



Ancaman Tenggelamnya Jakarta Akibat Penurunan Permukaan Tanah: Kajian Pustaka terhadap Dampak Sosial dan Lingkungan di Wilayah Pesisir

The Threat of Jakarta Sinking Due to Land Subsidence: A Literature Review of Social and Environmental Impacts in Coastal Areas

Yosafat Waruwu¹, Sujarwo², Desy Safitri³

Fakultas Ilmu Sosial dan Hukum, Universitas Negeri Jakarta

Email : yosafatwaruwu@gmail.com¹, sujarwo-fis@unj.ac.id², desysafitri@unj.ac.id³

Article Info

Article history:

Received : 15-05-2026

Revised : 17-05-2026

Accepted : 19-05-2026

Published : 21-05-2026

Abstract

Jakarta, as Indonesia's capital city located in a coastal region, faces a serious threat of land subsidence that could potentially cause parts of the city to sink. This study aims to analyze the threat of Jakarta sinking due to land subsidence through a literature review focusing on its social and environmental impacts in coastal areas. Using a qualitative approach based on library research, this study collects and descriptively analyzes various scientific journals, research reports, geospatial data, and official policy documents. The findings show that the rate of land subsidence in Jakarta reaches 1–15 cm per year and up to 20–28 cm per year in the northern coastal areas, primarily caused by excessive groundwater extraction and construction loading. Environmental impacts include the expansion of tidal flooding (rob), seawater intrusion, and damage to coastal ecosystems, while social impacts encompass infrastructure and housing damage, economic losses, population displacement, and increased vulnerability of poor coastal communities. This study concludes that an integrated mitigation approach combining structural solutions (such as the Giant Sea Wall/NCICD) and non-structural measures (groundwater management and community adaptation) is urgently needed to prevent permanent inundation by 2050.

Keywords: *land subsidence, Jakarta sinking, coastal impacts*

Abstrak

Jakarta sebagai ibu kota Indonesia yang terletak di wilayah pesisir menghadapi ancaman serius penurunan permukaan tanah (land subsidence) yang berpotensi menyebabkan sebagian kota tenggelam. Penelitian ini bertujuan menganalisis ancaman tenggelamnya Jakarta akibat subsidence melalui kajian pustaka terhadap dampak sosial dan lingkungan di wilayah pesisir. Dengan menggunakan pendekatan kualitatif berbasis studi kepustakaan, penelitian ini mengumpulkan dan menganalisis secara deskriptif berbagai jurnal ilmiah, laporan penelitian, data geospasial, serta dokumen kebijakan. Hasil kajian menunjukkan laju subsidence di Jakarta mencapai 1–15 cm per tahun dan hingga 20–28 cm per tahun di pesisir utara, terutama disebabkan oleh eksploitasi air tanah berlebihan dan pembebanan konstruksi. Dampak lingkungan meliputi perluasan banjir rob, intrusi air laut, serta kerusakan ekosistem pesisir, sementara dampak sosial mencakup kerusakan infrastruktur, kerugian ekonomi, migrasi penduduk, dan peningkatan kerentanan masyarakat miskin pesisir. Penelitian ini menyimpulkan bahwa diperlukan pendekatan mitigasi terintegrasi antara solusi struktural (seperti Giant Sea Wall/NCICD) dan non-struktural (pengelolaan air tanah dan adaptasi masyarakat) agar mencegah genangan permanen pada tahun 2050.

Kata Kunci: **Penurunan Permukaan Tanah, Jakarta Tenggelam, Dampak Pesisir**



PENDAHULUAN

Jakarta, sebagai ibu kota Republik Indonesia sekaligus pusat pemerintahan, ekonomi, dan bisnis, merupakan salah satu kota dengan kepadatan penduduk tertinggi di dunia. Dengan lebih dari 10 juta jiwa penduduk resmi dan jutaan lagi yang beraktivitas setiap harinya, Jakarta menjadi megapolitan yang terus berkembang pesat. Namun, letak geografisnya yang berada di dataran rendah aluvial pantai utara Pulau Jawa menjadikannya sangat rentan terhadap berbagai ancaman lingkungan, terutama penurunan permukaan tanah (Sujarwo et al., 2023).

