



# Tata kelola sumber daya air berkelanjutan-berkeadilan : Bagaimana Indonesia memperkuat poros maritim?

SALSABILA GHINA ANNAIFAH

<sup>1</sup>. Program Studi Bahasa Asing Terapan, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

\*Correspondence: salsabilaghinaa@students.undip.ac.id

Received Date: December 4, 2023

Accepted Date: January 31, 2024

## ABSTRAK

Sumber daya air merupakan aspek penting bagi keberlangsungan hidup manusia. Namun, pertumbuhan populasi, urbanisasi, perubahan iklim, ekspansi pertanian, dan industrialisasi telah menyebabkan penurunan cepat dalam kualitas dan ketersediaan sumber daya air. Diperkirakan bahwa pada tahun 2050, populasi global akan mencapai 9,7 miliar, yang akan meningkatkan kebutuhan akan sumber daya air. Saat ini, sekitar 2,3 miliar orang tinggal di daerah dengan krisis air, dan dua pertiga dari populasi global mengalami kekurangan air kritis setidaknya selama satu bulan dalam setahun. Perserikatan Bangsa-Bangsa telah menetapkan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan, dengan fokus pada air bersih dan sanitasi. Indonesia, dengan lebih dari 17.000 pulau, memiliki sumber daya air yang kaya namun rentan akibat urbanisasi, polusi, dan perubahan iklim. Untuk mengatasi tantangan ini, tata kelola air berkelanjutan diperlukan. Indonesia telah mengalami kekurangan air, dan diperkirakan bahwa 67% kegiatan ekonomi akan berada di wilayah yang mengalami kelangkaan air pada tahun 2045. Selain itu, Indonesia termasuk dalam sepuluh negara konsumen air tanah terbesar, yang mengambil air tanah terutama untuk keperluan rumah tangga. Untuk mengatasi tantangan ini, pemerintah telah melakukan reformasi tata kelola air melalui kebijakan peraturan dan peningkatan infrastruktur. Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai kemajuan tata kelola air berkelanjutan di Indonesia dan strategi untuk menghadapi tantangan sebagai poros maritim dalam tata kelola air berkelanjutan. Studi ini menggunakan metodologi tinjauan literatur sistematis untuk menganalisis 69 artikel tentang praktik tata kelola air saat ini, tantangan tata kelola air berkelanjutan, dan strategi untuk mengatasi tantangan tersebut. Dengan adopsi tata kelola air yang berkelanjutan, Indonesia dapat memastikan akses yang adil dan merata terhadap air, mengurangi konflik terkait air, meningkatkan akses terhadap air bersih dan sanitasi, serta memperkuat ketahanan lingkungan dan ekonomi negara secara keseluruhan.

**Kata Kunci :** Indonesia; perubahan iklim; sumber daya air; tata kelola air

## ABSTRACT

*Water resources are an important aspect of human survival. However, population growth, urbanization, climate change, agricultural expansion, and industrialization have led to a rapid decline in the quality and availability of water resources. It is estimated that by 2050, the global population will reach 9.7 billion, which will increase the need for water resources. Currently, approximately 2.3 billion people live in water-critical areas, and two-thirds of the global population experiences critical water shortages for at least one month of the year. The United Nations has established Sustainable Development Goals, with a focus on clean water and sanitation. Indonesia, with more than 17,000 islands, has rich water resources but is vulnerable due to urbanization, pollution, and climate change. To overcome these challenges, sustainable water governance is necessary. Indonesia is already experiencing water shortages, and it is estimated that 67% of economic activity will be in areas experiencing water scarcity by 2045. In addition, Indonesia is among the ten largest groundwater-consuming countries, drawing groundwater mainly for domestic use. To overcome this challenge, the government has implemented water governance reforms through regulatory policies and infrastructure improvements. In this context, this research aims to provide an overview of the progress of sustainable water governance in Indonesia and strategies for facing challenges as a maritime axis in sustainable water governance. This study uses a systematic literature review methodology to analyze 69 articles on current water governance practices, sustainable water governance challenges, and strategies for overcoming*

### Cite This Article:

Annaifah, S G. (2024). Tata kelola sumber daya air berkelanjutan-berkeadilan : Bagaimana Indonesia memperkuat poros maritim?, EcoProfit: Sustainable and Environment Business, 1(2), 90-106. <https://doi.org/10.61511/ecoprofit.v1i2.2024.328>

**Copyright:** © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



these challenges. By adopting sustainable water governance, Indonesia can ensure fair and equitable access to water, reduce water-related conflicts, increase access to clean water and sanitation, and strengthen the country's overall environmental and economic resilience.

**Keywords:** climate change; Indonesia; water management; water resources

---

## 1. Pendahuluan

Sumber daya air merupakan salah satu kebutuhan pokok yang vital bagi keberlangsungan makhluk hidup. Akan tetapi, dengan berbagai faktor antropogenik dan perubahan iklim telah mengakibatkan penurunan cepat dalam kualitas dan ketersediaan sumber daya air. Faktor pertumbuhan populasi yang mengkhawatirkan, urbanisasi, perubahan iklim, ekspansi pertanian, dan industrialisasi semakin mengurangi ketersediaan sumber daya air (Salminen et al., 2022). Lebih buruk lagi, setidaknya terdapat 50% kemungkinan pemanasan global akan mencapai atau melampaui 1,5°C dalam waktu dekat (2021–2040) (Peng et al., 2020). Seiring dengan pertumbuhan populasi dunia yang pesat, kebutuhan akan sumber daya air diperkirakan akan meningkat (Avcı, 2023). Diperkirakan bahwa pada tahun 2050, populasi global akan mencapai 9,7 miliar, yang tentu akan meningkatkan kebutuhan akan sumber daya air. Saat ini, ada sekitar 2,3 miliar orang yang tinggal di daerah-daerah dengan krisis air, termasuk 733 juta di wilayah selatan seperti Asia, Afrika, dan Amerika Latin. Terlebih lagi, dua pertiga dari populasi global, sekitar 4,0 miliar orang, tinggal di daerah yang mengalami kekurangan air yang kritis setidaknya selama satu bulan dalam setahun. Laporan *UN Water* menyoroti bahwa pertanian adalah konsumen air terbesar, menyumbang 72% dari konsumsi air. *The Food and Agricultural Organisation (FAO 2023)* juga menunjukkan bahwa penggunaan air terdistribusi, dengan 70% digunakan untuk pertanian, 19% untuk industri, dan 11% untuk kebutuhan kota (Wang et al., 2023). Untuk meningkatkan penggunaan air dan mengurangi tantangan kelangkaan air, berbagai upaya sedang dilakukan di seluruh dunia. Perserikatan Bangsa-Bangsa mengumumkan agenda 17 Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*SDGs*) pada tahun 2015, dengan *SDG 6* berfokus pada air bersih dan sanitasi.

Indonesia memiliki sumber daya air yang kaya namun rentan. Dengan lebih dari 17.000 pulau, negara ini memiliki sungai besar dan danau yang penting bagi irigasi, energi, dan kehidupan sehari-hari. Meskipun demikian, keberlanjutan sumber daya air terganggu oleh urbanisasi, polusi, dan perubahan iklim. Penyediaan air bersih terutama di daerah pedesaan menjadi tantangan, sementara konflik terkait distribusi air terjadi di daerah yang padat penduduk (Brontowiyono et al., 2022). Upaya konservasi, pengelolaan yang berkelanjutan, dan inovasi dalam infrastruktur air menjadi kunci untuk mempertahankan sumber daya air yang penting bagi Indonesia.

