

PERILAKU KONSUMSI AIR UNTUK KONSERVASI PADA RUMAH TINGGAL BERKONSEP RAMAH LINGKUNGAN

Maranatha Wijayaningtyas

Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
ITN Malang
e-mail: maranatha@lecturer.itn.ac.id

Ellysa Nursanti

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri,
ITN Malang
e-mail: ellysa@lecturer.itn.ac.id

Maria Istiqoma

Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
ITN Malang
e-mail: maria_istiqoma@lecturer.itn.ac.id

ABSTRAK

Krisis lingkungan dan energi adalah masalah global yang saling terkait, mempengaruhi banyak aspek kehidupan, dan diperburuk oleh pertumbuhan populasi yang pesat. Untuk mengatasi tantangan ini, pengoptimalan penggunaan energi dan sumber daya air menjadi prioritas penting dalam pembangunan berkelanjutan. Konsep green building, termasuk sistem penilaian Greenship di Indonesia, muncul sebagai solusi efektif untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan melalui efisiensi energi, konservasi air, dan penggunaan material berkelanjutan. Fokus utama green building pada pengelolaan air menjadi krusial mengingat meningkatnya kebutuhan air bersih. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi perilaku penghuni terhadap konsumsi air dan meningkatkan efisiensi penggunaan air di rumah tinggal. Studi ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan survei terhadap 77 responden di kawasan perumahan Malang dan Surabaya. Hasil menunjukkan bahwa mayoritas responden menggunakan air PDAM karena kualitas yang lebih baik dibandingkan air sumur yang sering tercemar. Partisipasi masyarakat dalam konservasi air tinggi, dengan 77% responden mendukung teknologi hemat air seperti aerator dan pengumpulan air hujan. Meskipun terdapat kekhawatiran terhadap biaya perawatan, responden menyadari manfaat jangka panjang dalam menjaga kelestarian sumber daya air dan kualitas hidup. Penelitian ini menegaskan pentingnya pemahaman perilaku penghuni dalam perancangan intervensi konservasi air yang berkelanjutan.

Kata kunci: *Perilaku penghuni, konservasi air, rumah ramah lingkungan*

ABSTRACT

Environmental and energy crises are interconnected with global issues, affecting many aspects of life, and exacerbated by rapid population growth. To address these challenges, optimizing the use of energy and water resources is an important priority in sustainable development. The concept of green buildings, including the Greenship rating system in Indonesia, has emerged as an effective solution to reduce negative impacts on the environment through energy efficiency, water conservation, and the use of sustainable materials. The focus of green buildings on water management is crucial considering the increasing need for clean water. This study aims to identify occupant behavior towards water consumption and improve water use efficiency in residential homes. This study uses a qualitative descriptive method with a survey of 77 respondents in residential areas of Malang and Surabaya. The results show that many respondents use PDAM water because the quality is better than well water which is often polluted. Community participation in water conservation is high, with 77% of respondents supporting water-saving technologies such as aerators and rainwater harvesting. Although there are concerns about maintenance costs, respondents recognize the long-term benefits in maintaining water resource sustainability and quality of life. This study emphasizes the importance of understanding occupant behavior in designing sustainable water conservation interventions.

Keywords: *Resident behavior, water conservation, environmentally friendly house*

1. PENDAHULUAN

Krisis lingkungan dan energi merupakan dua isu global yang sangat penting dan mendesak yang dihadapi umat manusia saat ini (Wijayaningtyas et al., 2020). Keduanya saling terkait dan mempengaruhi berbagai aspek kehidupan di seluruh dunia. Dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk, permintaan akan sumber daya alam, termasuk energi, semakin meningkat secara signifikan (Hafez et al., 2023)(Diniari et al., 2021). Mengoptimalkan penggunaan energi secara efektif adalah langkah penting untuk menghadapi tantangan krisis energi dan lingkungan, serta untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan penggunaan sumber daya energi (Alharasees et al., 2024).