Fenomena penurunan permukaan tanah di Jakarta telah berlangsung sejak dekade 1970-an dan semakin mengkhawatirkan dalam dua dekade terakhir. Berbagai studi menunjukkan bahwa laju subsidence di Jakarta rata-rata berkisar antara 1–15 cm per tahun, dengan titik tertinggi di wilayah pesisir utara (Jakarta Utara) yang mencapai 20–28 cm per tahun (Abidin et al., 2015). Jika tidak ditangani secara serius, proyeksi beberapa penelitian menyebutkan bahwa pada tahun 2050 sebagian besar wilayah pesisir utara Jakarta berpotensi mengalami genangan permanen atau bahkan tenggelam. Ancaman ini semakin diperburuk oleh kombinasi dengan kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim global.

Penyebab utama subsidence di Jakarta bersifat antropogenik (akibat aktivitas manusia). Eksploitasi air tanah secara berlebihan untuk memenuhi kebutuhan domestik, industri, dan komersial menjadi faktor dominan. Selain itu, pembebanan berat akibat pembangunan infrastruktur dan gedung-gedung tinggi, konsolidasi alami tanah aluvial yang masih muda, serta drainase yang buruk turut mempercepat proses penurunan tanah. Meskipun faktor tektonik dan kompresi alamiah juga berperan, kontribusi aktivitas manusia jauh lebih signifikan.

Dampak yang ditimbulkan tidak hanya bersifat fisik, tetapi juga multidimensi. Secara lingkungan, subsidence memperluas area banjir rob (tidal flooding), mempercepat intrusi air laut ke daratan, merusak ekosistem pesisir seperti mangrove dan tambak, serta menurunkan kualitas air tanah dan air permukaan (Abidin et al., 2015). Secara sosial-ekonomi, masyarakat pesisir mengalami kerusakan rumah tinggal, infrastruktur publik, dan sarana prasarana secara berulang. Hal ini menyebabkan kerugian ekonomi yang sangat besar, peningkatan biaya adaptasi (seperti peninggian rumah dan jalan), migrasi penduduk, penurunan kualitas hidup, serta semakin tingginya tingkat kerentanan kelompok masyarakat miskin dan marginal di wilayah pesisir.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ancaman tenggelamnya Jakarta akibat penurunan permukaan tanah melalui kajian pustaka yang mendalam terhadap dampak sosial dan lingkungan di wilayah pesisir. Secara khusus, penelitian ini berupaya memberikan gambaran komprehensif mengenai dinamika subsidence, besaran dan pola dampak yang ditimbulkannya, serta berbagai alternatif strategi mitigasi dan adaptasi yang dapat dilakukan. Diharapkan hasil kajian ini dapat menjadi bahan masukan bagi penyusunan kebijakan yang lebih holistik, terintegrasi, dan berorientasi pada keberlanjutan serta kesejahteraan masyarakat pesisir Jakarta.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian literature review atau kajian pustaka yang bersifat kualitatif. Penelitian dilakukan dengan cara mengumpulkan, menyeleksi, dan menganalisis berbagai referensi sumber bacaan yang relevan serta berkaitan dengan tema penurunan permukaan tanah di Jakarta dan dampak sosial serta lingkungannya di wilayah pesisir.



Menurut Creswell, John. W. kajian literatur merupakan ringkasan tertulis mengenai artikel dari jurnal, buku, dan dokumen lainnya yang mendeskripsikan teori serta berbagai informasi saat ini maupun masa lalu. Berbagai informasi tersebut diorganisasikan ke dalam topik dan kategori yang dibutuhkan untuk mendukung pembahasan penelitian. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai hasil studi kepustakaan, publikasi resmi dari instansi pemerintah, serta sumber-sumber ilmiah lainnya. Data tersebut bersumber dari jurnal penelitian nasional dan internasional, laporan penelitian, artikel konferensi, data geospasial, serta dokumen kebijakan terkait subsidence di Jakarta.

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif. Analisis dilakukan dengan cara mendeskripsikan fakta-fakta yang ditemukan dari berbagai sumber literatur, kemudian dianalisis secara mendalam dan disertai dengan penjelasan serta pemahaman yang komprehensif. Proses analisis mencakup sintesis antar sumber untuk mengidentifikasi pola penyebab subsidence, besaran dampak sosial dan lingkungan, serta berbagai strategi mitigasi yang telah diusulkan oleh peneliti sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil dan Penyebab Penurunan Permukaan Tanah di Jakarta

Penurunan muka tanah atau land subsidence merupakan salah satu ancaman lingkungan paling serius yang dihadapi Jakarta saat ini. Fenomena ini telah tercatat sejak tahun 1926, tetapi semakin memperlihatkan dampak nyata sejak dekade 1970-an seiring dengan laju urbanisasi yang sangat tinggi. Menurut berbagai penelitian geodetik yang menggunakan metode survei leveling, GPS, dan Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR), laju subsidence di Jakarta bervariasi secara spasial. Rata-rata laju penurunan tanah berkisar antara 1–15 cm per tahun. Di wilayah pesisir utara (Jakarta Utara), laju tertinggi dapat mencapai 20–28 cm per tahun di beberapa lokasi kritis.