Pada tahun 2015, PBB menetapkan delapan sasaran dan 11 indikator untuk *SDG 6 (UN Water 2021)*. Sasaran *SDG 6* membentuk kerangka kerja yang saling terkait untuk mencapai pengelolaan air yang komprehensif dan berkelanjutan. Air minum yang aman (*SDG 6.1.1*) dan sanitasi serta kebersihan yang aman (*SDG 6.2.1a*) menjadi dasar untuk memastikan kualitas air, dilengkapi dengan fasilitas cuci tangan dan ketersediaan air di rumah tangga (*SDG 6.2.1b (UN Water 2018)*). Pengelolaan limbah yang tepat (*SDG 6.3.1a dan SDG 6.3.1b*) sangat penting untuk menjaga kualitas air sekitar (*SDG 6.3.2 (UN Water 2021)*). Efisiensi penggunaan air (*SDG 6.4.1*) mengoptimalkan alokasi sumber daya dan melengkapi evaluasi tekanan air tawar (*SDG 6.4.2 (FAO dan UN Water 2021)*). Pengelolaan air terpadu (*SDG 6.5.1*) sangat penting untuk menyelaraskan penggunaan air, sementara kerja sama air lintas batas (*SDG 6.5.2*) menekankan kolaborasi internasional (Barua et al. 2019). Memantau perubahan di dasar sungai (*SDG 6.6.1*) mencerminkan dampak pengelolaan air secara keseluruhan, dan rehabilitasi ekosistem air (*SDG 6.A.1*) mendukung upaya keberlanjutan (Marzouk & Mahrous, 2020). Melibatkan pengguna air (*SDG 6.B.1*) mendorong pengelolaan air yang efektif. Bersama-sama, sasaran-sasaran ini menangani tantangan air global secara

holistik dan mendorong praktik air yang berkelanjutan bagi generasi sekarang dan masa depan.

Tata kelola air berkelanjutan merujuk pada pendekatan terintegrasi dalam manajemen sumber daya air yang mempertimbangkan keberlanjutan lingkungan, sosial, dan ekonomi (Sharma et al., 2021). Proses ini melibatkan pengelolaan yang bijaksana terhadap sumber daya air untuk memastikan ketersediaan air yang mencukupi untuk kebutuhan manusia dan lingkungan saat ini tanpa mengorbankan kebutuhan generasi mendatang (Gandhi & Johnson, 2020). Tata kelola air harus mengedepankan prinsip kesetaraan, keberlanjutan, partisipasi atau inklusivitas, akuntabilitas, efektivitas, koordinasi, dan kolaborasi, komponen-komponennya mencakup konservasi dan efisiensi air, pengelolaan kualitas air, pengolahan dan penggunaan kembali air limbah, restorasi dan perlindungan ekosistem (Handayani et al., 2023). Indonesia sangat membutuhkan adopsi tata kelola air yang berkelanjutan karena memiliki tantangan besar dalam pengelolaan sumber daya air. Dengan populasi yang besar dan berkembang pesat, tata kelola air yang berkelanjutan sangat penting untuk memastikan akses yang adil dan merata terhadap air bagi semua orang. Selain itu, Indonesia menghadapi tekanan dari urbanisasi yang cepat, perubahan iklim, degradasi lingkungan, dan pertumbuhan ekonomi yang mempengaruhi kualitas dan ketersediaan air. Dengan mengadopsi tata kelola air yang berkelanjutan, Indonesia dapat memastikan bahwa sumber daya airnya tidak hanya terjaga untuk kebutuhan saat ini, tetapi juga untuk masa depan. Hal ini akan memungkinkan distribusi yang lebih merata, mengurangi konflik terkait air, meningkatkan akses terhadap air bersih dan sanitasi, serta memperkuat ketahanan lingkungan dan ekonomi negara secara keseluruhan. Indonesia mampu menjadi memperkokoh dirinya sebagai poros maritim dunia dengan menjadi percontohan tata kelola air berkelanjutan.

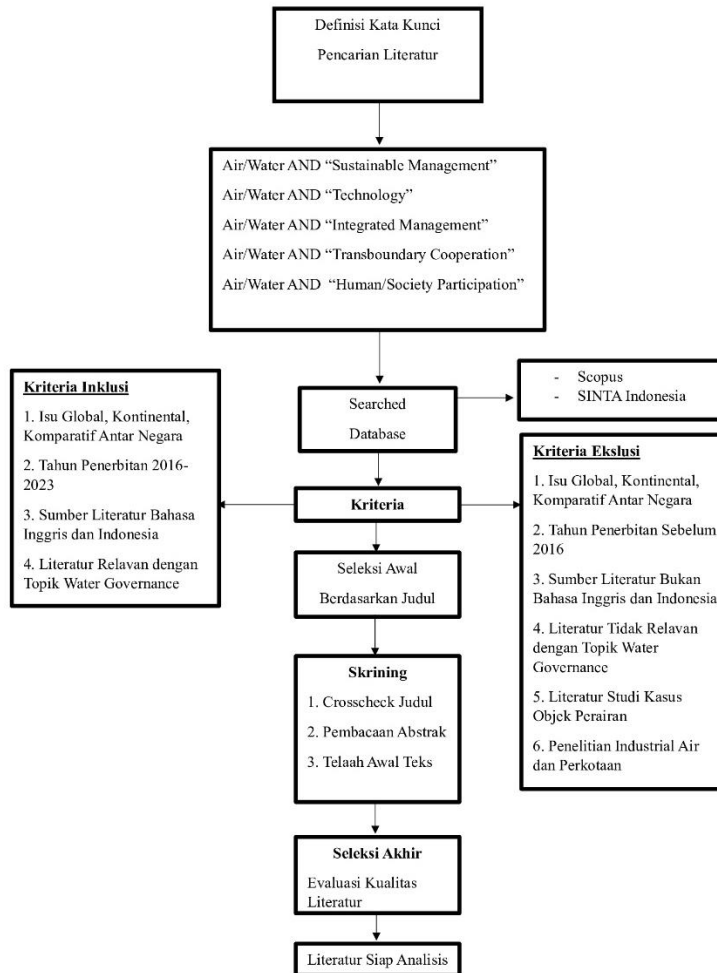
Oleh karena itu, penting untuk mengkaji praktik tata kelola menurut prinsip *SDGs* 6 yang sedang berjalan di Indonesia dan bagaimana negara ini mampu menjadi tata kelola air berkelanjutan percontohan kawasan Asia Tenggara. Karya tulis ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum mengenai kemajuan tata kelola air berkelanjutan yang dicapai Indonesia dan strategik menghadapi tantangan sebagai poros maritim dalam tata kelola air berkelanjutan. Karya tulis ini memiliki peran fundamental sebagai dasar riset inovasi kedepan dalam tata kelola air berkelanjutan. Studi ini memiliki kontribusi teoritik sebagai studi pendahulu dalam tata kelola air berkelanjutan Indonesia yang akseleratif dengan perkembangan teknologi dan *socio-economy* Indonesia pada era *Society* 5.0. Studi ini juga membangun visi baru Indonesia sebagai negara praktik tata kelola air terbaik di dunia yang mampu memberdayakan sumber daya air akseleratif dengan perkembangan teknologi, berkelanjutan dan berkeadilan bagi semua lapisan masyarakat Indonesia.

## 2. Metodologi

Karya tulis ilmiah ini merupakan tinjauan literatur kualitatif dan sistematis dimana kriteria inklusi dan eksklusi telah dikembangkan untuk memenuhi tujuan makalah ini. Proses seleksi telah memprioritaskan artikel yang berfokus pada isu-isu global, kontinental, komparatif, atau internasional antara tahun 2016 dan 2023 sesuai tujuan penelitian. Artikel yang digunakan berfokus pada tata kelola air Indonesia saat ini, praktik tata kelola air berkelanjutan baik tantangan dan strateginya. Selain itu, tinjauan ini mencakup artikel-artikel yang mendalami topik-topik seperti efisiensi penggunaan air di bidang pertanian, pengelolaan sumber daya air terpadu, kerja sama dalam pengelolaan air lintas batas, dan partisipasi pengguna air, namun dibatasi pada artikel-artikel yang ditulis dalam bahasa Inggris dan Indonesia.

Mengingat tujuan review tersebut, maka studi ini menerapkan metodologi *Systematic Literature Review* (Xiao & Watson, 2019). Pencarian artikel penelitian yang relevan menggunakan *database* Scopus dan Sinta Indonesia sebagai indeksasi reputasi Internasional dan Nasional. Hal ini bertujuan untuk menyaring Artikel berkualitas tinggi. Kata kunci pencarian diterapkan dalam bahasa Indonesia dan Inggris dengan setting

rentang tahun penerbitan 2016-2023. Sebanyak 249 sumber, yang terdiri dari artikel, buku, dan makalah konferensi, diunduh untuk ditinjau. Penyaringan dan ekstraksi data dilakukan, dan 69 artikel digunakan untuk analisis akhir. Gambar 1 menyajikan alur *systematic literature review* lebih detail.