Krisis lingkungan dan energi memiliki hubungan yang erat dengan konsep pembangunan berkelanjutan. Beberapa tahun terakhir, istilah pembangunan berkelanjutan menjadi salah satu topik hangat di dunia (Davydova, 2022). Pembangunan berkelanjutan didefinisikan sebagai pembangunan yang memenuhi kebutuhan masa kini tanpa mengompromikan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri. Ada tiga aspek yang perlu dipertimbangkan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan: pertumbuhan ekonomi, keterlibatan sosial, dan proteksi lingkungan (Komnitsas, 2011). Penerapan konsep *green building* atau bangunan ramah lingkungan merupakan salah satu implementasi nyata dari prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan dalam sektor konstruksi dan bangunan serta salah satu solusi yang efektif untuk mengatasi krisis lingkungan dan energi (Berawi et al., 2019).

Green building dirancang dengan tujuan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, baik melalui efisiensi energi, penggunaan material berkelanjutan, hingga pengelolaan sumber daya air. Selain itu mengurangi dampak negative terhadap lingkungan, *green building* juga berfokus pada peningkatan kualitas hidup dan kesejahteraan manusia (Nguyen & Gray, 2016). Dengan mengintegrasikan prinsip efisiensi energi, penggunaan material berkelanjutan, dan pengelolaan sumber daya air yang baik, green building berperan penting dalam menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan lebih ramah lingkungan, serta berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim dan pelestarian sumber daya alam (Diniari et al., 2021)(Wijayaningtyas et al., 2019). Pada saat ini di Indonesia memiliki *Greenship* yang dipakai untuk membantu mengimplementasikan konsep green building di Indonesia. Greenship merupakan sistem penilaian yang dikembangkan oleh **Green Building Council Indonesia (GBCI)** untuk mengukur seberapa jauh sebuah bangunan memenuhi standar green building (Diniari et al., 2021; Wimala et al., 2016). Kriteria Greenship untuk rumah ramah lingkungan di Indonesia terdiri dari 6 kriteria yaitu Tata Guna Lahan, Efisiensi dan Konservasi Energi, Konservasi Air, Sumber dan Daur Hidup Material, Kesehatan. dan Kenyamanan Indoor, dan Manajemen Lingkungan Bangunan. Beberapa kriteria tersebut guna memastikan bahwa setiap rumah yang bersertifikat tidak hanya mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, tetapi juga meningkatkan kualitas hidup penghuninya (Agusintadewi et al., 2021).

Aspek air dalam green building sangat berpengaruh dikarenakan penggunaan air bersih cukup tinggi dengan jumlah penduduk Indonesia yang meningkat tiap tahunnya. Pasokan dan pengelolaan air memang menjadi isu utama akibat berbagai faktor seperti perubahan iklim, menipisnya sumber daya alam, dan pesatnya urbanisasi (Alvi et al., 2018). Kondisi ini menciptakan tantangan serius bagi banyak negara, termasuk Indonesia. Dibutuhkan regulasi air guna memastikan ketersediaan dan kualitas air yang cukup untuk memenuhi kebutuhan di masa depan (Butler et al., 2017). Persediaan air bersih sangat penting untuk aktivitas manusia sehingga beberapa negara sudah mengembangkan konsep green building untuk menjaga ketersediaan air yang akan datang tanpa mempengaruhi kualitas air. Menciptakan efisiensi baru dalam penyediaan dan penggunaan air adalah langkah penting untuk memastikan keberlanjutan sumber daya air di tengah tekanan global (Ramsey et al., 2020). Berdasarkan penelitian tentang persepsi penghuni generasi milenial pada efisiensi energi berdasarkan kriteria Greenship (Wijayaningtyas et al., 2020), bahwa persepsi yang paling tinggi adalah konservasi air. Sub kriteria konservasi air antara lain meteran air, alat keluaran hemat air, penggunaan air hujan, irigasi hemat air dan pengelolaan air limbah.

