



Analisis Ketahanan Infrastruktur Pengelolaan Air Limbah Domestik di Jakarta (Studi Kasus *Jakarta Sewerage Development Project*)

Aldy Marzio¹, Abdul Rivai Ras², Stanislaus Riyanta³

Universitas Indonesia, Indonesia

Email: aldymarzio@gmail.com, brorivai@idu.ac.id, stanislaus@ui.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ketahanan infrastruktur pengelolaan air limbah domestik di Jakarta, khususnya Jakarta Sewerage Development Project (JSDP), dan merumuskan sejumlah rekomendasi kebijakan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kualitatif dengan tipe analitik. Dalam melakukan analisis dan merumuskan rekomendasi kebijakan, peneliti berpijak pada model inkremental yang menekankan perbaikan terhadap kebijakan yang sudah ada. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembangunan JSDP merupakan kebijakan yang sangat diperlukan oleh masyarakat untuk mengatasi minimnya cakupan layanan pengelolaan air limbah domestik di Jakarta yang berdampak pada kesehatan. Agar JSDP mampu menjadi infrastruktur yang tangguh sekaligus sebagai infrastruktur untuk mendukung ketahanan sosial dan ekonomi, diperlukan penerapan enam prinsip ketahanan infrastruktur. Selain itu, perlu juga pelibatan aktif masyarakat dalam proses pengambilan keputusan agar tercipta kondisi yang lebih terukur dan saling mengawasi. Meskipun pembangunan JSDP telah mencerminkan tujuan pembangunan berkelanjutan, namun proyek ini masih menimbulkan tantangan terhadap dimensi lingkungan karena memicu deforestasi dan mengurangi keberadaan ruang terbuka hijau. Oleh karena itu, peneliti merumuskan beberapa rekomendasi kebijakan yang meliputi rekomendasi umum, rekomendasi terkait isu teknis dan konstruksi, rekomendasi terkait isu lingkungan, rekomendasi terkait isu sosial dan kelembagaan, serta rekomendasi terkait isu pembiayaan.

Kata Kunci: Air Limbah Domestik; Jakarta Sewerage *Development Project*; Kebijakan Publik; Ketahanan Infrastruktur

ABSTRACT

This research aims to analyze the resilience of domestic wastewater management infrastructure in Jakarta, especially the Jakarta Sewerage Development Project (JSDP), and formulate a number of policy recommendations. The method used in this paper is qualitative with an analytical type. In conducting the analysis and formulating policy recommendations, the researcher is based on an incremental model that emphasizes improvements to existing policies. The results of this paper indicate that the development of JSDP is a policy that is very much needed by the community to overcome the minimal coverage of domestic wastewater management services in Jakarta which has an impact on health. In order for JSDP to be a resilient infrastructure as well as an infrastructure to support social and economic resilience, the application of six principles of infrastructure resilience is needed. In addition, active community involvement in the decision-making process is also needed to create more measurable conditions and mutual supervision. Although the development of JSDP has reflected the goals of sustainable development, this project still poses challenges to the environmental dimension because it triggers deforestation and reduces the existence of green open spaces. Therefore, the researcher formulates several policy recommendations including general recommendations, recommendations related to technical and construction issues, recommendations related to environmental issues, recommendations related to social and institutional issues, and recommendations related to financing issues.

PENDAHULUAN

Menurut Peraturan Daerah Provinsi Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta Nomor 10 tahun 2024 tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik, air limbah domestik merupakan “air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama.” Air limbah itu sendiri didefinisikan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah sebagai “sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair.” Air limbah domestik terbagi menjadi dua jenis, yakni *black water* dan *grey water*. *Black water* meliputi campuran feses, urine, tisu toilet, serta air bilasan. Sedangkan, *grey water* merupakan limbah non-industri dari aktivitas rumah tangga, seperti mencuci piring, mencuci pakaian, dan mandi. *Grey water* menyumbang 55% hingga 75% dari total komposisi air limbah domestik (Saman et al., 2023).

Menurut Al Kholif (2020), air limbah domestik terdiri dari 99,9% air dan 0,1% padatan. Komponen padatan tersebut terbagi menjadi kandungan organik sebesar 70% dan kandungan anorganik sebesar 30%. Kandungan organik meliputi protein, lemak, dan karbohidrat. Sedangkan, kandungan anorganik meliputi bahan butiran, logam, dan garam-garaman (p. 5). Terdapat sejumlah sumber pencemaran air limbah domestik, yakni: (1) Aktivitas domestik rumah tangga, seperti *grey water* (air sisa mandi, cucian, limbah cair dari dapur) dan *black water* (limbah dari tangki septik). (2) Aktivitas komersial, seperti air limbah domestik dari rumah sakit, hotel, restoran, dan perkantoran. (3) Aktivitas domestik pada industri. (4) Aktivitas peternakan, seperti air dari tempat pemotongan hewan dan pencucian kandang (Al Kholif, 2020, p. 4).

Tingkat pencemaran di Jakarta mengalami peningkatan yang signifikan. Hal ini berdampak pada memburuknya kualitas air tanah dan air permukaan. Salah satu penyebab utamanya adalah aktivitas manusia yang memproduksi limbah cair, ditambah dengan kebiasaan warga yang membuang air limbah langsung ke badan air. Situasi ini semakin diperparah oleh rendahnya tingkat kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga lingkungan. Menurut hasil penelitian oleh *Japan International Cooperation Agency* (JICA), rata-rata volume air limbah domestik rumah tangga di Jakarta telah mencapai 147 liter per orang per hari pada tahun 2020. Berdasarkan data tersebut, total volume air limbah di Jakarta sebesar 1.316.113 m³ per hari. Jumlah ini terbagi atas air limbah domestik sebesar 1.038.205 m³ per hari, air limbah dari perkantoran dan kawasan komersial sebesar 448.933 m³ per hari, serta air limbah industri sebesar 105.437 m³ per hari. Air limbah domestik rumah tangga memiliki kontribusi paling besar terhadap pencemaran air, yaitu sebesar 75%, diikuti oleh air limbah dari perkantoran dan kawasan komersial sebesar 15%, serta air limbah industri sebesar 10%. Apabila ditinjau dari beban polutan organik, air limbah rumah tangga menyumbang sebesar 70%, air limbah perkantoran sebesar 14%, dan air limbah industri sebesar 16%. Temuan ini menunjukkan bahwa air limbah domestik rumah tangga menjadi sumber utama pencemaran air di Jakarta (Saman et al., 2023).

