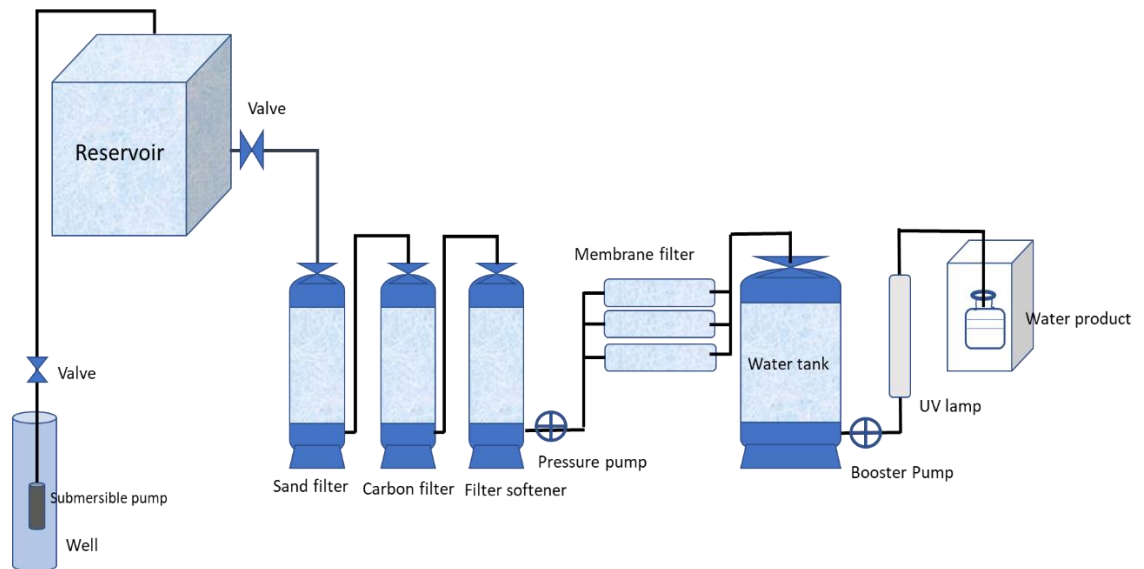
Kajian pada bidang limbah padat dan B3 dilakukan dengan mengkaji sistem eksisting yang sudah ada dan membandingkan dengan beberapa kampus lain yang ada di Indonesia.

Analisis dilakukan secara umum dengan menggunakan pendekatan-pendekatan yang biasa dipergunakan dalam bidang Teknik Lingkungan baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **a. Teknologi Pengolahan air minum**

Air merupakan kebutuhan mendasar bagi kehidupan di muka bumi ini, dimana untuk mendapatkannya saat ini diperlukan upaya yang tidak mudah. Hal ini karena keterbatasan dari sumber-sumber air baku yang dapat dijadikan air minum. Beberapa sumber air baku yang biasa digunakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih kampus yaitu air tanah berupa sumur dalam serta air dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) setempat. Rangkaian teknologi pengolahan air bersih yang dapat digunakan adalah sebagaimana terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Pengolahan Air Minum dengan Teknologi Membran

Hasil pengolahan air minum dengan teknologi membrane yang ada di kampus UII dapat dilihat pada Tabel 1. Terlihat bahwa kualitas air minum hasil olahan dengan teknologi membrane di UII sudah memenuhi persyaratan sesuai PERMENKES No 2 Tahun 2023.

Kebutuhan air minum di kampus cukup tinggi dengan pendekatan perhitungan sebagai berikut: Jika jumlah dosen dan pegawai 1500 orang dan jumlah mahasiswa di kampus 25.000 jiwa, maka kebutuhan air minum (l/hari). Besarnya kebutuhan air minum per hari berfluktuasi tergantung dari beberapa faktor yaitu sebesar sekitar 2 l/hari (Barraj et al., 2009).

= Jumlah dosen, pegawai dan mahasiswa x standar kebutuhan air minum (2 l/hari)

= 26.500 jiwa x 2 liter/jiwa/hari

= 53.000 liter/hari

Jika dianggap bahwa penghuni kampus adalah 8 jam dan kebutuhan air minum sebesar 50% dari total kebutuhan, maka besarnya kebutuhan air minum kampus tersebut adalah sebesar 26.500 liter.