Konservasi air pada hunian dipengaruhi oleh kesadaran dan perilaku penghuni pada penggunaan air (R. Wang et al., 2024). Dengan meningkatkan kesadaran melalui edukasi dan program komunitas, serta mempromosikan perilaku yang hemat air, penghuni dapat berkontribusi secara signifikan dalam menjaga keberlanjutan sumber daya air dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Pada penelitian di beberapa negara, ada yang sudah menggunakan sistem meteran air cerdas serta mengukur penggunaan air berdasarkan ABM (Agent based Model) (Darbandsari et al., 2020; Lin et al., 2020). Pesatnya perkembangan teknologi memungkinkan pengukuran penggunaan konsumsi air pada rumah tinggal dengan sistem kombinasi yaitu ABM dan computer vision. ABM membantu menganalisis konflik di kalangan pengguna air terkait penggunaan air (Okura et al., 2022; Vidal-Lamolla et al., 2024). Sedangkan aplikasi computer vision yaitu dengan penggunaan kamera untuk memonitor subyek pengguna air dan sensor untuk mengukur jumlah air yang dipakai pada setiap agen yang diteliti di rumah tinggal. Menggabungkan ABM dan Computer Vision dapat memberikan pendekatan yang komprehensif untuk mengukur dan mengelola penggunaan air di rumah tinggal.

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi perilaku penghuni terhadap konsumsi air dan meningkatkan efisiensi pada rumah tinggal sehingga secara dinamis merefleksikan perilaku nyata, memberikan dasar yang kuat untuk upaya konservasi air dan perbaikan efisiensi di lingkungan hunian. Sedangkan urgensi penelitian ini terletak pada pentingnya memahami perilaku penghuni terhadap konsumsi air dan upaya meningkatkan efisiensi penggunaan air di rumah tinggal. Identifikasi perilaku ini menjadi kunci dalam merancang intervensi yang lebih efektif untuk konservasi air yang berkelanjutan di masa depan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Perilaku penghuni sangat berpengaruh terhadap konservasi energi, terutama dalam konteks bangunan atau rumah tangga. Penghuni dapat memengaruhi konsumsi energi melalui cara mereka menggunakan listrik, pemanasan, pendinginan, dan peralatan lainnya. Konservasi Energi dapat dilakukan dengan mengurangi konsumsi energi di kota sehingga tercapai pembangunan perkotaan yang berkelanjutan (Y. Wang et al., 2024). Konservasi energi bertujuan untuk menggunakan energi yang ada dengan lebih efisien dan mengurangi pemborosan, bukan mengurangi produksi energi secara keseluruhan. Dengan melakukan ini, kita dapat memenuhi kebutuhan energi saat ini dan di masa depan dengan cara yang lebih berkelanjutan dan bertanggung jawab terhadap lingkungan. Atau dengan kata lain efisiensi energi mengacu pada konsumsi energi yang rendah dan secara bersamaan menghasilkan nilai total konsumsi yang sama atau lebih baik (Hwang & Yoo, 2014). Beberapa pandangan menyatakan bahwa efisiensi energi dan konservasi energi adalah konsep yang terkait erat, tetapi memiliki makna yang berbeda. Efisiensi Energi mengacu pada penggunaan energi dengan cara yang lebih efektif dan mengurangi pemborosan tanpa mengurangi tingkat pelayanan yang diberikan. Sedangkan konservasi energi mengacu pada pengurangan total konsumsi energi dengan mengubah perilaku dan kebiasaan atau garis besarnya mengacu pada konsumsi energi yang rendah, tetapi energi yang dihasilkan juga rendah (Steinemann et al., 2017). Ada hubungan yang erat antara istilah-istilah di atas di mana fokusnya terkait dengan "konsumsi energi menuju penggunaan yang efisien." Ada delapan konsep utama dalam membangun gedung hemat energi yaitu: Wind Break; Tumbuhan dan Air; Kamar Indoor / Outdoor;

Pelindung Bumi; Tembok Surya dan Windows; Bahan Amplop Termal; Sun Shading; dan Ventilasi Alami.