Meskipun terdapat indikasi perlambatan di beberapa area antara tahun 2015–2023 (dengan rata-rata 0,05–5,17 cm per tahun), sebagian wilayah pesisir utara dan barat laut masih mengalami penurunan yang signifikan hingga 10–28 cm per tahun. Proyeksi jangka panjang menunjukkan bahwa tanpa intervensi yang kuat, sebagian besar wilayah pesisir utara Jakarta berpotensi mengalami genangan permanen atau tenggelam pada tahun 2050.

Penyebab utama penurunan muka tanah di Jakarta bersifat antropogenik. Faktor dominan adalah eksploitasi air tanah secara berlebihan untuk memenuhi kebutuhan air bersih rumah tangga, industri, dan perkantoran. Jakarta masih mengalami defisit pasokan air permukaan dari PDAM, sehingga masyarakat dan pelaku usaha banyak mengandalkan air tanah. Selain itu, pembebanan berat akibat pembangunan gedung-gedung tinggi, infrastruktur, dan pemadatan lahan di atas tanah aluvial yang masih muda juga mempercepat proses subsidence.

Faktor alamiah juga turut berkontribusi meskipun dalam skala yang lebih kecil. Tanah dasar Jakarta yang sebagian besar berupa endapan aluvial muda dari sungai Ciliwung, Cisadane, dan Citarum memiliki sifat yang mudah mengalami konsolidasi ketika mendapat tekanan. Selain itu, aktivitas tektonik minor di wilayah Jawa Barat dan Jakarta juga memberikan kontribusi terhadap penurunan muka tanah secara gradual. Namun, kontribusi faktor alamiah ini jauh lebih rendah dibandingkan dengan aktivitas manusia.



Kombinasi antara subsidence dengan kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim global (sekitar 3–5 mm per tahun) menciptakan ancaman ganda yang sangat berbahaya. Fenomena ini tidak hanya menyebabkan penurunan elevasi tanah secara absolut, tetapi juga memperbesar risiko genangan relatif terhadap permukaan air laut. Akibatnya, wilayah pesisir Jakarta semakin rentan terhadap banjir rob yang semakin sering dan luas.

Secara keseluruhan, pola subsidence di Jakarta bersifat heterogen. Wilayah utara dan barat laut mengalami penurunan paling cepat karena kombinasi antara pemompaan air tanah intensif dan tekanan beban bangunan komersial. Sementara itu, wilayah tengah dan selatan cenderung lebih stabil, meskipun tetap mengalami subsidence ringan hingga sedang. Pemahaman mendalam terhadap profil dan penyebab subsidence ini menjadi dasar penting dalam merancang strategi mitigasi yang tepat sasaran dan efektif.

Dampak Lingkungan dan Sosial di Wilayah Pesisir Jakarta

Penurunan muka tanah telah memberikan dampak yang sangat luas dan kompleks, khususnya di wilayah pesisir utara Jakarta. Mulai dari dampak lingkungan dan sosial yang saling berkaitan dan memperburuk kondisi kerentanan masyarakat pesisir Jakarta. Berikut merupakan dampak lingkungan dan sosial :

1. Dampak Lingkungan:

Penurunan muka tanah secara signifikan mempercepat degradasi lingkungan pesisir Jakarta. Dampak yang paling terlihat adalah perluasan banjir rob (tidal flooding). Genangan air laut saat pasang tinggi tidak lagi hanya terjadi musiman, melainkan semakin sering dan luas, bahkan pada saat cuaca normal. Diperkirakan luas area genangan dapat bertambah hingga puluhan kilometer persegi pada tahun 2050, dengan kontribusi subsidence mencapai lebih dari 80 persen.