Tabel 1. Hasil uji air minum olahan UII dengan teknologi membrane

No	Parameter	Satuan	Hasil uji	Baku Mutu	Metode Uji	Status
A. Parameter Fisik						
1	Suhu	°C	27,7 ± 1,26	Suhu udara ± 3	SNI 3554:2015	Memenuhi
2	Kekeruhan	NTU	< 1,70	3	SNI 3554:2015	Memenuhi
3	Warna	Pt-Co	< 3,93	-	SNI 3554:2015	Memenuhi
4	Residu terlarut (TDS)	mg/l	160 ± 1,73	300	SNI 3554:2015	Memenuhi
5	Bau		Tidak berbau	Tidak berbau	SNI 3554:2015	Memenuhi
B. Parameter Kimiawi						
6	pH		6,63 ± 0,27	6,5 - 8,5	SNI 3554:2015	Memenuhi
7	Besi (Fe)	mg/l	0,02 ± 0,0001	0,2	APHA 3125 B-2017	Memenuhi
8	Mangan (Mn)	mg/l	0,01 ± 0,00005	0,1	APHA 3125 B-2017	Memenuhi
9	Khlorida	mg/l	14,3 ± 0,61		SNI 3554:2015	Memenuhi
10	Nitrit	mg/l	< 0,01	3	SNI 3554:2015	Memenuhi
11	Nitrat	mg/l	< 0,70	20	SNI 3554:2015	Memenuhi
12	Kromium (Valensi 6)	mg/l	< 0,01	0,01	SNI 3554:2015	Memenuhi
13	Fluorida	mg/l	0,08 ± 0,0004	1,5	SNI 6989.53-2010	Memenuhi
14	Arsen (As)	mg/l	0,002 ± 0,00001	0,01	APHA 4500-F: 2017	Memenuhi
15	Kadmium (Cd)	mg/l	0,0001 ± 0,00001	0,003	APHA 3125 B-2017	Memenuhi
16	Timbal (Pb)	mg/l	0,0005 ± 0,00002	0,01	APHA 3125 B-2017	Memenuhi
17	Aluminium (Al)	mg/l	0,02 ± 0,002	0,2	APHA 3125 B-2017	Memenuhi
18	Sisa klor	mg/l	< 0,04	0,2 - 0,5	SNI 3554:2015	Memenuhi
C. Parameter Biologi						
19	Total Coliform	MPN/100 ml	0	-	SM Ed. 23, 9221, 2017	Memenuhi
20	E.coli	MPN/100 ml	0	-	SM Ed. 23, 9221, 2017	Memenuhi

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk konservasi terhadap air hujan yaitu dengan menerapkan konsep *Rainwater Harvesting* (RWH) atau pemanenan air hujan. Sistem ini memiliki beberapa keuntungan antara lain mampu menyediakan ketersediaan air bersih khususnya di musim penghujan, mengurangi besarnya debit limpasan permukaan dan tentunya menghemat biaya dari konsumsi air bersih. Sistem RWH sangat diperlukan khususnya bagi daerah-daerah yang kering (Saeedi and Goodarzi, 2020). Unit RWH yang ada di kampus UII sebagaimana terlihat pada Gambar 2.

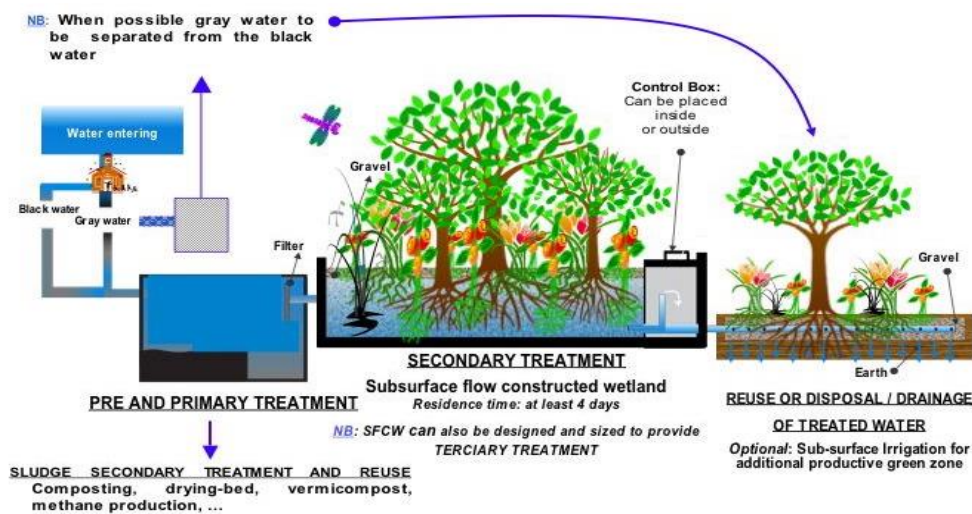


Gambar 2. Penerapan RWH di kampus Universitas Islam Indonesia (UII)