Gambar 1. Kerangka Alur Metodologi SLR

### 3. Sumber Daya Perairan Indonesia dan Tata Kelola Saat Ini

Indonesia memiliki jumlah sumber daya air yang sangat besar, mencapai 3,9 triliun meter kubik per tahun (Umami et al., 2022). Potensi ini dapat digunakan untuk mendukung berbagai sektor, seperti pertanian, pasokan air untuk penduduk perkotaan dan industri, pembangkit listrik, serta sektor pariwisata. Potensi sumber daya air ini juga dapat dimanfaatkan dalam sektor energi, khususnya untuk pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dengan kapasitas total mencapai 75 gigawatt (GW). Angka ini lebih dari dua kali lipat dari rencana pembangunan pembangkit listrik yang diusulkan pemerintah hingga tahun 2019, yang hanya mencapai 35 GW. Sumber Daya Air sangat mempengaruhi keberlangsungan hidup dan dapat mempengaruhi PDB suatu negara (Chattopadhyay, 2018). Indonesia yang diproyeksikan oleh Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) akan menjadi negara peringkat ke-5 PDB dunia pada tahun 2045 pun berkomitmen dalam menjaga sumber daya tersebut salah satunya agar capaian PDB bisa maksimal di tahun 2045 (Puspita et al., 2023).

Akan tetapi, penggunaan sumber daya air di Indonesia masih belum maksimal untuk kesejahteraan masyarakat. Dari total potensi air sebesar 3,9 triliun meter kubik per tahun,

hanya sekitar 691,3 miliar meter kubik yang sudah dimanfaatkan (Puspita et al., 2023). Ini berarti ada sekitar 3,2 triliun meter kubik per tahun atau sekitar 80 persen lagi yang belum digunakan. Selain itu, Indonesia memiliki tiga isu permasalahan tata kelola air di Indonesia: ketersediaan air, bencana air dan produktivitas air (Haryani, 2021).

Kelangkaan air diperkirakan akan semakin parah pada tahun 2045 akibat perubahan iklim, degradasi lahan, dan penggunaan air yang tidak berkelanjutan (Heryanto et al., 2021). Pada tahun 2016, sebagian besar wilayah Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Sulawesi mengalami kekurangan air (Afifah et al., 2018). Kelangkaan air dapat menghambat pembangunan ekonomi karena 67% kegiatan ekonomi diproyeksikan berada di wilayah yang mengalami kelangkaan air pada tahun 2045. Indonesia termasuk dalam sepuluh negara konsumen air tanah terbesar (berdasarkan volume pengambilan air tanah), yang mengambil air tanah terutama untuk keperluan rumah tangga (Rahayu et al., 2021). Padahal tren pertumbuhan penduduk Indonesia diproyeksikan berkisar antara 292,5 juta hingga 294,1 juta orang pada tahun 2030, dan 311,6 juta hingga 318,9 juta orang pada tahun 2045 (Maryono et al., 2022). Indonesia juga merupakan negara paling rawan bencana, dengan lebih dari 75% merupakan bencana hidrologi-meteorologi. Fenomena bencana banjir di Indonesia meroket dalam 20 tahun terakhir dalam skala nasional. Peristiwa banjir dengan periode ulang 50 tahun diperkirakan akan menyebabkan penurunan PDB hingga 1,65 persen (Urfanisa et al., 2022).

Pemerintah telah berupaya melakukan reformasi tata kelola air baik melalui kebijakan peraturan maupun aksi peningkatan infrastruktur. BAPPENAS dan Bank Dunia menerapkan perspektif air terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia dalam laporan "Visi 2045, Menuju Ketahanan Air" (Rimba et al., 2019). Pemerintah melalui tangan strategis Presiden menetapkan Peraturan Presiden Nomor 37 Tahun 2023 tentang Kebijakan Nasional Sumber Daya Air (Jaknas SDA) untuk mencapai tujuan pengelolaan air berdasarkan Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air yang telah diubah oleh Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2023 tentang Cipta Kerja (Rizal et al., 2018). Jaknas SDA adalah langkah pemerintah pusat dalam meningkatkan Ketahanan Air Nasional sesuai dengan Sustainable Development Goals (SDGs) dan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (Mulyana & Prasajo, 2020).

Jaknas SDA memiliki tujuan, antara lain:

- Memberikan akses air minum yang aman dan merata untuk seluruh masyarakat.
- Memastikan sanitasi yang memadai bagi semua dengan peningkatan mutu air sesuai standar yang ditetapkan.
- Meningkatkan efisiensi penggunaan air di semua sektor dan memastikan pasokan air yang berkelanjutan.
- Menerapkan pengelolaan sumber daya air secara terpadu dan melindungi ekosistem terkait air.
- Mengurangi risiko bencana terkait air.

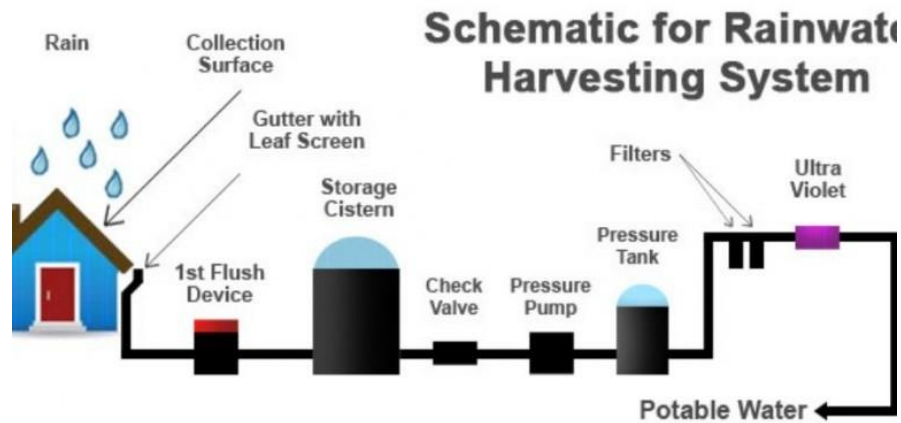
Pemerintah juga terus membangun infrastruktur pengelolaan air seperti jaringan irigasi, bendungan, waduk, pintu air, serta struktur pengamanan pantai dan sungai (Yusuf et al., 2021). Mereka juga fokus pada pengembangan sistem penyediaan air bersih, pengolahan limbah air, dan pemantauan penurunan muka tanah serta eksploitasi air tanah (Bahri, 2020). Strategi struktural dan non-struktural diarahkan untuk meningkatkan pengelolaan air yang berkelanjutan dengan fokus pada kuantitas, kualitas, kelanjutan pasokan, dan aksesibilitas sumber air demi meningkatkan kesejahteraan masyarakat (Prayoga et al., 2021). Pemerintah telah berupaya menjalankan prinsip tata kelola air mencakup kerja sama, tata kelola multi-tingkat, transparansi, akuntabilitas, harmonisasi kebijakan, koordinasi, kolaborasi, partisipasi, dan pendidikan.

#### **4. Teknologi dan Praktik Pertanian Hemat Air**

Upaya global untuk meminimalkan penggunaan air di bidang pertanian mencakup pembasahan dan pengeringan bergantian, irigasi defisit, irigasi tetes, irigasi mikro, mulsa, budidaya tanah jenuh, pemanenan air hujan, dan pengisian ulang air tanah (Fu et al., 2022). Kemajuan ilmu pengetahuan, pengamatan bumi, pemodelan hidrologi, kemampuan komputer, dan pendekatan analitis telah membuka kemungkinan-kemungkinan baru. *Internet of Things* (IoT) dan *Blockchain, Light Detection and Ranging* (LiDAR), dan Sistem Informasi Geografis (SIG) digunakan untuk proyeksi dan pencatatan sumber daya air (Walsh & Mellor, 2020).