Pengurangan konsumsi energi dalam bangunan tergantung pada kesadaran pengguna akan konsumsi energi mereka. Beberapa penelitian telah mengeksplorasi perilaku penghuni berperan penting dalam menentukan seberapa efisien suatu bangunan menggunakan energi. Perubahan kecil dalam kebiasaan sehari-hari dapat menghasilkan penghematan energi yang signifikan dan mengurangi biaya serta dampak lingkungan. Misalnya bagaimana pola perilaku yang berbeda mempengaruhi kualitas iklim dalam ruangan dan konsumsi energi (Fabi et al., 2017; Soares et al., 2015). Dalam studi pertama, perilaku penghuni (yaitu perilaku membuka dan menutup jendela penghuni) terkait dengan sistem kontrol bangunan; dalam studi kedua pendekatan probabilistic diusulkan dan diterapkan untuk mensimulasikan perilaku penghuni yang realistis.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di beberapa kawasan perumahan di Malang dan Surabaya, Jawa Timur, Indonesia. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan analisis kualitatif. Analisis kualitatif ditujukan untuk mengidentifikasi upaya yang memungkinkan untuk penerapan efisiensi penggunaan air bersih di kawasan perumahan di Malang dan Surabaya, Jawa Timur.

Responden penelitian adalah warga kawasan perumahan di Malang dan Surabaya, Jawa Timur. ahan yang digunakan dalam penyusunan variabel penelitian ini adalah pertanyaan yang harus diisi atau dijawab oleh seluruh responden. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur fenomena atau variabel penelitian adalah kuesioner. Data yang diperoleh sudah dianalisis secara kualitatif yaitu analisis yang dilakukan dengan memahami dan merangkai data yang telah dikumpulkan dan disusun secara sistematis kemudian ditarik kesimpulan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil survei menunjukkan bahwa mayoritas dari 77 responden adalah laki-laki (70%) yang berdomisili di Surabaya dan Malang, berusia antara 26 - 65 tahun, dan bekerja di sektor swasta. Tingkat pendidikan mayoritas adalah Magister (43%) dan pendapatan bulanan rata-rata lebih dari Rp. 8.000.000,00. Untuk hubungannya dengan

konsumsi air sebanyak 68% memilih menggunakan PDAM dengan besar konsumsi/pemakaian (debit air) rata-rata (Per bulan) 20 – 30 m³ (40%) dan tagihan air rata-rata (Per bulan) Rp.100.000,00-200.000,00 (38%). Sisanya untuk kebutuhan air menggunakan air sumur (32%).

Dari hasil survey mayoritas responden di wilayah Surabaya dan Malang lebih memilih menggunakan PDAM dengan konsumsi air yang cukup besar, didorong oleh latar belakang pendidikan, pekerjaan, dan pendapatan yang cukup tinggi. Sementara itu, penggunaan air sumur masih menjadi pilihan bagi sebagian kecil responden. Di kota besar seperti Surabaya dan Malang, air sumur sering kali tidak dapat diandalkan karena kemungkinan besar tercemar oleh limbah industri, polusi, atau faktor lain akibat urbanisasi. Air PDAM yang telah diolah menawarkan jaminan kualitas yang lebih tinggi, sehingga lebih menarik bagi masyarakat yang peduli akan kesehatan dan kenyamanan.

Penggunaan air PDAM memiliki hubungan yang erat dengan perilaku konsumsi air dalam konteks efisiensi. Beberapa faktor yang memengaruhi hubungan ini antara lain biaya, kesadaran akan lingkungan, dan kebijakan penggunaan air. Di kota-kota besar seperti Surabaya dan Malang, di mana pertumbuhan penduduk tinggi dan permintaan air semakin meningkat, penggunaan air PDAM mendorong kesadaran akan kelangkaan air. Konsumen yang memahami isu ini akan lebih cenderung mengurangi konsumsi yang berlebihan dan mencari cara untuk menghemat air, baik melalui teknologi atau perilaku sehari-hari, hal ini terlihat dari survey yang dilakukan hanya sebanyak 6% responden tidak memiliki niat untuk berpartisipasi dalam program konservasi air dan energi yang diadakan oleh komunitas atau Pemerintah.