Aldy Marzio, Abdul Rivai Ras, Stanislaus Riyanta

Analisis Ketahanan Infrastruktur Pengelolaan Air Limbah Domestik di Jakarta (Studi Kasus Jakarta Sewerage Development Project)

Berdasarkan penelitian oleh Pusat Penelitian Pengembangan Perkotaan dan Lingkungan DKI Jakarta, sekitar 80% pencemaran sungai di Jakarta bersumber dari limbah domestik rumah tangga, sedangkan 20% sisanya bersumber dari limbah industri. Kondisi ini mencerminkan ketertinggalan yang cukup signifikan apabila dibandingkan dengan kota-kota besar di negara Asia. Data dari *Asian Development Bank* pada tahun 2004 mengungkapkan bahwa sebagian besar penduduk pada sejumlah kota besar di Asia sudah menikmati layanan sistem pembuangan air limbah domestik berbasis teknologi mutakhir, seperti di Hongkong, Osaka, dan Singapura yang cakupan layanan pengolahannya sebesar 100%, diikuti oleh Seoul sebesar 98%, Chengdu sebesar 85%, Kuala Lumpur sebesar 80%, Shanghai sebesar 68%, serta Delhi sebesar 60% (Saman et al., 2023). Sedangkan, menurut tinjauan terhadap Rencana Induk Pengelolaan Air Limbah di DKI Jakarta tahun 2012, jangkauan layanan air limbah domestik di Jakarta hanya sebesar 1,26% (Wirawan, 2019).

Salah satu bukti bahwa sistem pengelolaan air limbah domestik di Jakarta saat ini menimbulkan dampak serius terhadap penurunan kualitas air permukaan dan air tanah adalah tingginya konsentrasi bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*). Kehadiran *E. coli* tersebut menjadi penanda utama adanya pencemaran air oleh limbah domestik, khususnya limbah yang bersumber dari feses. Keberadaan *E. coli* tidak hanya menunjukkan pencemaran, namun juga membuka kemungkinan adanya mikroorganisme enterik patogen lain. Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta pada tahun 2011 menunjukkan bahwa sekitar 77% air tanah dan 82% sungai di Jakarta sudah tercemar oleh *E. coli*, menjadikannya tidak memenuhi standar sebagai sumber air minum (Saman et al., 2023). Sebagai negara berkembang, Indonesia sangat memerlukan peningkatan akses terhadap sistem pengelolaan air limbah domestik yang lebih baik. Berdasarkan temuan Organisasi Kesehatan Dunia, tidak memadainya pengelolaan air limbah domestik mengakibatkan 85% hingga 90% kasus diare pada negara-negara berkembang. Hal ini turut berkontribusi terhadap kematian sekitar 1,6 juta balita setiap tahunnya (Wirawan, 2019).

Dalam rangka memperbaiki pengelolaan air limbah di Jakarta, pemerintah melakukan pembangunan *Jakarta Sewerage System* (JSS) melalui *Jakarta Sewerage Development Project* (JSDP) yang mencakup 15 zona, termasuk Zona 0 yang telah lebih dulu beroperasi. Kini, proyek tersebut sedang dalam pembangunan pada Zona 1 dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Pluit dan akan melayani wilayah Jakarta Pusat, Jakarta Barat, serta Jakarta Utara. Sebagai Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T), JSS berfungsi untuk mengalirkan air limbah domestik dari sumbernya melalui sistem perpipaan ke sub-sistem pengolahan terpusat. Limbah kemudian akan diolah agar memenuhi standar baku mutu dan tidak menyebabkan pencemaran. Pembangunan JSDP Zona 1 diproyeksikan mampu melayani 989.000 penduduk atau sekitar 220.000 sambungan rumah yang meliputi 80% populasi di Zona 1 dan 7,82% dari total populasi Jakarta. Keberadaan JSS juga diharapkan dapat memperluas jangkauan layanan pengelolaan air limbah, meningkatkan kualitas lingkungan terutama kondisi air tanah dan air permukaan, serta menurunkan risiko penyebaran penyakit yang diakibatkan oleh pencemaran air (Perwakilan BPKP Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta, 2024).

Aldy Marzio, Abdul Rivai Ras, Stanislaus Riyanta

Analisis Ketahanan Infrastruktur Pengelolaan Air Limbah Domestik di Jakarta (Studi Kasus Jakarta Sewerage Development Project)

Perlu diketahui, sistem pengelolaan limbah yang ada belum sepadan dengan perkembangan Jakarta, yakni cakupan wilayahnya hanya sebesar 4% dari total wilayah dengan kadar pencemaran *Biochemical Oxygen Demand* mencapai 84 mg/L. Dengan demikian, Jakarta berada di urutan kedua terbawah dalam hal sanitasi di antara ibu kota lainnya di Asia Tenggara (Komite Percepatan Penyediaan Infrastruktur Prioritas, n.d.). Adapun 15 zona dalam JSDP terdiri dari: Zona 0 di Waduk Setiabudi, Zona 1 di Waduk Pluit, Zona 2 di Waduk Muara Angke, Zona 3 di Hutan Kota Srengseng, Zona 4 di Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Pulo Gebang, Zona 5 di Waduk Sunter Utara, Zona 6 di Duri Kosambi, Zona 7 di Kamal Pegadungan, Zona 8 di Waduk Marunda, Zona 9 di Situ Rawa Rorotan, Zona 10 di IPLT Pulo Gebang, Zona 11 di Waduk Uluhami, Zona 12 di Kebun Binatang Ragunan, Zona 13 di Waduk Kampung Dukuh, dan Zona 14 di Waduk RW 05 Ceger (Wiguna, 2022).