Dalam penggunaan air untuk pertanian, Indonesia menerapkan tiga teknologi untuk produktivitas. Metode irigasi bergantian basah dan kering (*Alternate Wetting and Drying/AWD*) adalah pendekatan efisien dalam penggunaan air untuk produksi padi yang ramah lingkungan (C.-Y. Li et al., 2023). Beberapa studi melaporkan bahwa AWD mampu menghemat air pertanian hingga 20–70%. Meskipun demikian, tanpa intervensi yang tepat, AWD bisa meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 31% namun dengan penurunan hasil sebesar 6% (Shekhar et al., 2021). Di Provinsi Jawa Tengah, uji coba AWD telah berhasil mengurangi emisi metana dari sawah padi tanpa mengurangi hasil panen (Setyanto et al., 2018). Irigasi defisit, diperkenalkan pada 1970-an, mempertahankan sumber daya air dengan mengurangi aliran irigasi selama musim tanam (Angold et al., 2015). Meski meningkatkan efisiensi penggunaan air tanaman gandum sebesar 6,6%, hasilnya turun 16,2%. Namun, keberhasilannya bervariasi tergantung pada jenis tanah, curah hujan, dan jenis tanaman (Xu et al., 2016). Irigasi tetes secara umum mengurangi penggunaan air pertanian dan meningkatkan hasil panen dengan menyampaikan air dan pupuk langsung ke akar tanaman (Fulazzaky, 2017). Namun, adopsi luasnya terhambat oleh biaya tinggi dan kendala teknis. Penutupan tanah dan budidaya tanah jenuh juga efektif dalam mengurangi kehilangan air dan meningkatkan ketersediaan air tanah untuk tanaman, meskipun adopsi luasnya masih terkendala oleh beberapa faktor teknis dan biaya (Castillo et al., 2021).

Penyimpanan air hujan (*Rainwater Harvesting/RWH*) menjadi teknologi air paling dekat dengan masyarakat Indonesia, melibatkan pengumpulan, penyimpanan, dan pelestarian hujan untuk penggunaan pertanian dan lainnya, berfungsi sebagai irigasi tambahan selama kekurangan air (Fioramonte et al., 2022). Sistem ini umum digunakan negara-negara seperti Jepang, Singapura, Amerika Serikat, dan lainnya (Custódio & Ghisi, 2023). Sistem RWH dapat menyediakan 12–100% air minum di negara-negara berkembang, mengatasi kekurangan air di negara-negara seperti Bangladesh, India, Kenya, dan Afrika Selatan (Nnaji et al., 2018). Daerah semi-arid menggunakan aliran jalan untuk irigasi, sementara negara-negara Amerika Latin menggunakan RWH atap untuk konsumsi domestik. Sumber air yang signifikan lainnya untuk pertanian adalah pengisian kembali air tanah, di mana air dari presipitasi meresap ke tanah dan merembes ke arah meja air tanah. Pengisian kembali air tanah, proses penting, berkontribusi pada penyelenggaraan kembali reservoir air tanah dan menjaga ketersediaan air untuk pertanian dan tujuan lainnya (Owusu & Kofi Teye, 2015). Secara umum, efisiensi penggunaan air dalam pertanian meningkat sebesar 8% antara tahun 2015 dan 2018. Indonesia telah menerapkan pemanenan air hujan (*Rainwater Harvesting*) pada berbagai lokasi, terutama di daerah dengan kondisi kekurangan air di Wilayah Jakarta dan Kawasan Apartemen Maju (Utami et al., 2023).



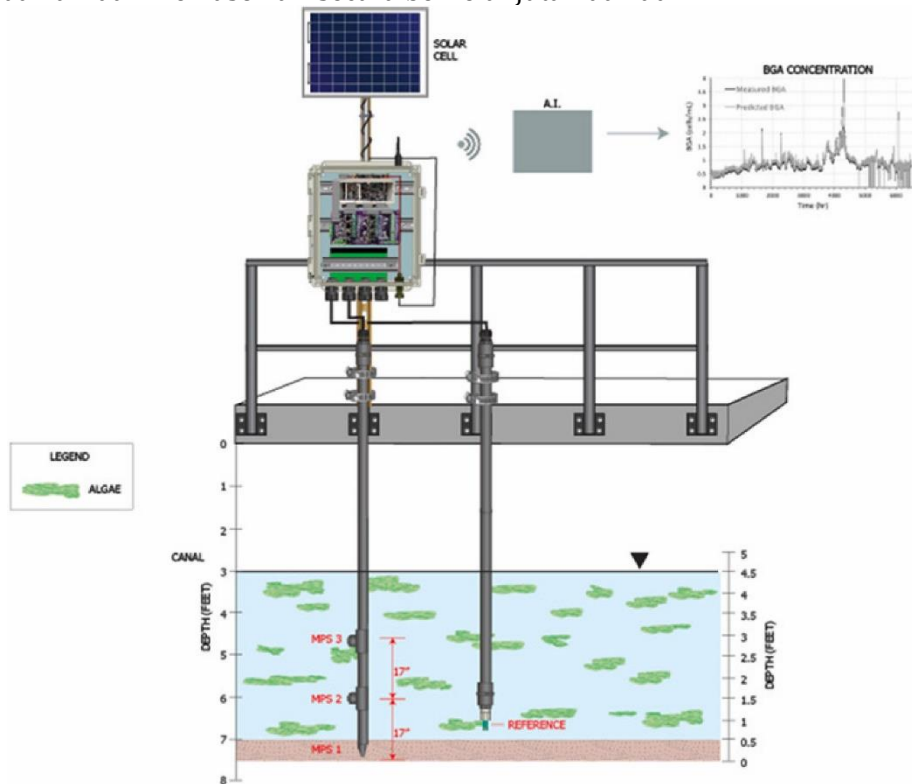
**Gambar 2.** Sistem RWH  
Sumber : Sinartani Indonesia (2018)

Terkait dengan teknologi hemat air, kemajuan terbaru dalam teknologi komputer dan metode pemodelan telah berkontribusi secara signifikan dalam memprediksi, mengoptimalkan, dan memantau penyediaan dan distribusi air yang adil untuk praktik pertanian yang berkelanjutan. Teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) dan *Blockchain* juga menunjukkan potensi untuk meningkatkan pertanian presisi dengan mendorong praktik manajemen air yang baik (Joshi et al., 2019). Penggunaan IoT dalam manajemen rantai pasokan air menangani pemantauan dan manajemen air yang kurang memadai. Manfaat dari operasi *blockchain* lebih besar dari peningkatan minimal dalam penggunaan energi dan penyimpanan, dengan perbaikan yang signifikan dalam pengelolaan air berkat pembaruan data *real-time* (Sultana, 2013).

Qiao dkk (2022) menekankan pentingnya manajemen sumber daya air konvensional, terutama dalam sistem pertanian lereng curam. Namun, solusi yang efisien dalam hal waktu dan biaya memerlukan adopsi teknik kreatif dan teknologi seperti penginderaan jarak jauh beresolusi tinggi (misalnya LiDAR dan drone) dan pemodelan berbasis GIS (Qiao et al., 2022). Penelitian yang dilakukan pada simulasi air tanah di AS menggunakan model AnnAGNPS dan MODFLOW mengungkapkan bahwa peningkatan tingkat air tanah bisa dicapai dengan mengurangi tingkat irigasi sebesar 20–40%, menekankan pentingnya adopsi metode irigasi yang efisien untuk memastikan sumber daya air tanah yang berkelanjutan (Domoń et al., 2023). Selain itu, pemodelan *AquaCrop* membantu dalam memprediksi produksi tanaman dan efisiensi penggunaan air selama budidaya (Pereira et al., 2023). Selain itu, model komputer *Water Erosion Prediction Project* (WEPP) memprediksi erosi tanah di lereng bukit dan di daerah aliran sungai kecil di berbagai penggunaan lahan dan kondisi lingkungan (Mohammadzadeh et al., 2023). Model *Integrated Excess Nitrogen Load* (IENLM) memperkirakan beban nitrogen berlebih dari aktivitas pertanian, sedangkan *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) mengukur pengelolaan daerah aliran sungai dan kebocoran emisi ke dalam cekungan sungai (L. Li & Huang, 2023). Teknologi-teknologi ini, di antara yang lainnya, memainkan peran penting dalam mengevaluasi dan memprediksi efisiensi air dalam pertanian untuk manajemen air yang berkelanjutan.