Selain itu, subsidence mempercepat intrusi air laut ke dalam akuifer air tanah dan badan sungai. Air asin merembes ke sumber air bersih, menyebabkan penurunan kualitas air tanah dan meningkatkan kadar salinitas tanah. Hal ini berdampak pada kesuburan lahan dan produktivitas pertanian tambak di wilayah pesisir. Ekosistem pesisir juga mengalami kerusakan berat, terutama degradasi hutan mangrove yang berfungsi sebagai benteng alami penahan abrasi dan banjir. Hilangnya mangrove menyebabkan erosi pantai semakin parah dan mengurangi biodiversitas laut.

Gangguan terhadap sistem drainase kota juga menjadi masalah serius. Penurunan muka tanah mengubah kemiringan saluran drainase, sehingga air hujan sulit mengalir ke laut. Akibatnya, banjir rob dan banjir limpasan sungai (riverine flooding) semakin sulit dikendalikan. Secara keseluruhan, subsidence mempercepat proses “tenggelamnya” wilayah pesisir Jakarta jauh lebih cepat daripada sekadar kenaikan muka air laut.

2. Dampak Sosial

Dampak sosial dari penurunan muka tanah sangat dirasakan oleh masyarakat yang tinggal di pesisir utara Jakarta, seperti di Kecamatan Penjaringan, Cilincing, Tanjung Priok, Koja, dan Pademangan. Kerusakan infrastruktur dan hunian menjadi masalah paling nyata. Rumah-rumah penduduk sering mengalami retak dan ambles, sehingga warga terpaksa melakukan peninggian



rumah secara berulang kali. Biaya adaptasi ini sangat membebani ekonomi rumah tangga, terutama bagi keluarga miskin.

Secara ekonomi, subsidence menyebabkan kerugian yang besar. Aktivitas nelayan dan petambak semakin terganggu akibat genangan air asin yang merusak tambak dan mengurangi hasil tangkapan ikan. Banyak usaha kecil di pesisir mengalami penurunan pendapatan secara signifikan. Beberapa warga terpaksa melakukan migrasi atau relokasi, baik secara sukarela maupun paksa, karena lingkungan yang semakin tidak layak huni.

Dari aspek kesehatan dan kualitas hidup, genangan air rob yang rutin menyebabkan peningkatan penyakit kulit, diare, dan infeksi saluran pernapasan. Anak-anak dan lansia menjadi kelompok yang paling rentan. Selain itu, ancaman banjir yang terus-menerus menimbulkan stres psikologis, kecemasan, dan perasaan tidak aman di kalangan masyarakat pesisir. Akses pendidikan dan pelayanan kesehatan juga sering terganggu saat genangan terjadi (Khansa S L et al., 2024).

Dampak sosial yang paling mencolok adalah peningkatan ketidakadilan sosial. Masyarakat miskin di pesisir memiliki kemampuan adaptasi yang sangat terbatas dibandingkan kelompok ekonomi menengah ke atas. Hal ini memperlebar kesenjangan dan menciptakan kerentanan baru dalam masyarakat perkotaan. Jika tidak ditangani, subsidence tidak hanya mengancam keberlanjutan lingkungan, tetapi juga stabilitas sosial di wilayah pesisir Jakarta (Safitri et al., 2023).

Solusi untuk Penurunan Permukaan Tanah di Jakarta

Berbagai solusi telah dikembangkan dan sebagian telah diimplementasikan oleh pemerintah untuk mengatasi masalah penurunan muka tanah di Jakarta. Pendekatan yang dilakukan mencakup kombinasi antara upaya struktural dan non-struktural yang saling mendukung, dengan tujuan tidak hanya menahan laju subsidence tetapi juga mengatasi akar permasalahannya secara fundamental. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan perlindungan jangka panjang bagi wilayah pesisir Jakarta yang semakin rentan.

Pendekatan struktural difokuskan pada pembangunan infrastruktur besar untuk melindungi wilayah pesisir dari ancaman banjir rob dan genangan permanen. Pemerintah pusat dan daerah telah melaksanakan proyek National Capital Integrated Coastal Development (NCICD) yang menjadi andalan utama, yaitu pembangunan Giant Sea Wall atau tanggul laut raksasa beserta sistem polder dan pompa air yang terintegrasi. Hingga saat ini, sebagian tanggul pengaman pantai sepanjang sekitar 20 km telah dibangun dan diperkuat di kawasan strategis seperti Pantai Mutiara dan Muara Baru, dengan target groundbreaking tahap besar pada September 2026 menggunakan skema pendanaan multi-tahun. Selain itu, pembangunan dan penguatan ratusan polder serta lebih dari 600 unit pompa banjir stasioner terus dilakukan, disertai dengan peninggian infrastruktur jalan dan tanggul pantai secara bertahap.