Sumber: Dokumen pribadi

## b. Teknologi pengolahan air limbah

Kebanyakan kampus yang ada di Indonesia belum memiliki sistem pengolahan air limbah yang optimum, dimana sebagian besar hanya menggunakan *septic tank* sebagaimana yang diterapkan di rumah-rumah penduduk. Hal ini karena sistem pengolahan air limbah masih dianggap sulit dan mahal baik pengerjaannya maupun biaya operasionalnya. Salah satu sistem pengolahan air limbah yang dapat diterapkan untuk kampus yaitu *Anaerobic Baffle Reactor* (ABR) yang dikombinasikan dengan *Constructed Wetland* atau *Wastewater Garden* (WWG) dengan menggunakan tanaman tertentu. Berikut adalah sistem pengolahan dengan menggunakan ABR dan WWG sebagaimana terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Teknologi Pengolahan Air Limbah Kampus dengan *Constructed Wetland*

Sumber: Wikipedia ([https://en.wikipedia.org/wiki/Constructed\\_wetland](https://en.wikipedia.org/wiki/Constructed_wetland))

Sistem *constructed wetland* dengan menggunakan tumbuhan Eceng gondok mampu menurunkan beberapa jenis kontaminan dalam limbah seperti *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* COD dan *Total Suspended Solid* (TSS) hingga mencapai lebih dari 90% (Siswoyo et al., 2020). Sistem *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) yang dikombinasikan dengan *constructed wetland* ini juga terbukti dapat bekerja dengan sangat baik bagi kampus College of Engineering Campus, Pune, India (Masi et al., 2022).

## c. Teknologi pengolahan limbah padat dan bahan beracun dan berbahaya (B3)

Sistem pengolahan limbah padat dan B3 yang ada di kebanyakan kampus di Indonesia yaitu secara terpisah antara sampah domestik dan sampah non domestik khususnya yang termasuk dalam kategori B3. Untuk mengolah sampah domestik khususnya yang termasuk pada kategori sampah organik (mudah membusuk) dilakukan dengan cara pengomposan, sedangkan sampah

kering dilakukan daur ulang, misalnya sampah botol plastik, gelas plastik, kertas, dan sejenisnya. Sedang untuk mengelola limbah B3 kampus melakukan kerja sama dengan pihak ketiga, dimana hal ini karena sebagian besar kampus masih belum memiliki ijin pengelolaan limbah B3. Kegiatan pengelolaan sampah domestik di Universitas Islam Indonesia dilakukan dengan cara komposting. Besarnya timbulan sampah sangat dipengaruhi oleh jumlah penghuninya misalnya besarnya timbulan sampah di kampus Bhayangkara Jakarta Raya mencapai 138,3 kg/hari dengan komposisi sampah terbesar yaitu plastik sebesar 41,14% dan kertas sebesar 28,49% (Meilani et al., 2021). Hal ini senada dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti lain dimana sampah kampus terbesar yaitu plastik dan kertas (Dewilda dan Julianto, 2019). Pengelolaan sampah dapat dilakukan dengan baik apabila tersedia data karakteristik dan besarnya timbulan sampah di kampus (Zhang et al., 2020). Besarnya timbulan limbah B3 untuk kampus sangat bervariasi, dimana hal ini dipengaruhi oleh keberadaan ragam program studi yang ada dan jumlah mahasiswa yang sangat berpengaruh terhadap aktivitas yang berpotensi menghasilkan limbah B3, misalnya kegiatan praktikum dan penelitian di laboratorium yang menggunakan bahan kimia. Besarnya timbulan limbah cair B3 di Kampus Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) Surabaya mencapai 11.000 ml/hari, dimana bahan kimia kadaluwarsa menjadi penyumbang terbesarnya (Wilujeng et al., 2021). Pengelolaan limbah B3 secara berkelanjutan sangat penting untuk mencegah dampak negatif baik bagi manusia maupun bagi lingkungan (Nursabrina et al., 2021).