Kesediaan masyarakat berpartisipasi dalam melakukan efisiensi air bersih menunjukkan tingkat yang baik. 77% responden percaya menggunakan teknologi konservasi air di rumah green building berkontribusi pada penggunaan sumber daya air yang lebih berkelanjutan. Seperti penggunaan alat penghemat air (aerator, showerhead efisien), melakukan perbaikan jika menemukan kebocoran air di rumah, mematikan keran air saat menyikat gigi atau mencuci tangan, teknik pengumpulan air hujan untuk kebutuhan sehari-hari.

Banyak yang turut merasakan dampak bahwa teknologi konservasi air mampu menjaga kelestarian sumber daya air (74%) karena teknologi ini secara langsung mengurangi pemborosan, melindungi cadangan air tanah, dan memastikan penggunaan air yang

lebih efisien. Selain itu, teknologi ini membantu menjaga ekosistem air, mengurangi polusi, dan membangun ketahanan terhadap perubahan iklim, yang semuanya penting untuk keberlanjutan jangka panjang. Hal ini diperkuat oleh penelitian terdahulu dimana efisiensi energi semakin penting untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan (Wijayaningtyas et al., 2020).

Disisi lain, teknologi konservasi air membutuhkan biaya perawatan yang relative cukup tinggi. Sebanyak 58% responden merasa khawatir terhadap tingginya biaya perawatan perangkat hemat air, sisanya 11% merasa tidak khawatir dan 27% netral. Namun, jika perangkat dirawat dengan baik dan pemasangan dilakukan dengan benar, perawatan yang tepat justru dapat mengurangi biaya perbaikan jangka panjang. Secara keseluruhan terdapat 59% responden merasakan manfaat dari penggunaan teknologi hemat energi dan konservasi air, serta dampak positif terhadap lingkungan dan kualitas hidup sering kali jauh melebihi biaya tersebut, menjadikan perangkat hemat air sebagai pilihan yang berkelanjutan dan bermanfaat bagi Masyarakat.

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mayoritas responden di Surabaya cenderung memilih menggunakan air PDAM. Pilihan ini didorong oleh kualitas air PDAM yang lebih dapat diandalkan dibandingkan air sumur, yang sering tercemar akibat urbanisasi dan polusi industri. Penggunaan air PDAM berhubungan erat dengan perilaku konsumsi yang efisien, didorong oleh kesadaran akan kelangkaan air, biaya, dan kebijakan lingkungan. Kesadaran ini tercermin dari partisipasi responden dalam program konservasi air. Mayoritas responden meyakini bahwa teknologi konservasi air, seperti aerator, showerhead efisien, dan teknik pengumpulan air hujan, berkontribusi positif terhadap penggunaan air berkelanjutan. Mereka juga merasakan bahwa teknologi konservasi air secara signifikan membantu menjaga kelestarian sumber daya air, melindungi cadangan air tanah, mengurangi polusi, dan mendukung keberlanjutan jangka panjang. Meskipun ada kekhawatiran tinggi terhadap biaya perawatan perangkat hemat air, manfaat jangka panjang yang dirasakan, termasuk efisiensi energi dan dampak positif terhadap lingkungan, dinilai melebihi biaya tersebut. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam penggunaan teknologi konservasi air cukup tinggi, dengan dampak