Keberadaan *Artificial Intelligence* saat ini dapat meningkatkan proses pengambilan keputusan, mengoptimalkan praktik pengelolaan air, dan memastikan pasokan air yang berkelanjutan dan adil (Zhang, 2023). Teknologi AI, seperti algoritma pembelajaran mesin dan analitik prediktif, dapat menganalisis data dalam jumlah besar untuk mengidentifikasi pola dan membuat prediksi yang sesuai. Informasi ini dapat digunakan untuk meningkatkan keakuratan proses pengelolaan air, seperti alokasi air dan perkiraan kebutuhan air (Kavya et al., 2023). Selain itu, AI dapat digunakan untuk memantau kualitas air secara real-time dan mengingatkan pengelola SDA jika ada perubahan pada parameter ini (L. Li et al., 2021). Informasi ini dapat digunakan untuk membuat keputusan mengenai praktik

pengelolaan air dan untuk melindungi ekosistem air. Keberadaan AI juga dapat digunakan untuk mengoptimalkan alokasi air, dengan menganalisis data dari sumber daya air, pola penggunaan air, dan sumber lainnya (Patel et al., 2023). Informasi ini dapat digunakan untuk mengambil keputusan mengenai praktik pengelolaan air dan mengalokasikan sumber daya air secara lebih efisien dan adil. Teknologi AI juga dapat digunakan untuk mendeteksi kebocoran dan inefisiensi lainnya dalam infrastruktur air (Vekaria et al., 2022). Informasi ini dapat digunakan untuk mengurangi air limbah dan mengoptimalkan pola penggunaan air. Terakhir, AI dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan air berdasarkan data dari infrastruktur air, pola penggunaan air, dan sumber lainnya (Zhao et al., 2020). Hal ini membantu pihak berwenang mengambil keputusan mengenai praktik pengelolaan air dan memasok air secara berkelanjutan dan adil.



**Gambar 2.** Aplikasi AI dalam Pemantauan Kualitas Bendungan Air Real Time  
 Sumber : (Alhendi et al., 2022)



## 5. Pengelolaan Sumber Daya Perairan Terpadu

Pengelolaan sumber daya air terpadu atau *Integrated Water Resource Management* (IWRM) telah menjadi pendekatan pengelolaan air yang menonjol sejak diadopsi negara maju pada tahun 1990, menganjurkan pertimbangan struktural mengenai permintaan dan pasokan air, kerja sama, koordinasi, pembangunan konsensus, dan kolaborasi dalam pengelolaan sumber daya air lintas batas (Samadi-Foroushani et al., 2022). Nagata dkk (2022) mengusulkan tujuh prinsip penerapan IWRM yang efektif: integrasi, tata kelola multi-level, partisipasi masyarakat, penilaian ekonomi, pengarusutamaan gender, dan ekosistem. Banyak negara telah mengadopsi IWRM untuk mendorong diplomasi, kerja sama, kebijakan, strategi, dan hukum air internasional (Nagata et al., 2022).

Pada tahun 2017, implementasi IWRM secara global berada pada angka 49%, dengan tingkat implementasi bervariasi setiap wilayah. Eropa dan Amerika Utara sebesar 67,4%, Australia dan Selandia Baru sebesar 72%, dan wilayah lainnya berkisar antara 34,1 hingga 54,8% (Banadkooki et al., 2022). Pada pertengahan tahun 2020, implementasi global telah meningkat menjadi 54%. Indonesia telah menerapkan IWRM untuk mengelola sumber daya air di wilayah Citarum dan menggunakan konsep pengelolaan sumber daya air yang terpadu dalam menghadapi tantangan yang kompleks (Fulazzaky, 2014). Namun, ada masih beberapa tantangan yang harus diatasi untuk mencapai pengelolaan sumber daya air yang efektif dan berkelanjutan.

Secara global, pertanian menyumbang 69% pengambilan air tanah, dan 31% digunakan untuk rumah tangga dan industri. Indonesia sebagai wilayah Agraris memiliki wilayah pertanian dan hampir 70% air tanah diambil untuk keperluan irigasi (Sujarwo et al., 2021). Untuk memastikan keberlanjutan air tanah, kerja sama dan kepentingan bersama di antara para pengguna air sangat penting dalam pengelolaan akuifer. Strategi yang efektif harus mencakup penilaian sistematis yang melibatkan pemangku kepentingan, meningkatkan pemahaman, mengakui ketidakpastian, dan mempertimbangkan kebutuhan masyarakat. Insentif untuk penggunaan sumber daya bersama seperti air secara bijaksana akan sangat penting untuk memastikan pengelolaan akuifer dalam jangka panjang. Untuk meningkatkan keberlanjutan akuifer, rencana pengembangan air tanah jangka panjang, penetapan harga yang wajar, pelestarian kualitas, dan analisis dampak lingkungan sangatlah penting, terutama untuk proyek irigasi skala besar. Pemodelan terpadu dan pengelolaan air konjungtif, yang menggabungkan pengelolaan air permukaan dan air tanah, harus diintegrasikan ke dalam kebijakan nasional.

## 6. Partisipasi Aktif Masyarakat Dalam Tata Kelola Air

Partisipasi masyarakat telah diakui sebagai solusi yang layak dalam pengelolaan sumber daya air, karena masyarakat secara aktif terlibat dalam pengelolaan air dapat mendorong keberlanjutan sumber daya air yang adil (Zhai et al., 2023). Partisipasi warga dan komunitas yang terorganisir dapat meningkatkan penggunaan sumber daya air, pengembangan, dan prosedur pengambilan keputusan. Saat ini partisipasi masyarakat terbatas pada tingkat aspirasi kelas daerah, walaupun kebijakan Undang-Undang mengakui pentingnya peran masyarakat. Memperluas partisipasi masyarakat dan meningkatkan pemahaman mereka tentang penggunaan sumber daya air secara bijaksana dapat berkontribusi dalam mencapai tujuan keberlanjutan air.

Keberhasilan partisipasi masyarakat dalam tata kelola air berkelanjutan telah diamati dalam literatur ilmiah. Jennewein & Jones (2016) dalam studi pengelolaan air sungai Amerika Tengah menemukan komunitas lokal secara aktif berpartisipasi dalam dekontaminasi air, pengaturan banjir, penahanan karbon, pengendalian suhu, dan penyediaan habitat (Jennewein & Jones, 2016). Hilbig & Rudolph (2019) menemukan organisasi di Afrika Selatan fokus pada penyediaan air melalui program pelatihan perempuan dan perekrutan pekerja untuk perlindungan air dan penghapusan spesies tangkapan (Hilbig & Rudolph, 2019). Crase & Cooper (2015) menunjukkan keberhasilan

pengambilan keputusan partisipatif dalam Inisiatif Konservasi Sungai Colorado yang melibatkan tujuh negara bagian AS. Cekungan Murray-Darling di Australia adalah contoh praktik terbaik pengelolaan air partisipatif yang diakui banyak penelitian ilmiah (Cruse & Cooper, 2015). Di Brasil, forum partisipatif tata kelola wilayah sungai telah beroperasi sejak tahun 1996, yang melibatkan masyarakat sipil, pengguna swasta, dan lembaga pemerintah, mendorong tata kelola air partisipatif dengan membatasi keterwakilan pemerintah hingga 50% (Miranda & Reynard, 2020).