Pembangunan JSDP Zona 1 merupakan proyek Kementerian Pekerjaan Umum yang dibiayai melalui pinjaman dari JICA. Proyek ini juga termasuk dalam daftar Proyek Strategis Nasional seperti yang tertuang dalam Peraturan Presiden Nomor 109 Tahun 2020. Selain dukungan dari pemerintah pusat, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta turut mendukung pelaksanaannya melalui Peraturan Gubernur Nomor 41 Tahun 2016 tentang Rencana Induk Pengembangan Infrastruktur Pengelolaan Air Limbah Domestik. Sistem pengolahan air limbah sangatlah krusial bagi Jakarta mengingat tingginya tingkat kepadatan penduduk. Limbah dari sektor rumah tangga, perkantoran, dan area komersial perlu diproses terlebih dahulu melalui IPAL agar kualitas air hasil buangan memenuhi standar sebelum disalurkan ke badan air. Selain itu, masih banyak rumah yang membangun tangki septik dalam jarak yang dekat dengan sumur air tanah (kurang dari 10 meter) karena keterbatasan lahan permukiman di Jakarta.

Apabila tangki septik tidak kedap atau terlalu dekat, maka risiko kontaminasi air tanah oleh bakteri meningkat secara signifikan. Pekerjaan konstruksi Zona 1 dari proyek ini dilaksanakan oleh empat penyedia jasa yang disebut sebagai OWJJ (Obayashi, Wijaya Karya, Jaya Konstruksi, dan JFE Engineering) dengan total nilai pekerjaan mencapai 3,23 triliun rupiah. Pembangunan JSDP Zona 1 dimulai sejak 18 April 2023 dan ditargetkan rampung pada 16 Oktober 2027 (Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum, 2024).

Diana Kusumastuti, selaku Wakil Menteri Pekerjaan Umum, menyebutkan bahwa JSDP Zona 1 dirancang sebagai solusi untuk menangani pengelolaan limbah di Jakarta. Menurutnya, keberadaan sistem ini sangat mendesak, mengingat Jakarta merupakan pusat aktivitas ekonomi dan administrasi yang memproduksi limbah domestik dalam volume besar dan berisiko tinggi mengakibatkan pencemaran lingkungan, khususnya sumber air tanah. Diana menjelaskan bahwa salah satu penyebab utama pencemaran lingkungan di Jakarta adalah minimnya infrastruktur IPAL yang layak sehingga limbah domestik kerap dibuang langsung ke sungai atau badan air lainnya tanpa adanya proses pengelolaan yang memadai. Oleh karena itu, JSDP Zona 1 memiliki tujuan untuk membangun sistem jaringan perpipaan dan fasilitas pengelolaan air limbah secara lebih komprehensif. Diharapkan bahwa hal ini akan meningkatkan taraf hidup masyarakat dengan menjamin limbah dikelola secara benar, menekan pencemaran lingkungan, dan mengurangi risiko penyakit yang disebabkan oleh kontaminasi air (Pramudatama, 2024).

Aldy Marzio, Abdul Rivai Ras, Stanislaus Riyanta

Analisis Ketahanan Infrastruktur Pengelolaan Air Limbah Domestik di Jakarta (Studi Kasus Jakarta Sewerage Development Project)

Pembangunan infrastruktur pengelolaan air limbah di Jakarta, khususnya JSDP, tentu merupakan perkara penting. Hal ini juga sesuai dengan misi nomor tiga dalam delapan misi Asta Cita yang hendak diwujudkan oleh Presiden Prabowo Subianto dan Wakil Presiden Gibran Rakabuming Raka. Misi nomor tiga tersebut berbunyi “meningkatkan lapangan kerja yang berkualitas, mendorong kewirausahaan, mengembangkan industri kreatif, dan melanjutkan pengembangan infrastruktur” (Portal Informasi Indonesia, 2024). Meskipun demikian, proyek tersebut tidak terlepas dari beberapa kendala, tantangan, dan risiko. Menurut Hendri, selaku sekretaris Dinas Sumber Daya Air (SDA) Provinsi DKI Jakarta, terdapat sejumlah kendala yang dihadapi dalam pelaksanaan JSDP Zona 1. Salah satunya adalah banyaknya utilitas bawah tanah yang harus dipindahkan terlebih dahulu. Kabel listrik, pipa distribusi air bersih, pipa gas, serta jaringan serat optik memerlukan penanganan khusus agar tidak terganggu atau mengalami kerusakan saat proses konstruksi berlangsung. Selain itu, tingginya permukaan air tanah di beberapa lokasi memperumit proses penggalian. Pembangunan ini turut memerlukan sinergi dengan sejumlah lembaga, seperti Dinas Perhubungan, Dinas Lingkungan Hidup, serta pemerintah daerah yang bersangkutan. Setiap kegiatan yang dilakukan di ruang publik pun harus melalui proses perizinan yang kerap memakan waktu (Rachmadina & Hidayat, 2025). Mahendra Vijaya selaku Sekretaris PT Wijaya Karya juga menyatakan bahwa tantangan dalam pengerjaan JSDP terkait dengan keterbatasan lahan serta minimnya pengetahuan dan kesadaran masyarakat mengenai pentingnya saluran pengelolaan limbah (Salsabila, 2024).

Asrorudin dan Widiyanto (2025) mengemukakan bahwa terdapat sejumlah risiko yang teridentifikasi terkait dengan pembangunan JSDP Zona 1. Pertama, potensi terganggunya jaringan utilitas bawah tanah saat proses penggalian. Hal ini dapat mengarah pada penundaan proyek, penambahan biaya, serta gangguan terhadap layanan publik yang meliputi listrik, air, dan telekomunikasi. Kedua, faktor cuaca yang tidak dapat diprediksi. Curah hujan tinggi serta karakteristik tanah yang labil berpotensi memperlambat aktivitas lapangan dan meningkatkan risiko kecelakaan kerja. Ketiga, fluktuasi harga. Ketidakstabilan harga bahan bakar dan material bangunan dapat memengaruhi anggaran proyek. Keempat, kurangnya tenaga kerja yang berkeahlian khusus. Minimnya tenaga kerja terampil, terutama dalam pemasangan jaringan pipa air limbah, berpotensi menurunkan efisiensi proyek dan menyebabkan pengerjaan ulang (p. 724). Selain itu, terdapat pula permasalahan lingkungan yang menjadi sorotan terkait dengan pembangunan JSDP. Menurut Syamsumarlin, selaku Direktur Eksekutif Badan Koordinasi Nasional Lembaga Konsultasi dan Bantuan Hukum Mahasiswa Islam, pembangunan JSDP berkontribusi terhadap hilangnya ruang terbuka hijau (RTH) di sekitar Waduk Pluit, serta memicu deforestasi yang memperburuk minimnya proporsi RTH di Jakarta. Berdasarkan Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, proporsi ideal RTH di Jakarta adalah 30% dari total luas wilayah, namun realisasinya hanya mencapai 5,18% (Tim TVOne, 2023).