positif terhadap efisiensi air, kualitas hidup, dan lingkungan, menjadikan perangkat hemat air sebagai solusi berkelanjutan yang semakin diminati di perkotaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusintadewi, N. K., Janiawati, N. L. E., & Widiastuti, W. (2021). Appropriate Site Development in the Application of the Green Building Concept: An Evaluation of the Planning of Gianyar Public Market. *Arsitektura*, 19(2), 195. <https://doi.org/10.20961/arst.v19i2.47689>
- Alharasees, O., Kale, U., Rohacs, J., Rohacs, D., Eva, M. E., & Boros, A. (2024). Green building energy: Patents analysis and analytical hierarchy process evaluation. *Heliyon*, 10(8), e29442. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29442>
- Almulhim, A. I., & Abubakar, I. R. (2024). A segmentation approach to understanding water consumption behavioral patterns among households in Saudi Arabia for a sustainable future. *Resources, Environment and Sustainability*, 15(August 2023), 100144. <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2023.100144>
- Alvi, M. S. Q., Mahmood, I., Javed, F., Malik, A. W., & Sarjoughian, H. (2018). Dynamic behavioural modeling, simulation and analysis of household water consumption in an urban area: A hybrid approach. *Proceedings - Winter Simulation Conference, 2018-Decem*(May 2019), 2411–2422. <https://doi.org/10.1109/WSC.2018.8632309>
- Bach, P. M., Rauch, W., Mikkelsen, P. S., McCarthy, D. T., & Deletic, A. (2014). A critical review of integrated urban water modelling - Urban drainage and beyond. *Environmental Modelling and Software*, 54, 88–107. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.12.018>
- Berawi, M. A., Miraj, P., Windrayani, R., & Berawi, A. R. B. (2019). Stakeholders' perspectives on green building rating: A case study in Indonesia. *Heliyon*, 5(3), e01328. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01328>
- Berglund, E. Z. (2015). Using Agent-Based Modeling for Water Resources Planning and Management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 141(11). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)wr.1943-5452.0000544](https://doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000544)
- Borshchev, A. (2014). Multi-method modelling: AnyLogic. In *Wiley Blackwell* 6 (Vol. 9781118349, Issue January). <https://doi.org/10.1002/9781118762745.ch12>

- Butler, D., Ward, S., Sweetapple, C., Astaraie-Imani, M., Diao, K., Farmani, R., & Fu, G. (2017). Reliable, resilient and sustainable water management: the Safe & SuRe approach. *Global Challenges*, 1(1), 63–77. <https://doi.org/10.1002/gch2.1010>
- Darbandsari, P., Kerachian, R., Malakpour-Estalaki, S., & Khorasani, H. (2020). An agent-based conflict resolution model for urban water resources management. *Sustainable Cities and Society*, 57(March), 102112. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102112>
- Davydova, T. (2022). Differentiation of views on green energy in the concept of sustainable development. *Transportation Research Procedia*, 63, 2972–2977. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.347>
- Diniari, A., Wijayaningtyas, M., & Hidayat, S. (2021). Analysis of Green Building Criteria Based on Greenship Homes V.1.0 (Case Study Malang City Residential). *International Journal of Scientific Engineering and Science*, 5(9), 14–17. <http://ijses.com/>
- Fabi, V., Spiglantini, G., & Corgnati, S. P. (2017). Insights on Smart Home Concept and Occupants' Interaction with Building Controls. *Energy Procedia*, 111(September 2016), 759–769. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.238>
- Galán, J. M., López-Paredes, A., & Del Olmo, R. (2009). An agent-based model for domestic water management in Valladolid metropolitan area. *Water Resources Research*, 45(5), 1–17. <https://doi.org/10.1029/2007WR006536>
- Hafez, F. S., Sa'di, B., Safa-Gamal, M., Taufiq-Yap, Y. H., Alrifaey, M., Seyedmahmoudian, M., Stojcevski, A., Horan, B., & Mekhilef, S. (2023). Energy Efficiency in Sustainable Buildings: A Systematic Review with Taxonomy, Challenges, Motivations, Methodological Aspects, Recommendations, and Pathways for Future Research. *Energy Strategy Reviews*, 45(October 2022), 101013. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.101013>
- Hwang, J. H., & Yoo, S. H. (2014). Energy consumption, CO2 emissions, and economic growth: Evidence from Indonesia. *Quality and Quantity*, 48(1), 63–73. <https://doi.org/10.1007/s11135-012-9749-5>
- Khoso, S., Wagan, F. H., Tunio, A. H., & Ansari, A. A. (2015). An overview on emerging water scarcity in pakistan, its causes, impacts and remedial measures. *Journal of Applied Engineering Science*, 13(1), 35–44. <https://doi.org/10.5937/jaes13-6445>
- Komnitsas, K. A. (2011). Potential of geopolymer technology towards