Di sisi lain, pendekatan non-struktural difokuskan pada pengendalian akar penyebab subsidence dan peningkatan kapasitas adaptasi masyarakat. Salah satu kebijakan penting adalah Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 93 Tahun 2021 tentang Zona Bebas Air Tanah (ZOBAT), yang melarang pengambilan air tanah di kawasan yang sudah terlayani oleh PDAM, khususnya untuk bangunan komersial dan industri besar, dengan ancaman sanksi tegas hingga pencabutan izin



usaha. Pemerintah juga memperluas penyediaan air bersih permukaan melalui PAM Jaya serta mengembangkan berbagai sumber air alternatif seperti pemanenan air hujan, daur ulang air limbah, dan managed aquifer recharge untuk mengurangi ketergantungan pada air tanah.

Program restorasi ekosistem pesisir berbasis alam, termasuk rehabilitasi hutan mangrove, terus digalakkan sebagai benteng alami penahan abrasi dan banjir. Pemantauan subsidence dilakukan secara berkala menggunakan teknologi canggih seperti Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) dan GPS oleh BRIN serta Dinas Sumber Daya Air DKI Jakarta. Upaya konservasi air tanah melalui pembuatan sumur resapan, biopori, dan perluasan ruang terbuka hijau (RTH) juga menjadi bagian penting dari strategi pencegahan jangka panjang.

Solusi paling efektif dan berkelanjutan adalah pendekatan terintegrasi yang menggabungkan infrastruktur struktural skala besar seperti NCICD dengan pengendalian ketat terhadap pengambilan air tanah, perbaikan tata ruang kota, restorasi ekosistem, serta program adaptasi berbasis masyarakat. Meskipun berbagai upaya telah dilakukan, tantangan utama yang masih dihadapi meliputi koordinasi antarlembaga yang belum optimal, keterbatasan anggaran, serta tingkat partisipasi aktif masyarakat yang masih perlu ditingkatkan. Tanpa komitmen politik jangka panjang, penegakan regulasi yang konsisten, dan alokasi sumber daya yang memadai, pengelolaan subsidence harus ditempatkan sebagai prioritas utama dalam perencanaan pembangunan Jakarta ke depan agar kota ini dapat menjadi lebih tangguh, berkelanjutan, dan mampu melindungi masyarakat pesisir dari ancaman tenggelam di masa mendatang.

KESIMPULAN

Penurunan muka tanah (land subsidence) merupakan ancaman eksistensial bagi Jakarta, khususnya di wilayah pesisir utara. Kajian pustaka ini menunjukkan bahwa laju subsidence yang mencapai 1–15 cm per tahun, bahkan hingga 20–28 cm per tahun di beberapa lokasi pesisir, sebagian besar disebabkan oleh aktivitas antropogenik seperti eksploitasi air tanah berlebihan dan pembebanan konstruksi. Fenomena ini, jika tidak ditangani secara serius, berpotensi menyebabkan sebagian besar wilayah pesisir Jakarta tenggelam pada tahun 2050.

Dampak lingkungan yang ditimbulkan meliputi perluasan banjir rob, intrusi air laut, kerusakan ekosistem mangrove, erosi pantai, dan penurunan kualitas air. Sementara itu, dampak sosial sangat dirasakan oleh masyarakat pesisir, berupa kerusakan infrastruktur dan hunian, kerugian ekonomi, migrasi penduduk, penurunan kualitas hidup, peningkatan risiko kesehatan, serta semakin lebarnya kesenjangan sosial. Masyarakat miskin di pesisir menjadi kelompok yang paling rentan terhadap ancaman ini.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penurunan muka tanah bukan sekadar masalah teknis geologi, melainkan krisis multidimensional yang mengancam keberlanjutan lingkungan, ekonomi, dan sosial wilayah pesisir Jakarta. Pendekatan mitigasi yang terintegrasi antara solusi struktural (seperti Giant Sea Wall dan NCICD) dan non-struktural (pengendalian air tanah, restorasi ekosistem, serta adaptasi masyarakat) mutlak diperlukan.