Menurut Soetono (2024), permasalahan utama dalam pengembangan fasilitas pengolahan air limbah domestik terletak pada keterbatasan sumber daya dan model pembiayaan, baik untuk kebutuhan investasi awal maupun biaya operasional dan pemeliharaan.

Kendala ini semakin diperparah oleh rendahnya tingkat kesiapan masyarakat dalam menerima konsep pengelolaan air limbah yang mengharuskan adanya pengeluaran biaya, seperti untuk sambungan instalasi serta pembayaran layanan pengelolaan limbah secara berkala. Hal ini terutama terjadi karena masyarakat, khususnya kelompok ekonomi menengah ke bawah yang jumlahnya cukup besar, belum terbiasa membayar layanan tersebut. Selama ini, mereka kerap membuang air limbah domestik secara langsung ke badan air tanpa proses pengelolaan secara layak, atau dibiarkan meresap ke tanah (p. 912).

Penelitian sebelumnya menunjukkan tantangan besar dalam pengelolaan air limbah di Jakarta, namun masih terdapat celah yang belum banyak dieksplorasi. Putri (2024) menyoroti risiko ekologis dari proyek pengelolaan air limbah terpusat berskala besar seperti Jakarta Sewerage Development Project (JSDP), serta menyarankan pendekatan desentralisasi berbasis komunitas agar lebih berkelanjutan dan inklusif. Namun, penelitian ini tidak membahas secara rinci kendala implementatif seperti relokasi utilitas bawah tanah, keterbatasan tenaga kerja terampil, dan hambatan pembiayaan. Sementara itu, Murwendah et al. (2020) mengidentifikasi hambatan teknis dan kelembagaan dalam pembangunan infrastruktur limbah domestik di DKI Jakarta, seperti minimnya keterlibatan swasta, kurangnya integrasi perencanaan kota, dan lemahnya skema pendanaan. Meski analisis mereka cukup komprehensif, fokusnya belum menyoroti permasalahan spesifik yang muncul pada zona prioritas seperti Zona 1 di Pluit.

Berdasarkan uraian permasalahan yang mencakup aspek teknis, lingkungan, sosial, kelembagaan, dan pembiayaan dalam pembangunan Jaringan Sistem Drainase Perkotaan (JSDP) di Jakarta, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ketahanan infrastruktur pengelolaan air limbah domestik, dengan fokus pada tantangan dan hambatan yang dihadapi dalam implementasinya. Melalui analisis yang mendalam terhadap permasalahan-permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merumuskan sejumlah rekomendasi kebijakan yang tepat guna, berkelanjutan, dan kontekstual dengan kondisi lokal Jakarta. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan kebijakan infrastruktur pengelolaan air limbah domestik yang tangguh, adaptif terhadap perubahan lingkungan, serta mampu menjawab kebutuhan masyarakat perkotaan dalam jangka panjang, baik dari segi teknis maupun sosial-institusional.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan tipe analitik. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk mendeskripsikan karakteristik tertentu, namun juga untuk menganalisis serta menjelaskan alasan atau mekanisme di balik terjadinya suatu fenomena (Noor, 2015). Untuk keperluan penyusunan penelitian ini, peneliti mengumpulkan data sekunder. Tipe data sekunder yang digunakan adalah dokumenter tertulis berupa sejumlah artikel jurnal dan situs web. Dalam melakukan analisis dan merumuskan rekomendasi kebijakan, peneliti berpijak pada model inkremental yang dikemukakan oleh Lindblom. Model inkremental berupaya memperkuat kebijakan yang sudah ada dengan melakukan perbaikan secara bertahap, bukan membuat kebijakan baru (Arefin, 2022, p. 65). Dengan demikian, dalam penelitian ini, peneliti memandang bahwa pembangunan JSDP sebagai infrastruktur

pengelolaan air limbah domestik di Jakarta merupakan kebijakan yang perlu dilanjutkan oleh pemerintah dengan melakukan sejumlah modifikasi atau perbaikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kehadiran JSDP sebagai infrastruktur pengelolaan air limbah domestik di Jakarta tentu sangat diperlukan mengingat fakta bahwa kini cakupan wilayah sistem pengelolaan air limbah hanya sebesar 4% dari total wilayah Jakarta. Minimnya sistem pengelolaan air limbah tersebut menjadikan Jakarta di posisi kedua terbawah dalam hal sanitasi di antara sejumlah ibu kota di Asia Tenggara (Komite Percepatan Penyediaan Infrastruktur Prioritas, n.d.). Tidak memadainya sistem pengelolaan air limbah domestik di Jakarta tersebut sangatlah berdampak besar bagi kesehatan masyarakat, sebagaimana yang ditunjukkan dengan tingginya konsentrasi bakteri *E. coli* di air tanah dan sungai di Jakarta (Saman et al., 2023). Selain itu, Organisasi Kesehatan Dunia juga menunjukkan bahwa ketidaklayakan pengelolaan air limbah domestik dapat mengakibatkan 85% hingga 90% kasus diare pada negara-negara berkembang, yang mana hal ini berkontribusi terhadap kematian sekitar 1,6 juta balita setiap tahunnya (Wirawan, 2019). Fakta tersebut dapat menjadi dasar bagi para pembuat kebijakan, khususnya pemerintah, untuk menjadikan JSDP sebagai proyek prioritas.

Pembangunan JSDP tentu harus memperhatikan enam prinsip ketahanan infrastruktur yang diuraikan oleh *UN Office for Disaster Risk Reduction* (2022). Hal ini agar infrastruktur pengelolaan air limbah domestik di Jakarta tersebut dapat memiliki daya tahan dan adaptabilitas yang baik terhadap berbagai bahaya yang mungkin terjadi pada masa kini maupun di masa mendatang. Merujuk pada enam prinsip ketahanan infrastruktur, peneliti menganalisis bahwa pemerintah perlu melakukan sejumlah hal sebagai berikut dalam rangka menjadikan JSDP sebagai infrastruktur yang tangguh:

1. Prinsip “Belajar secara Terus-Menerus”

Pemerintah harus memiliki wawasan yang komprehensif mengenai tantangan-tantangan yang mungkin dihadapi dan berpotensi mengganggu ketahanan infrastruktur JSDP. Dalam hal ini, terdapat langkah-langkah yang dapat dilakukan oleh pemerintah, yakni:

- a. Memanfaatkan teknologi pemantauan berbasis sensor dan digital agar dapat mendeteksi adanya gangguan-gangguan seperti kebocoran pipa, penyumbatan, dan kelebihan beban pada sistem IPAL secara *real-time*. Dengan demikian, pemerintah pun dapat menanggapi secara dini dan lebih cepat sebelum gangguan-gangguan tersebut menghasilkan dampak negatif yang lebih besar.
- b. Melakukan uji ketahanan untuk dapat mengidentifikasi bagaimana infrastruktur JSDP menanggapi gangguan-gangguan seperti peristiwa banjir yang dapat merusak jaringan pipa, pemadaman listrik yang memengaruhi kinerja IPAL, dan peningkatan jumlah penduduk yang dapat memperbesar beban sistem. Dengan demikian, pemerintah dapat melakukan perbaikan atau penguatan desain dan sistem.
- c. Melakukan penguatan kapasitas sumber daya manusia secara berkala, mengingat bahwa masih minimnya tenaga kerja dengan keahlian khusus yang terlibat dalam pengerjaan JSDP.

2. Prinsip “Dilindungi secara Proaktif”

Pemerintah harus mampu melindungi JSDP dari berbagai bahaya yang telah diketahui maupun belum diketahui. Dalam hal ini, terdapat langkah-langkah yang dapat dilakukan oleh pemerintah, yakni:

- a. Membangun IPAL dan jaringan pipa dengan desain yang tahan air dan tahan tekanan, mengingat bahwa Jakarta merupakan wilayah yang rawan banjir dan gempa.
- b. Merancang perencanaan manajemen darurat secara matang, seperti alur pemulihan layanan dan prosedur *shutdown* yang jelas dan aman apabila terjadi gangguan-gangguan yang diakibatkan oleh bencana alam maupun kegagalan sistem.
- c. Mengembangkan standar perlindungan utilitas bawah tanah, mengingat bahwa pembangunan JSDP bersinggungan dengan kabel listrik, pipa distribusi air bersih, pipa gas, dan jaringan serat optik yang berada di bawah tanah.
- d. Berkomitmen pada pemeliharaan dan inspeksi secara rutin, sehingga dapat mencegah berkembangnya kerusakan kecil menjadi kegagalan sistem yang lebih besar.

3. Prinsip “Terintegrasi dengan Lingkungan”

Pemerintah harus mengintegrasikan upaya perlindungan lingkungan dalam pembangunan JSDP. Dalam hal ini, terdapat langkah-langkah yang dapat dilakukan oleh pemerintah, yakni:

- a. Memperluas kawasan hijau di lokasi lain sebagai bentuk kompensasi atas RTH yang hilang akibat pembangunan JSDP.
- b. Memanfaatkan informasi ekosistem, misalnya data mengenai kondisi vegetasi, dalam menentukan lokasi pemasangan jaringan perpipaan agar tidak merusak ekosistem yang ada.

4. Prinsip “Terlibat secara Sosial”

Pemerintah harus turut melibatkan masyarakat luas untuk memastikan bahwa infrastruktur pengelolaan air limbah domestik pada JSDP dapat diterima dan berfungsi sesuai harapan. Dalam hal ini, terdapat langkah-langkah yang dapat dilakukan oleh pemerintah, yakni:

- a. Menggencarkan edukasi tentang pentingnya sanitasi dan manfaat jangka panjang dari pembangunan JSDP, misalnya melalui kampanye publik dan kurikulum sekolah.
- b. Menyediakan aplikasi pelaporan agar masyarakat dapat secara aktif melaporkan adanya gangguan atau kegagalan pada infrastruktur pengelolaan air limbah domestik yang telah dibangun.

5. Prinsip “Tanggung Jawab Bersama”

Pemerintah harus mendorong semua pihak yang terlibat dalam pembangunan dan operasionalisasi JSDP untuk bersama-sama bertanggung jawab atas ketahanan infrastrukturnya. Dalam hal ini, terdapat langkah-langkah yang dapat dilakukan oleh pemerintah, yakni:

- a. Menggunakan sistem pelaporan dan dokumentasi yang terstandarisasi, sehingga pihak-pihak yang terlibat seperti Kementerian Pekerjaan Umum, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, JICA, dan kontraktor dapat memiliki akses ke informasi yang sama tanpa adanya miskomunikasi.

- b. Memanfaatkan *dashboard* atau sistem informasi berbasis digital yang dapat diakses oleh seluruh pemangku kepentingan untuk saling berbagi data teknis, kemajuan proyek, dan laporan keuangan secara *real-time* sehingga memudahkan koordinasi.
- c. Membentuk unit kerja lintas instansi agar tercipta koordinasi yang kuat dan formal sehingga mempercepat pengambilan keputusan.
- d. Menyusun dokumen pembagian tugas dan peran yang jelas sehingga mencegah kerancuan mengenai siapa yang bertanggung jawab atas pengawasan dan pemeliharaan infrastruktur serta sosialisasi kepada masyarakat.

6. Prinsip “Bertransformasi secara Adaptif”

Pemerintah harus memastikan bahwa infrastruktur pengelolaan air limbah domestik pada JSDP mampu beradaptasi dan berubah sesuai kebutuhan. Dalam hal ini, terdapat langkah-langkah yang dapat dilakukan oleh pemerintah, yakni:

- a. Memiliki protokol penanganan situasi darurat dan opsi pembaruan desain untuk menanggapi situasi yang tidak terduga, misalnya lonjakan jumlah penduduk, pola penggunaan air yang berubah, bencana alam, dan sebagainya.
- b. Melakukan audit pasca-gangguan agar dapat belajar dari gangguan-gangguan yang sudah terjadi untuk kemudian melakukan peningkatan kualitas layanan.
- c. Menerapkan strategi tarif progresif untuk layanan pengelolaan air limbah domestik sehingga dapat tetap terjaga keberlangsungan operasionalnya. Misalnya, masyarakat berpenghasilan rendah dikenakan tarif yang lebih rendah atau disubsidi. Sedangkan, masyarakat kelas menengah dan atas dikenakan tarif yang lebih besar sesuai dengan kemampuan ekonominya.