## **KESIMPULAN**

Penerapan teknologi lingkungan tepat guna sangat diperlukan dalam pengelolaan lingkungan kampus untuk mencapai kondisi yang berkelanjutan. Penggunaan teknologi pengolahan air minum berupa membran mampu menghasilkan produk air olahan yang aman untuk dikonsumsi. Untuk mengolah air limbah kampus dapat menggunakan sistem *constructed wetland*, sedangkan pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dilakukan melalui Kerjasama dengan pihak pengelola limbah B3. Pengelolaan kampus dengan pendekatan konsep berkelanjutan memberikan dampak cukup signifikan terhadap perkembangan keilmuan dan pembelajaran serta menjadi agen perubahan terkait perilaku dengan konsep berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barraj, L., Scrafford, C., Lantz, J., Daniels, C., and Mihlan, G., 2009. Within-Day Drinking Water Consumption Patterns: Results from A Drinking Water Consumption Survey. *J Expo Sci Environ Epidemiol* **19**, 382–395.
- Dewilda, Y., dan Julianto, J., 2019. Kajian Timbulan, Komposisi, dan Potensi Daur Ulang Sampah Sebagai Dasar Perencanaan Pengelolaan Sampah Kawasan Kampus Universitas Putra Indonesia (UPI). Seminar Nasional Pembangunan Wilayah dan Kota Berkelanjutan, 1 (1): 142 – 151. <https://doi.org/10.25105/pwkb.v1i1.5270>.
- Du, K., Cheng, Y. and Yao, X., 2021. Environmental Regulation, Green Technology Innovation, and Industrial Structure Upgrading: The Road to The Green Transformation of Chinese Cities. *Energy Economics*, 98, p.105247.
- Fanea-Ivanovici, M. and Baber, H., 2022. Sustainability at Universities as a Determinant of Entrepreneurship for Sustainability. *Sustainability*, 14(1), p.454.
- Fernando, Y. and Wah, W.X., 2017. The Impact of Eco-Innovation Drivers on Environmental Performance: Empirical Results from The Green Technology Sector In Malaysia. *Sustainable Production and Consumption*, 12: 27-43.
- Masi, F., Bresciani, R., Rizzo, A., and Panse, D., 2022. Chapter 6 - College of Engineering Pune Hostel Campus: An Indian Experience of Sustainable Wastewater Treatment And Reuse. *Circular Economy and Sustainability*, Vol. 2: 79-95.
- Meilani, S. S., Masrida, R., Hasaya, H., dan Navanti, D., 2021. Potensi Daur Ulang Sampah dari Kampus Universitas Bhayangkara Jakarta Raya. *RADIAL*. Vol. 9 (1): 75-80.
- Miller, K., McAdam, R. and McAdam, M., 2018. A Systematic Literature Review of University Technology Transfer from A Quadruple Helix Perspective: Toward A Research Agenda. *R&d Management*, 48(1): 7-24.
- Nursabrina, A., Joko, T dan Septiani, O., 2021. Kondisi Pengelolaan Limbah B3 Industri di Indonesia dan Potensi Dampaknya: Studi Literatur. *Jurnal Riset Kesehatan*. Vol. 13 (1): 80-90.
- Saeedi, I., and Goodarzi, M., 2020. Rainwater Harvesting System: A Sustainable Method for Landscape Development in Semiarid Regions, The Case of Malayer University Campus in Iran. *Environ Dev Sustain* 22: 1579–1598.
- Shrivastava, P., 1995. Environmental Technologies and Competitive Advantage. *Strategic management journal*, 16(S1): 183-200.



- Siswoyo, E., Kumalasari, N., Faisal., dan Kasam, 2020. Constructed Wetlands dengan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Sebagai Alternatif Pengolahan Air Limbah Industri Tapioka. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 12 (1): 59-67.
- Wilujeng, S. A., Warmadewanthi, IDAA., Bagastyo, A., dan Raharjo, M. S. P., 2021. Kajian Sistem Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) Kegiatan Pendidikan di Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). *Purifikasi* Vol. 20 (2): 43-57.
- Zhang, D., Hao, M., Chen, S., and Morse, S., 2020. Solid Waste Characterization and Recycling Potential for a University Campus in China. *Sustainability*. 12(8):3086. <https://doi.org/10.3390/su12083086>
- Zhang, J., Ouyang, Y., Ballesteros-Pérez, P., Li, H., Philbin, S.P., Li, Z. and Skitmore, M., 2021. Understanding the impact of environmental regulations on green technology innovation efficiency in the construction industry. *Sustainable Cities and Society*, 65, p.102647.