Untuk itu, diperlukan komitmen politik yang kuat dari pemerintah pusat dan daerah, koordinasi antarlembaga yang lebih baik, penegakan regulasi yang konsisten, serta partisipasi aktif masyarakat. Tanpa langkah pencegahan yang fundamental dan berkelanjutan, ancaman tenggelamnya Jakarta bukan lagi sekadar prediksi, melainkan realitas yang akan dihadapi generasi



mendatang. Oleh karena itu, pengelolaan subsidence harus menjadi prioritas utama dalam perencanaan pembangunan Jakarta ke depan guna mewujudkan kota yang tangguh, berkelanjutan, dan berkeadilan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I., & Sidiq, T. P. (2015). Study on the risk and impacts of land subsidence in Jakarta. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 372, 115–120.
- Andreas, H., Abidin, H. Z., Gumilar, I., Sidiq, T. P., & Yulianto, E. (2018). Insight into the correlation between land subsidence and groundwater extraction in Jakarta. *Journal of Applied Geodesy*, 12(3), 191–204.
- Chairani, C., Agustina, P. P. S., & Budiharto, W. I. (2024). Adaptasi masyarakat pesisir Jakarta Utara terhadap fenomena penurunan muka tanah dan banjir rob. *Gender, Human Development, and Economics*, 1(1), 28-40.
- Chaussard, E., Amelung, F., Abidin, H., & Hong, S. H. (2013). Sinking cities in Indonesia: ALOS PALSAR detects rapid subsidence due to groundwater and gas extraction. *Remote Sensing of Environment*, 128, 150–161.
- Harintaka, H., Widodo, J., & Yastika, P. E. (2024). Current land subsidence in Jakarta: A multi-track SBAS InSAR. *International Journal of Remote Sensing*, 45(10), 3124–3145.
- Hasibuan, H. S., et al. (2023). Policymaking and the spatial characteristics of land subsidence in North Jakarta. *City and Environment Interactions*, 18, 100112.
- Iskandar, A., Makarim, C. A., & Chandra, T. K. (2025). Studi kasus penurunan muka tanah dan muka air tanah di Jakarta Pusat tahun 2010-2022. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 549-558.
- Khansa S L, Tantri K D, & Safitri D. (2024). Ancaman Keselamatan dan Kenyamanan Lingkungan Hidup di Sekitar Area Pembuangan Sampah: Studi Kasus TPST Bantar Gebang. *Jurnal Ekologi, Masyarakat Dan Sains*, 5(1), 93–99. <https://journals.ecotas.org/index.php/emshttps://doi.org/10.55448/emshttps://doi.org/10.55448/fj76vf28>.
- Okta, E. V., Widyatama, A. A., Utomo, B., & Wilayah, D. P. (2022). Prediksi Penurunan Muka Air Tanah terhadap Banjir Rob di Kawasan Pesisir Kota Jakarta. *Jurnal Penataan Ruang*, 17(2), 98-109.
- Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 93 Tahun 2021 tentang Zona Bebas Air Tanah. (2021). Dinas Sumber Daya Air Provinsi DKI Jakarta.
- Putri, R. F., Wulandari, D., & Kurniawan, A. (2021). A review disaster mitigation of Jakarta land subsidence areas. *E3S Web of Conferences*, 325, 01002.
- Safitri, D., Marini, A., Auliya, A. F., Sujarwo, & Wardhani, P. A. (2023). Development of Augmented Reality-based Interactive Learning Media to Increase Interest in Environmental Education. *Eurasian Journal of Educational Research*, 2023(106), 101–117. <https://doi.org/10.14689/ejer.2023.106.007>
- Sujarwo, Japar, M., Sumantri, M. S., Safitri, D., & Marini, A. (2023). Enhancement of Students' Learning Outcomes through Virtual Reality based on Case-Based Learning in Social Studies. *Eurasian Journal of Educational Research*, 2023(106), 171–191. <https://doi.org/10.14689/ejer.2023.106.011>



- Takagi, H., Esteban, M., Mikami, T., & Fujii, D. (2021). People's perception of land subsidence, floods, and their adaptation in North Jakarta. *Ocean & Coastal Management*, 211, 105775.
- Tenri, A. (2025). Analisis spasial penurunan muka tanah di Jakarta. [Skripsi/Tesis, Institut Teknologi Bandung].
- Widodo, J., et al. (2025). Technical and policy analysis: Time series of land subsidence in Jakarta. *Urban Science*, 9(1), 45.
- Yastika, P. E., et al. (2022). Monitoring land subsidence in coastal area of Jakarta using Sentinel-1 SAR data. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 27, 100812.