Oleh karena itu, mendorong partisipasi masyarakat dalam pengelolaan air berkelanjutan mencakup melibatkan beragam pemangku kepentingan, seperti penduduk, petani, LSM, dan kelompok masyarakat adat, dalam proses pengambilan keputusan. Hal ini dapat dicapai melalui forum partisipatif, konsultasi publik, dan proyek berbasis masyarakat. Mendorong kebijakan dan undang-undang inklusif yang mengakui dan menghargai kontribusi lokal sangat penting untuk meningkatkan keterlibatan masyarakat. Kedalaman partisipasi masyarakat berfokus pada pemberdayaan masyarakat untuk berkontribusi secara efektif terhadap pengelolaan air berkelanjutan. Mempromosikan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan air berkelanjutan mencakup penyediaan informasi, sumber daya, dan program peningkatan kapasitas, mendorong inisiatif kepemilikan air, berkolaborasi dengan para ahli dan pemerintah, menerapkan solusi yang relevan secara lokal, meningkatkan keterlibatan masyarakat, produksi bersama pengetahuan, dan menyebarkan temuan penelitian. dalam format yang mudah diakses oleh masyarakat. Terlibat dalam dialog dan kemitraan yang bermakna dengan masyarakat memastikan komitmen jangka panjang dan keberlanjutan dalam pengelolaan air.

Selain itu, pendidikan masyarakat merupakan komponen penting dalam pengelolaan air berkelanjutan. Saat ini sangat penting memberi pendidikan pengelolaan air dalam kurikulum kewirausahaan, pendidikan kewarganegaraan maupun lingkungan hidup dalam peningkatan kapasitas masyarakat untuk memahami dan mempengaruhi keputusan pengelolaan sumber daya air, sebagaimana dibuktikan dalam berbagai indeks seperti indeks keberlanjutan air, indeks kemiskinan air, indeks keberlanjutan air Kanada, dan indeks keberlanjutan air Jawa Barat. Secara keseluruhan, partisipasi masyarakat dalam seluruh aspek pengelolaan air harus diperluas untuk menjamin kelangsungan sumber daya dalam jangka panjang.

## 7. Kesimpulan dan Rekomendasi

Agenda tahun 2030, dengan SDG 6, menekankan air bersih dan sanitasi sebagai pilar fundamental bagi pembangunan berkelanjutan dan kemakmuran global, yang bertujuan untuk memastikan ketersediaan dan pengelolaan air berkelanjutan. Karya tulis ilmiah ini menyajikan kemajuan tata kelola air berkelanjutan yang dicapai Indonesia dan strategik menghadapi tantangan sebagai poros maritim dalam tata kelola air berkelanjutan. Indonesia memiliki sumber daya air yang luar biasa namun belum dimaksimalkan sepenuhnya. Meskipun memiliki potensi besar untuk sektor-sektor vital seperti pertanian, industri, dan pasokan air untuk penduduk, masih ada sekitar 80% lebih sumber daya air yang belum digunakan. Permasalahan tata kelola air seperti kelangkaan, bencana terkait air, dan produktivitas masih menghadang. Pemerintah telah berupaya melalui reformasi tata kelola air, termasuk penetapan kebijakan baru dan peningkatan infrastruktur. Jaknas SDA (Kebijakan Nasional Sumber Daya Air) menjadi langkah penting dalam upaya meningkatkan ketahanan air nasional dan mencapai tujuan-tujuan berdasarkan *Sustainable Development Goals* (SDGs). Dengan menganalisis masing-masing indikator secara independen, makalah ini memberikan gambaran komprehensif mengenai status tata kelola air Indonesia saat ini dan menyoroti bidang-bidang tertentu yang memerlukan perhatian dan perbaikan.

Penggunaan teknologi canggih dan alat pemodelan, bersamaan dengan praktik hemat air seperti pembasahan dan pengeringan bergantian, irigasi defisit, irigasi tetes, mulsa, dan

budidaya tanah jenuh, menawarkan solusi yang menjanjikan untuk mengurangi penggunaan air pertanian sekaligus mempertahankan produktivitas. Namun, trade-off dari sebagian besar teknologi pertanian melalui penggunaan pupuk kimia dapat memberikan dampak yang luar biasa terhadap tujuan SDG 6: air bersih dan sanitasi. Oleh karena itu, pengelolaan yang tepat melalui peningkatan kapasitas petani di tingkat lokal sangatlah penting. Meskipun tidak dijelaskan secara spesifik dalam sebagian besar literatur yang ada, proyek pertanian skala besar seperti peternakan negara dan peternakan industri di sebagian besar negara maju dan berkembang dapat mengambil bagian terbesar dalam pencucian input agrokimia ke dalam air permukaan dan air tanah, sehingga tindakan pencegahan harus diambil. Selain itu, mulsa plastik di bidang pertanian mempunyai masalah lingkungan seperti polusi plastik dan kontaminasi mikroplastik, yang dapat dihindari dengan menggunakan alternatif yang lebih berkelanjutan seperti film *mulsa biodegradable* yang terbuat dari polimer nabati atau bahan yang dapat dibuat kompos.

*Integrated Water Resource Management* (IWRM) telah mendapatkan popularitas sebagai metode pengelolaan air, yang menekankan kerja sama dan kolaborasi antar pemangku kepentingan yang berbeda. Akan tetapi, implementasi praktisnya menghadapi beberapa tantangan, termasuk kurangnya transparansi, tata kelola multi-level, pendanaan yang tidak memadai, struktur kelembagaan yang kompleks, dan kesenjangan informasi. Untuk meningkatkan IWRM, pemerintah khususnya otoritas pengelolaan air lintas kementerian harus mengatasi hambatan yang teridentifikasi, berinvestasi dalam struktur tata kelola yang lebih baik, meningkatkan pendanaan, memastikan transparansi, dan mengembangkan metodologi untuk pemantauan dan penilaian partisipatif. Dengan melakukan hal ini, IWRM dapat berkontribusi terhadap pengelolaan air berkelanjutan dan melestarikan sumber daya air untuk generasi mendatang.

Mendorong partisipasi masyarakat dalam pengelolaan air berkelanjutan merupakan langkah penting untuk memastikan kelangsungan hidup dan keberlanjutan sumber daya air dalam jangka panjang. Untuk mencapai tujuan ini, penting untuk memprioritaskan dan melaksanakan proposal arahan yang menekankan kebijakan inklusif, alokasi sumber daya, dan dialog pemangku kepentingan. Dengan mengakui dan menghargai kontribusi lokal, dialog yang bermakna dapat dipupuk sehingga menghasilkan proses pengambilan keputusan yang lebih efektif. Untuk memberdayakan masyarakat, diperlukan investasi di bidang pendidikan, peningkatan kapasitas, dan penyediaan sumber daya. Melibatkan warga, petani, LSM, dan kelompok masyarakat adat dalam proses pengambilan keputusan melalui forum partisipatif dan konsultasi publik sangat penting untuk perubahan transformatif. Kerjasama kemitraan publik-swasta (KPS) dalam sektor perairan dapat memperkuat langkah strategis tata kelola air yang maksimal. Hanya melalui tindakan tegas kita dapat mengamankan masa depan sumber daya air kita yang berharga, mendorong pengelolaan air yang berkelanjutan-berkeadilan bagi seluruh masyarakat dan mengukuhkan Indonesia sebagai poros maritim Dunia.

## Referensi

- Afifah, T., Nuryetty, M. T., Musadad, D. A., Schlotheuber, A., Bergen, N., & Johnston, R. (2018). Subnational regional inequality in access to improved drinking water and sanitation in Indonesia: results from the 2015 Indonesian National Socioeconomic Survey (SUSENAS). *Global Health Action*, 11. <https://doi.org/10.1080/16549716.2018.1496972>
- Alhendi, A. A., Al-Sumaiti, A. S., Elmay, F. K., Wescoat, J., Kavousi-Fard, A., Heydarian-Forushani, E., & Alhelou, H. H. (2022). Artificial intelligence for water-energy nexus demand forecasting: A review. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 17, 730–744. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctac043>
- Angold, Y. V., Zharkov, V. A., & Kalashnikov, A. A. (2015). Water-saving technologies and irrigation facilities. *Water Practice and Technology*, 10(3), 556–563. <https://doi.org/10.2166/wpt.2015.064>