Mengacu pada konsep ketahanan infrastruktur, JSDP tidak hanya dapat dilihat sebagai infrastruktur yang tangguh terhadap berbagai gangguan (*resilient infrastructure*), melainkan juga sebagai infrastruktur untuk mendukung ketahanan (*infrastructure for resilience*). *Infrastructure for resilience* itu sendiri berarti infrastruktur yang berperan dalam memperkuat ketahanan sosial, ekonomi, atau sistem secara lebih luas tanpa menciptakan atau menumpuk risiko sistemik yang baru (Coalition for Disaster Resilient Infrastructure, 2023, p. 33). Peneliti menganalisis bahwa JSDP merupakan infrastruktur pengelolaan air limbah domestik yang turut berkontribusi dalam memperkuat ketahanan sosial dan ekonomi masyarakat Jakarta. Dengan adanya pembangunan JSDP, maka tercipta infrastruktur pengelolaan air limbah domestik yang lebih memadai sehingga berpotensi mengurangi risiko terhadap berbagai penyakit, khususnya akibat infeksi bakteri *E. coli*. Meningkatnya akses terhadap sanitasi sebagai dampak positif dari pembangunan JSDP sangatlah berkaitan erat dengan kesejahteraan sosial. Seperti yang disebutkan oleh Widyastuti et al. (2023), kondisi sanitasi yang tidak layak dapat berdampak negatif terhadap kesejahteraan manusia serta menjadi hambatan bagi pembangunan sosial dan ekonomi pada suatu negara (p. 105). Adanya infrastruktur pengelolaan air limbah domestik yang memadai juga dapat menciptakan lingkungan hidup yang lebih sehat. Hal ini tentu mendukung produktivitas masyarakat dan bahkan mampu meningkatkan nilai ekonomi kawasan. Penting untuk diperhatikan bahwa pembangunan JSDP tidak boleh menciptakan atau menumpuk risiko sistemik yang baru. Oleh karena itu, pemerintah harus terlebih dahulu

memperhitungkan secara cermat risiko yang mungkin terjadi di masa depan serta menjamin adaptabilitas infrastruktur pengelolaan air limbah domestik yang dicanangkan melalui JSDP.

Salah satu aspek yang perlu disoroti terkait dengan pembangunan JSDP adalah belum terlihatnya pelibatan masyarakat secara langsung dalam proses pengambilan keputusan. Padahal, kolaborasi antara pemerintah dan masyarakat luas merupakan hal yang sangat penting dalam perumusan suatu kebijakan. Febrian *et al.*, dalam Sartika (2024), menyebutkan bahwa pelibatan masyarakat pada perencanaan pembangunan daerah merupakan penerapan *collaborative governance*, di mana peran pemerintah tidak lagi bersifat dominan atau eksklusif sehingga tercipta kondisi yang lebih terukur dan saling mengawasi (p. 212). Merujuk pada enam parameter utama teori *collaborative governance* yang dikemukakan oleh Ansell dan Gash, dalam Noor, Suaedi, dan Mardiyanta (2022), peneliti menganalisis bahwa:

1. Telah terjadi kolaborasi antara pihak pemerintah (Kementerian Pekerjaan Umum dan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta) dan non-pemerintah (perusahaan konstruksi, yakni Obayashi, Wijaya Karya, Jaya Konstruksi, dan JFE Engineering) pada pembangunan JSDP, khususnya Zona 1. Hal ini menunjukkan adanya forum lintas instansi yang sebagian kewenangannya berada pada lembaga publik.
2. Partisipasi perusahaan-perusahaan konstruksi dalam pembangunan JSDP Zona 1 menunjukkan adanya keterlibatan pihak-pihak non-pemerintah sebagai aktor kebijakan.
3. Masih belum terlihat adanya pelibatan masyarakat, seperti perwakilan warga, ketua RT/RW, aktivis lingkungan, dan akademisi, secara langsung dan substansial dalam pembangunan JSDP.
4. Proses kolaborasi antara pihak pemerintah dan perusahaan konstruksi pada pembangunan JSDP Zona 1 telah memiliki kerangka waktu yang jelas, yakni mulai dari 18 April 2023 hingga 16 Oktober 2027.
5. Belum tampak adanya proses konsensus antara pemerintah dan masyarakat luas terkait dengan pembangunan JSDP, sehingga menunjukkan bahwa pengambilan keputusan masih bersifat *top-down*.
6. Proses kolaborasi antara pemerintah dan perusahaan konstruksi pada pembangunan JSDP Zona 1 telah berfokus pada kebijakan dan program publik, yakni meningkatkan kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat melalui sistem pengelolaan air limbah domestik yang lebih memadai. Proyek ini juga masuk dalam daftar Proyek Strategis Nasional dan sesuai dengan misi Asta Cita.

Mengingat pentingnya pelibatan masyarakat sebagai pengguna layanan pengelolaan air limbah domestik pada kebijakan pembangunan JSDP, maka peneliti menganalisis bahwa pemerintah perlu mengedepankan proses kolaboratif sesuai dengan teori yang dicetuskan oleh Ansell dan Gash, dalam Astuti, Warsono, dan Rachim (2020), sebagai berikut:

1. Dialog Tatap Muka

Perlu adanya proses dialog secara langsung antara pihak pemerintah dan masyarakat (misalnya, perwakilan warga, ketua RT/RW, aktivis lingkungan, dan akademisi) untuk mencapai konsensus terkait dengan pembangunan JSDP. Situasi saat ini menunjukkan bahwa kolaborasi hanya terjadi di antara pihak pemerintah dan perusahaan konstruksi.

2. Membangun Kepercayaan

Pemerintah berperan penting untuk membangun rasa saling percaya di antara perusahaan konstruksi dan masyarakat luas. Oleh karena itu, pemerintah perlu memastikan transparansi informasi serta menanggapi saran dan keluhan secara cepat dan bijak demi membangun kepercayaan.

3. Komitmen dalam Proses Kolaborasi

Perlu adanya komitmen yang tinggi dari pemerintah untuk berkolaborasi dengan perusahaan-perusahaan konstruksi dan masyarakat agar pembangunan JSDP dapat berjalan dengan lancar dan sesuai harapan. Perlu diperhatikan bahwa proyek ini berlangsung dalam jangka panjang sehingga dibutuhkan komitmen berkesinambungan dari berbagai pihak untuk mendukung penyelesaian setiap tahapan proyek.

4. Pemahaman Bersama

Pemerintah perlu menyosialisasikan pentingnya tujuan pembangunan JSDP kepada masyarakat luas sehingga dapat terbentuk pemahaman bersama dan kemudian tercipta kolaborasi yang efektif antara pemerintah dan masyarakat.

5. Hasil Sementara (*Intermediate Outcomes*)

Meskipun belum sepenuhnya selesai, namun hasil dari pembangunan JSDP Zona 0 sudah dapat dirasakan manfaatnya. Oleh karena itu, pemerintah perlu memastikan bahwa infrastruktur pengelolaan limbah pada JSDP Zona 0 telah berjalan sesuai harapan dan membawa dampak positif bagi masyarakat, sehingga hal ini dapat menjadi katalisator dalam memperkuat kepercayaan dan komitmen kolektif untuk keberlanjutan kolaborasi.

Ditinjau dari konsep pembangunan berkelanjutan, peneliti menganalisis bahwa pembangunan JSDP belum sepenuhnya sesuai dengan prinsip pembangunan berkelanjutan. Hal ini dikarenakan pembangunan JSDP berkontribusi terhadap deforestasi dan pengurangan RTH, seperti yang telah terjadi di sekitar Waduk Pluit (Tim TVOne, 2023). Menurut Haqqi (2022), gagasan mengenai pembangunan berkelanjutan dipengaruhi oleh pendekatan *deep ecology* yang memandang lingkungan bukan sekadar elemen pendukung, namun sebagai landasan moral utama yang membentuk tindakan dan perspektif manusia terhadap alam (p. 16). Oleh karena itu, menurut peneliti, pembangunan JSDP seharusnya tetap mengutamakan keberlangsungan fungsi lingkungan, seperti RTH, karena keberadaannya yang vital bagi kehidupan manusia. RTH itu sendiri dapat berfungsi untuk meningkatkan kualitas air tanah, menekan risiko banjir, menurunkan tingkat pencemaran udara, dan turut menjaga keseimbangan iklim mikro.

Meskipun dapat menimbulkan dampak negatif berupa deforestasi dan pengurangan RTH, namun peneliti mengamati bahwa pembangunan JSDP juga mencerminkan tujuan pembangunan berkelanjutan. Terkait hal ini, peneliti menganalisis dengan mengacu pada tiga dimensi pembangunan berkelanjutan sebagai berikut:

1. Dimensi Ekonomi

Pembangunan JSDP mampu mendukung pertumbuhan ekonomi berkelanjutan. Hal ini dikarenakan keberadaan infrastruktur pengelolaan air limbah domestik yang memadai akan

berkontribusi terhadap peningkatan kualitas lingkungan sehingga berimplikasi positif pada produktivitas masyarakat dan dapat menarik investor.

2. Dimensi Sosial

Pembangunan JSDP merupakan bentuk peningkatan layanan publik, khususnya dalam hal sanitasi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat Jakarta. Dengan adanya layanan pengelolaan air limbah yang lebih baik, maka dapat mengurangi risiko penyebaran penyakit yang diakibatkan oleh bakteri E. coli serta mampu meningkatkan taraf hidup masyarakat.

3. Dimensi Lingkungan

Pembangunan JSDP sangat berkaitan erat dengan upaya pengendalian pencemaran air tanah dan sungai di Jakarta, mengingat bahwa penyumbang utamanya adalah air limbah domestik. Akan tetapi, seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, perlu diperhatikan bahwa pembangunan JSDP juga berdampak negatif terhadap lingkungan, yakni memicu deforestasi dan berkurangnya RTH.

KESIMPULAN

Pembangunan Jakarta Sewerage Development Project (JSDP) merupakan langkah strategis dalam mewujudkan sistem pengelolaan air limbah domestik yang tangguh di Jakarta, mengingat masih rendahnya cakupan layanan dan tingginya risiko pencemaran terhadap kesehatan dan lingkungan. Namun, proyek ini dihadapkan pada berbagai tantangan kompleks mulai dari aspek teknis dan konstruksi, keterbatasan lingkungan, hambatan sosial dan kelembagaan, hingga persoalan pembiayaan. Untuk itu, pemerintah perlu mengadopsi enam prinsip ketahanan infrastruktur sebagai fondasi kebijakan dan implementasi proyek, antara lain prinsip belajar berkelanjutan, perlindungan proaktif, integrasi lingkungan, keterlibatan sosial, tanggung jawab bersama, dan transformasi adaptif. Selain itu, diperlukan perbaikan konkret melalui rekomendasi kebijakan teknis seperti penggunaan teknologi sensor, uji ketahanan terhadap bencana, penguatan desain IPAL dan jaringan pipa, serta manajemen darurat yang sistematis. Di sisi lingkungan, pemerintah harus menjamin keberlangsungan ekosistem dengan menyediakan kompensasi RTH dan mempertimbangkan informasi vegetasi lokal dalam pemasangan infrastruktur. Sementara itu, pada aspek sosial dan kelembagaan, kolaborasi multipihak, edukasi masyarakat, serta pelibatan warga dalam pelaporan dan pengawasan mutlak dilakukan untuk membangun rasa kepemilikan kolektif terhadap proyek ini. Untuk menjamin keberlanjutan pembiayaan, strategi tarif progresif berbasis kemampuan ekonomi masyarakat juga perlu diterapkan. Saran tambahan, pemerintah hendaknya menjadikan JSDP sebagai proyek percontohan untuk kota-kota lain di Indonesia, dengan mendokumentasikan setiap proses inovasi, tantangan, serta pembelajaran yang terjadi secara transparan dan sistematis agar dapat direplikasi secara nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Kholif, M. (2020). *Pengelolaan air limbah domestik*. Surabaya: Scopindo Media Pustaka.
- Arefin, N. J. (2022). Use of incremental model in analyzing Bangladesh education policy 2010. *International Journal of Social Science and Human Research*, 5(1), 65–70.
- Asrorudin, U., & Widiyanto. (2025). Analisis manajemen risiko pada proyek pekerjaan konstruksi jaringan pipa air limbah Jakarta Sewerage Development Project (JSDP) Paket 5 Zona 1 (Area 2-1). *Jurnal Ekonomi Manajemen*, 29(3), 720–728.
- Astuti, R. S., Warsono, H., & Rachim, A. (2020). *Collaborative governance dalam perspektif administrasi publik*. Semarang: Universitas Diponegoro Press.
- Coalition for Disaster Resilient Infrastructure. (2023). *Global infrastructure resilience: Capturing the resilience dividend*. New Delhi: CDRI Secretariat.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. (2024, 30 Oktober). *Jakarta Sewerage Development Project: Bentuk dukungan pemerintah mengatasi pencemaran lingkungan*. <https://ciptakarya.pu.go.id/berita-detail?14119>
- Haqqi, M. M. (2022). Konsep pembangunan berkelanjutan dalam sistem perencanaan pembangunan nasional. *Supremasi Hukum: Jurnal Penelitian Hukum*, 31(1), 11–28.
- Komite Percepatan Penyediaan Infrastruktur Prioritas. (n.d.). *Pengolahan air limbah Jakarta*. <https://kppip.go.id/proyek-prioritas/air-dan-sanitasi/pengolahan-air-limbah-jakarta/>
- Noor, M., Suaedi, F., & Mardiyanta, A. (2022). *Collaborative governance: Suatu tinjauan teoritis dan praktik*. Yogyakarta: Bildung.
- Noor, Z. Z. (2015). *Metodologi penelitian kualitatif dan kuantitatif: Petunjuk praktis untuk penyusunan skripsi, tesis, dan disertasi*. Yogyakarta: Deepublish.
- Perwakilan BPKP Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta. (2024, 25 Juli). *Evaluasi atas pembangunan infrastruktur SPAL dengan fokus pada kerangka kebijakan yang terkait dengan penyelenggaraan*. <https://www.bpkp.go.id/id/unitKerja/21/berita/M114/evaluasi-atas-pembangunan-infrastruktur-spal-dengan-fokus-pada-kerangka-kebijakan-yang-terkait-dengan-penyelenggaraan>
- Portal Informasi Indonesia. (2024, 5 November). *Tantangan besar, Asta Cita, dan keberlanjutan pembangunan*. <https://indonesia.go.id/kategori/editorial/8747/tantangan-besar-asta-cita-dan-keberlanjutan-pembangunan?lang=1>
- Pramudatama, S. B. (2024, 13 Desember). *Proyek Jakarta Sewerage Development Project penuh tantangan, selesai tepat waktu? Liputan6*. <https://www.liputan6.com/amp/5832545/proyek-jakarta-sewerage-development-project-penuh-tantangan-selesai-tepat-waktu>
- Rachmadina, R., & Hidayat, F. (2025, 18 Maret). *Dinas SDA Jakarta ungkap kendala proyek galian saluran air limbah. Kompas*. <https://megapolitan.kompas.com/read/2025/03/18/15244701/dinas-sda-jakarta-ungkap-kendala-proyek-galian-saluran-air-limbah>
- Salsabila, A. R. (2024, 12 Desember). *Begini nasib proyek pengolahan limbah raksasa Jakarta di era Prabowo. Okezone*. <https://economy.okezone.com/amp/2024/12/12/320/3094995/begini-nasib-proyek-pengolahan-limbah-raksasa-jakarta-di-era-prabowo?page=1>
- Saman, S., Astra, I. M., & Hasanah, U. (2023). Review model pengelolaan limbah domestik warga DKI Jakarta. *Rekayasa*, 16(3), 330–336.
- Sartika, I. (2024). Collaborative governance dalam perencanaan pembangunan di Kabupaten Bekasi Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Ilmiah Administrasi Pemerintahan Daerah*, 14(2), 209–233.

Aldy Marzio, Abdul Rivai Ras, Stanislaus Riyanta

Analisis Ketahanan Infrastruktur Pengelolaan Air Limbah Domestik di Jakarta (Studi Kasus Jakarta Sewerage Development Project)

- Soetono, S. (2024). Pengelolaan air limbah domestik DKI Jakarta ditinjau dari pengelolaan air limbah domestik di Singapura. *Journal Publicuho*, 7(2), 904–915.
- Tim TVOne. (2023, 11 Juli). Hasil kajian mahasiswa: Mega proyek Jakarta Sewerage System sebabkan deforestasi dan alih fungsi fasos-fasum. *TVOne News*. <https://www.tvonenews.com/amp/daerah/regional/136442-hasil-kajian-mahasiswa-mega-proyek-jakarta-sewerage-system-sebabkan-deforestasi-dan-alih-fungsi-fasos-fasum?page=1>
- UN Office for Disaster Risk Reduction. (2022). *Principles for resilient infrastructure*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- Widyastuti, D., Jamaluddin, H. N., Arisanti, R., & Kartiasih, F. (2023). Analisis pengaruh faktor sosial ekonomi terhadap akses sanitasi layak di Indonesia tahun 2021. *Seminar Nasional Official Statistics*, 2023(1). <https://doi.org/10.34123/semnasoffstat.v2023i1.1853>
- Wiguna, D. K. S. (2022, 23 September). DKI bangun pengolahan air limbah berkapasitas 240 ribu meter kubik. *Antara*. <https://www.antaranews.com/berita/3135041/dki-bangun-pengolahan-air-limbah-berkapasitas-240-ribu-meter-kubik>
- Wirawan, S. M. S. (2019). Kajian kualitatif pengelolaan air limbah domestik di DKI Jakarta. *Jurnal Riset Jakarta*, 12(2), 57–68.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).