- green buildings and sustainable cities. *Procedia Engineering*, 21, 1023–1032. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2108>
- Lin, Z., Lim, S. H., Lin, T., & Borders, M. (2020). Using Agent-Based Modeling for Water Resources Management in the Bakken Region. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 146(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)wr.1943-5452.0001147](https://doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0001147)
- Liu, J., Cai, R., Hu, M., Hu, H., & Bai, X. (2024). Quantification model of water use efficiency in indoor swimming venues based on behavioral analysis. *Desalination and Water Treatment*, 319(October 2023), 100486. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100486>
- Nguyen, H. T., & Gray, M. (2016). A review on green building in Vietnam. *Procedia Engineering*, 142, 314–321. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.02.053>
- Okura, F., Budiasa, I. W., & Kato, T. (2022). Exploring a Balinese irrigation water management system using agent-based modeling and game theory. *Agricultural Water Management*, 274(June), 107951. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107951>
- Ramsey, E., Pesantez, J., Fasaee, M. A. K., Dicarlo, M., Monroe, J., & Berglund, E. Z. (2020). A smart water grid for micro-trading rainwater: Hydraulic feasibility analysis. *Water (Switzerland)*, 12(11), 1–30. <https://doi.org/10.3390/w12113075>
- Soares, N., Pereira, L. D., Ferreira, J., Conceição, P., & da Silva, P. P. (2015). Energy efficiency of higher education buildings: A case study. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 16(5), 669–691. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-11-2013-0147>
- Steinemann, A., Wargocki, P., & Rismanchi, B. (2017). Ten questions concerning green buildings and indoor air quality. *Building and Environment*, 112, 351–358. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.010>
- Vidal-Lamolla, P., Molinos-Senante, M., Oliva-Felipe, L., Alvarez-Napagao, S., Cortés, U., Martínez-Gomariz, E., Noriega, P., Olsson, G., & Poch, M. (2024). Assessing urban water demand-side management policies before their implementation: An agent-based model approach. *Sustainable Cities and Society*, 107(April), 105435. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105435>
- Wang, R., Zhao, X., Qiu, H., Cheng, X., & Liu, X. (2024). Uncovering urban water consumption patterns through time series clustering and entropy analysis. *Water Research*, 262(July), 122085. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.122085>

- Wang, Y., Sun, G., Wu, Y., Wang, S., Yue, X., & Zhang, H. (2024). Urban population density and energy conservation: Empirical evidence from 276 cities in China. *Heliyon*, 10(5), e26882. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26882>
- Wijayaningtyas, M., Hidayat, S., Halomoan Nainggolan, T., Handoko, F., Lukiyanto, K., & Ismail, A. (2020). Energy Efficiency of Eco-Friendly Home: Users' Perception. *E3S Web of Conferences*, 188. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202018800019>
- Wijayaningtyas, M., Nainggolan, T. H., Suarniki, N. N., & Lukiyanto, K. (2019). *Examining the Young Consumer Purchase Intention of Eco-Friendly Home: Insight from Indonesian*. 100(Icoi), 242–248. <https://doi.org/10.2991/icoi-19.2019.41>
- Wimala, M., Akmalah, E., & Sururi, M. R. (2016). Breaking through the Barriers to Green Building Movement in Indonesia: Insights from Building Occupants. *Energy Procedia*, 100(September), 469–474. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.10.204>