- Avci, İ. (2023). Sustainable water consumption and water-saving behaviours: A review of consumers' environmental and economic concerns in Turkey. *Water and Environment Journal*. <https://doi.org/10.1111/wej.12869>
- Bahri, M. (2020). Analysis of the water, energy, food and land nexus using the system archetypes: A case study in the Jatiluhur reservoir, West Java, Indonesia. *Science of the Total Environment*, 716. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137025>
- Banadkooki, F. B., Xiao, Y., Malekinezhad, H., & Hosseini, M. M. (2022). Optimal allocation of regional water resources in an arid basin: Insights from Integrated Water Resources Management. *Aqua Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 71(8), 910–925. <https://doi.org/10.2166/aqua.2022.029>
- Brontowiyono, W., Asmara, A. A., Jana, R., Yulianto, A., & Rahmawati, S. (2022). Land-Use Impact on Water Quality of the Opak Sub-Watershed, Yogyakarta, Indonesia. *Sustainability*, 14(7), 4346. <https://doi.org/10.3390/su14074346>
- Castillo, G. M. L., Engler, A., & Wollni, M. (2021). Planned behavior and social capital: Understanding farmers' behavior toward pressurized irrigation technologies. *Agricultural Water Management*, 243, 106524. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106524>
- Chattopadhyay, S. (2018). Challenges of water governance in the context of water quality problem: Comparative study of India, Indonesia and Germany. *Transactions of the Institute of Indian Geographers*, 40(2), 171–183. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85068528387&partnerID=40&md5=1dd8931521601388db1d1bd325ffacc3>
- Cruse, L., & Cooper, B. (2015). Politics, socio-economics and water allocations: A note on the limits of Integrated Water Resources Management. *Australasian Journal of Environmental Management*, 22(4), 388–399. <https://doi.org/10.1080/14486563.2015.1041068>
- Custódio, D. A., & Ghisi, E. (2023). Impact of residential rainwater harvesting on stormwater runoff. *Journal of Environmental Management*, 326. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116814>
- Domoń, A., Papciak, D., & Tchórzewska-Cieślak, B. (2023). Influence of Water Treatment Technology on the Stability of Tap Water. *Water (Switzerland)*, 15(5). <https://doi.org/10.3390/w15050911>
- Fioramonte, B., Campos, M. A. S., De Freitas, S. R., & Basso, R. E. (2022). Rainfall data used for rainwater harvesting systems: A bibliometric and systematic literature review. *Aqua Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 71(7), 816–834. <https://doi.org/10.2166/aqua.2022.034>
- Fu, P., Tian, J., Lyu, W., Huang, Y., Liu, Y., Lu, H., Yang, Q., Xiu, G., & Wang, H. (2022). Physical water treatment technology. *Huagong Xuebao/CIESC Journal*, 73(1), 59–72. <https://doi.org/10.11949/0438-1157.20210880>
- Fulazzaky, M. A. (2014). Challenges of integrated water resources management in Indonesia. *Water (Switzerland)*, 6(7), 2000–2020. <https://doi.org/10.3390/w6072000>
- Fulazzaky, M. A. (2017). Participation of farmers in irrigation water management in Indonesia: a review. *Irrigation and Drainage*, 66(2), 182–191. <https://doi.org/10.1002/ird.2085>
- Gandhi, V. P., & Johnson, N. (2020). Enhancing performance of participatory water institutions in the Eastern Indo-Gangetic plains: What can we learn from new institutional economics and governance theories? *Water (Switzerland)*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/w12010070>
- Handayani, W., Dewi, S. P., & Septiarani, B. (2023). Toward adaptive water governance: An examination on stakeholders engagement and interactions in Semarang City, Indonesia. *Environment, Development and Sustainability*, 25(2), 1914–1943. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02124-w>
- Haryani, G. S. (2021). Sustainable use and conservation of inland water ecosystem in Indonesia: Challenge for fisheries management in lake and river ecosystem. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 789(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/789/1/012023>

- Heryanto, T., Sharma, S. K., Daniel, D., & Kennedy, M. (2021). Estimating the economic level of water losses (Elwl) in the water distribution system of the city of Malang, Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/su13126604>
- Hilbig, J., & Rudolph, K.-U. (2019). Sustainable water financing and lean cost approaches as essentials for integrated water resources management and water governance: Lessons learnt from the Southern African context. *Water Science and Technology: Water Supply*, 19(2), 536–544. <https://doi.org/10.2166/ws.2018.099>
- Jennewein, J. S., & Jones, K. W. (2016). Examining 'willingness to participate' in community-based water resource management in a transboundary conservation area in Central America. *Water Policy*, 18(6), 1334–1352. <https://doi.org/10.2166/wp.2016.005>
- Joshi, A., Dandekar, I., Hargude, N., Shrotri, A. P., & Dandekar, A. R. (2019). Application of Internet of the Things (IoT) for the Water Conservation and Entrepreneurship in the Rural Area. *2019 IEEE Pune Section International Conference, PuneCon 2019*. <https://doi.org/10.1109/PuneCon46936.2019.9105807>
- Kavya, M., Mathew, A., Shekar, P. R., & P, S. (2023). Short term water demand forecast modelling using artificial intelligence for smart water management. *Sustainable Cities and Society*, 95. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104610>
- Li, C.-Y., Xie, S.-S., Wang, W.-W., Zhu, S.-J., Wen, C., Li, N.-H., & Luo, X. (2023). Effects of alternate drying-wetting cycles on biofilm characteristics and their microbial communities. *Zhongguo Huanjing Kexue/China Environmental Science*, 43(2), 854–862. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0.85148851051&partnerID=40&md5=718aa8de9ce50d7a53424f5e9663d24e>
- Li, L., & Huang, Y. (2023). Sustainable Agriculture in the Face of Climate Change: Exploring Farmers' Risk Perception, Low-Carbon Technology Adoption, and Productivity in the Guanzhong Plain of China. *Water (Switzerland)*, 15(12). <https://doi.org/10.3390/w15122228>
- Li, L., Rong, S., Wang, R., & Yu, S. (2021). Recent advances in artificial intelligence and machine learning for nonlinear relationship analysis and process control in drinking water treatment: A review. *Chemical Engineering Journal*, 405. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126673>
- Maryono, A., Nuranto, S., Sembada, P. T. S., & Petrus, H. T. B. M. (2022). GAMA-RainFilter: a modified rainwater harvesting technique to meet the demand of clean water in Indonesia. *International Journal of Hydrology Science and Technology*, 13(1), 1–22. <https://doi.org/10.1504/ijhst.2022.119272>
- Marzouk, O. A., & Mahrous, A. A. (2020). Sustainable Consumption Behavior of Energy and Water-Efficient Products in a Resource-Constrained Environment. *Journal of Global Marketing*, 33(5), 335–353. <https://doi.org/10.1080/08911762.2019.1709005>
- Miranda, G. M., & Reynard, E. (2020). Integrated water resources management in federations: The examples of Brazil and Switzerland. *Water (Switzerland)*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/w12071914>
- Mohammadzadeh, L., Ozerol, G., & Ghanian, M. (2023). Governance of Agricultural Water Management: How Does the EPSI Model Explain Iranian Farmers' Satisfaction? An Experience from Northwestern Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 25(1), 19–32. <https://doi.org/10.52547/jast.25.1.19>
- Mulyana, W., & Prasojo, E. (2020). Indonesia urban water governance: The interaction between the policy domain of urban water sector and actors network. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 15(2), 211–218. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.150211>
- Nagata, K., Shoji, I., Arima, T., Otsuka, T., Kato, K., Matsubayashi, M., & Omura, M. (2022). Practicality of integrated water resources management (IWRM) in different contexts. *International Journal of Water Resources Development*, 38(5), 897–919. <https://doi.org/10.1080/07900627.2021.1921709>
- Nnaji, C. C., Edeh, G. C., & Nnam, J. P. (2018). Status of domestic water supply and prospects of rainwater harvesting in Southeastern Nigeria. *International Journal of Water*, 12(1), 82–102. <https://doi.org/10.1504/IJW.2018.090189>

- Owusu, K., & Kofi Teye, J. (2015). Supplementing urban water supply with rainwater harvesting in Accra, Ghana. *International Journal of Water Resources Development*, 31(4), 630–639. <https://doi.org/10.1080/07900627.2014.927752>
- Patel, A., Kethavath, A., Kushwaha, N. L., Naorem, A., Jagadale, M., Sheetal, K. R., & Renjith, P. S. (2023). Review of artificial intelligence and internet of things technologies in land and water management research during 1991–2021: A bibliometric analysis. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 123. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106335>
- Peng, W., Ma, N. L., Zhang, D., Zhou, Q., Yue, X., Khoo, S. C., Yang, H., Guan, R., Chen, H., Zhang, X., Wang, Y., Wei, Z., Suo, C., Peng, Y., Yang, Y., Lam, S. S., & Sonne, C. (2020). A review of historical and recent locust outbreaks: Links to global warming, food security and mitigation strategies. *Environmental Research*, 191, 110046. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110046>
- Pereira, M. B., Botelho Meireles de Souza, G., Romano Espinosa, D. C., Pavão, L. V., Alonso, C. G., Cabral, V. F., & Cardozo-Filho, L. (2023). Simultaneous recycling of waste solar panels and treatment of persistent organic compounds via supercritical water technology. *Environmental Pollution*, 335. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122331>
- Prayoga, R., Nastiti, A., Schindler, S., Kusumah, S. W. D., Sutadian, A. D., Sundana, E. J., Simatupang, E., Wibowo, A., Budiwantoro, B., & Sedighi, M. (2021). Perceptions of drinking water service of the 'off-grid' community in cimahi, indonesia. *Water (Switzerland)*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/w13101398>
- Puspita, T., Dharmayanti, I., Tjandrarini, D. H., Zahra, Z., Anwar, A., Irianto, J., Rachmat, B., & Yunianto, A. (2023). Packaged drinking water in Indonesia: The determinants of household in the selection and management process. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, 13(7), 508–519. <https://doi.org/10.2166/washdev.2023.050>
- Qiao, N., Yue, A., Guan, H., Mu, L., & Ding, Y. (2022). How Effective Is Water Technology as a Water Scarcity Remedy for the Economy in China? *Water (Switzerland)*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/w14193056>
- Rahayu, P., Woltjer, J., & Firman, T. (2021). Shared water resources in decentralized city regions: mixed governance arrangements in Indonesia. *Urban Water Journal*, 18(9), 771–781. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2021.1931358>
- Rimba, A. B., Chapagain, S. K., Masago, Y., Fukushi, K., & Mohan, G. (2019). Investigating water sustainability and land use/land cover change (LULC) as the impact of tourism activity in Bali, Indonesia. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2019-July*, 6531–6534. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2019.8900060>
- Rizal, S., Setiawan, I., Boihaki, B., Haditjar, Y., Iskandar, T., & Sugianto, S. (2018). Simulation of current using a two-dimensional numerical model in the Aceh Barat Daya waters, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 216(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/216/1/012019>
- Salminen, J., Määttä, K., Haimi, H., Maidell, M., Karjalainen, A., Noro, K., Koskiahho, J., Tikkanen, S., & Pohjola, J. (2022). Water-smart circular economy – Conceptualisation, transitional policy instruments and stakeholder perception. *Journal of Cleaner Production*, 334. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130065>
- Samadi-Foroushani, M., Keyhanpour, M. J., Musavi-Jahromi, S. H., & Ebrahimi, H. (2022). Integrated Water Resources Management Based on Water Governance and Water-food-energy Nexus through System Dynamics and Social Network Analyzing Approaches. *Water Resources Management*, 36(15), 6093–6113. <https://doi.org/10.1007/s11269-022-03343-6>
- Setyanto, P., Pramono, A., Adriany, T. A., Susilawati, H. L., Tokida, T., Padre, A. T., & Minamikawa, K. (2018). Alternate wetting and drying reduces methane emission from a rice paddy in Central Java, Indonesia without yield loss. *Soil Science and Plant Nutrition*, 64(1), 23–30. <https://doi.org/10.1080/00380768.2017.1409600>
- Sharma, S. K., Seetharaman, A., & Maddulety, K. (2021). Framework for Sustainable Urban Water Management in Context of Governance, Infrastructure, Technology and

- Economics. *Water Resources Management*, 35(12), 3903–3913. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02916-1>
- Shekhar, S., Mailapalli, D. R., & Raghuvanshi, N. S. (2021). Simulating nitrogen transport in paddy crop irrigated with alternate wetting and drying practice. *Paddy and Water Environment*, 19(3), 499–513. <https://doi.org/10.1007/s10333-021-00850-x>
- Sujarwo, M. W., Indarto, I., & Mandala, M. (2021). Modelling erosion and sedimentation in a small watershed, East Java, Indonesia. *Journal of Water and Land Development*, 50.
- Sultana, F. (2013). Water, technology, and development: Transformations of development technonatures in changing waterscapes. *Environment and Planning D: Society and Space*, 31(2), 337–353. <https://doi.org/10.1068/d20010>
- Umami, A., Sukmana, H., Wikurendra, E. A., & Paulik, E. (2022). A review on water management issues: potential and challenges in Indonesia. *Sustainable Water Resources Management*, 8(3). <https://doi.org/10.1007/s40899-022-00648-7>
- Urfanisa, D., Kazama, S., & Takizawa, S. (2022). Evaluation of a Slum Upgrading Program for Improvement of Water Supply in Bandung City, Indonesia. *Water (Switzerland)*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/w14193025>
- Utami, R. R., Geerling, G. W., Salami, I. R. S., Notodarmojo, S., & Ragas, A. M. J. (2023). Mapping domestic water use to quantify water-demand and water-related contaminant exposure in a peri-urban community, Indonesia. *International Journal of Environmental Health Research*. <https://doi.org/10.1080/09603123.2022.2163986>
- Vekaria, D., Vishwakarma, A., & Sinha, S. (2022). Using Artificial Intelligence for Water Pipeline Infrastructure Asset Management. *Pipelines 2022: Planning and Design - Proceedings of Sessions of the Pipelines 2022 Conference*, 4, 9–17. <https://doi.org/10.1061/9780784484302.002>
- Walsh, T., & Mellor, J. (2020). Comparative life cycle assessment of four commonly used point-of-use water treatment technologies. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, 10(4), 826–873. <https://doi.org/10.2166/washdev.2020.158>
- Wang, J., Liu, L., Zhao, K., & Wen, Q. (2023). Farmers' adoption intentions of water-saving agriculture under the risks of frequent irrigation-induced landslides. *Climate Risk Management*, 39, 100484. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2023.100484>
- Xiao, Y., & Watson, M. (2019). Guidance on Conducting a Systematic Literature Review. *Journal of Planning Education and Research*, 39(1), 93–112. <https://doi.org/10.1177/0739456X17723971>
- Xu, M., Bai, X., Pei, L., & Pan, H. (2016). A research on application of water treatment technology for reclaimed water irrigation. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(35), 15930–15937. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.05.020>
- Yusuf, W. A., Syahbuddin, H., Anwar, K., & Ratmini, N. P. (2021). Water management and application of organic matter for rice cultivation on acid sulphate soil in South Sumatera, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 648(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/648/1/012022>
- Zhai, W., Ling, F. Y. Y., Ding, J., & Wang, Z. (2023). Boosting stakeholders' intention to participate in socially responsible collective action in megaprojects: perspectives of mega water transfer projects in China. *Engineering, Construction and Architectural Management*. <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2022-0903>
- Zhang, X. (2023). Green Construction Optimization of Urban Water Environment Governance Based on Artificial Intelligence. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 173, 441–448. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-31775-0\\_45](https://doi.org/10.1007/978-3-031-31775-0_45)
- Zhao, L., Dai, T., Qiao, Z., Sun, P., Hao, J., & Yang, Y. (2020). Application of artificial intelligence to wastewater treatment: A bibliometric analysis and systematic review of technology, economy, management, and wastewater reuse. *Process Safety and Environmental Protection*, 133, 169–182. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.11.014>

**Biografi Penulis**

**AISYAH QANITA**, mahasiswa Program Studi PJJ Manajemen, BINUS Online Learning, Universitas Bina Nusantara, Jakarta, Indonesia.

- Email: [aisyah.qonita@binus.ac.id](mailto:aisyah.qonita@binus.ac.id)
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -