

## Naskah kerja • Research article

# Penurunan Muka Tanah di Cekungan Jakarta: Sintesis Geospasial dan Implikasi Tata Kelola Air Tanah

Tim Riset Teras Urban <sup>a</sup><sup>a</sup> Global Socio-Urban Advisory Centre, Teras Urban, Jakarta, Indonesia**INFORMASI ARTIKEL****Riwayat naskah**

10 menit baca

Versi naskah: 2026

**Kata kunci**

penurunan muka tanah, air tanah, InSAR, banjir rob, Jakarta

**Keywords**

land subsidence, groundwater, InSAR, tidal flooding, Jakarta

**Kata kunci klasifikasi: hidrogeologi, geodesi, perencanaan kota, kebijakan publik****ABSTRAK**

Penurunan muka tanah (land subsidence) merupakan salah satu risiko kebencanaan paling kritis bagi Jakarta. Naskah ini menyintesis bukti pemantauan geodetik lintas-metode (sipat datar, GPS, dan InSAR) serta literatur hidrogeologi untuk mengkarakterisasi laju, sebaran, dan penyebab penurunan. Bukti menunjukkan laju umum 1–15 cm per tahun, dengan titik-titik di Jakarta utara mencapai 20–28 cm per tahun pada periode tertentu, terkait erat dengan ekstraksi air tanah berlebih. Naskah berargumen bahwa mitigasi memerlukan pendekatan multidisiplin yang menggabungkan pengendalian air tanah, pemantauan geodetik berkelanjutan, dan perencanaan tata ruang adaptif.

**ABSTRACT**

*Abstract. Land subsidence is among Jakarta's most critical hazards. This paper synthesizes multi-method geodetic monitoring (leveling, GPS, InSAR) and hydrogeological literature to characterize subsidence rates, distribution, and drivers. Evidence indicates general rates of 1–15 cm/year, with North Jakarta hotspots reaching 20–28 cm/year in some periods, strongly linked to excessive groundwater extraction. Mitigation requires a multidisciplinary approach combining groundwater control, continuous geodetic monitoring, and adaptive spatial planning.*

**Sorotan • Highlights**

- Penurunan muka tanah terkonsentrasi di Jakarta Utara dengan magnitudo kumulatif tatanan meter secara historis.
- Ekstraksi air tanah merupakan penggerak utama yang dapat dikoreksi melalui substitusi pasokan air perpipaan.
- Pemantauan radar berkala diperlukan untuk mengevaluasi kebijakan pengendalian berbasis bukti.

## 1. Pendahuluan

Jakarta menghadapi kombinasi tekanan kenaikan muka air laut dan penurunan muka tanah yang memperbesar risiko banjir rob. Penurunan muka tanah bersifat lambat namun kumulatif, sehingga kerap luput dari persepsi publik hingga dampaknya menjadi struktural. Naskah ini menyintesis bukti geodetik dan hidrogeologi untuk memahami fenomena tersebut dan menarik implikasi kebijakannya.

Penurunan muka tanah merupakan salah satu ancaman paling material bagi keberlanjutan kawasan pesisir Jakarta. Berbeda dari kenaikan muka air laut yang bersifat global dan lambat, amblesan tanah bersifat lokal, cepat, dan sangat dipengaruhi oleh tindakan manusia, terutama ekstraksi air tanah dan pembebanan permukaan.

## 2. Tinjauan Pustaka dan Kerangka Teori

Studi geodetik menunjukkan bahwa penurunan muka tanah Jakarta bersifat spasial dan temporal, dengan kaitan kuat terhadap ekstraksi air tanah dan beban konstruksi.<sup>[1][2]</sup> Secara hidrogeologi, pemompaan berlebih menurunkan tekanan akuifer dan memicu konsolidasi lapisan lempung, sebuah proses yang sebagian besar bersifat ireversibel. Kerangka ini menautkan keputusan penggunaan air tanah dengan keluaran fisik berupa amblesan permukaan.

Secara geosains, amblesan di cekungan sedimen muda Jakarta digerakkan oleh konsolidasi lapisan akuifer dan akuitar ketika tekanan air pori turun akibat pemompaan. Penurunan tekanan ini memadatkan butiran sedimen, menghasilkan penurunan permukaan yang sebagian besar bersifat tak pulih. Faktor tambahan mencakup beban bangunan dan tektonik regional yang berkontribusi pada laju yang teramat.

## 3. Data dan Metode

Naskah memakai sintesis data sekunder lintas-metode pemantauan: survei sipat datar (leveling), Global Positioning System (GPS), dan Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR).<sup>[1][3]</sup> Pendekatan bersifat naratif-komparatif, menautkan temuan antarperiode dan antarmetode untuk merekonstruksi tren. Keterbatasan terletak pada perbedaan resolusi dan rentang waktu antarstudi.

Tabel 1. Sumber data utama dan cakupan.

Sumber	Jenis data	Cakupan / periode
Abidin dkk., Natural Hazards	Sipat datar & GPS	Jakarta, historis
Geocarto Int. (2024)	SBAS InSAR	Jakarta, 2017–2022
Urban Science (MDPI, 2025)	Deret waktu amblesan	Jakarta
ScienceDirect (2023)	Karakter spasial	Jakarta Utara

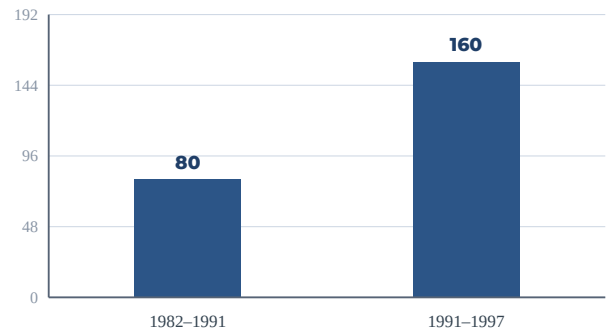
Sintesis ini memadukan tiga jenis pengukuran yang saling melengkapi, yaitu sipat datar dan pengamatan GPS yang menyediakan rujukan historis berakurasi tinggi pada titik tertentu, serta interferometri radar SBAS yang memberikan cakupan spasial luas pada periode lebih mutakhir. Triangulasi antarmetode mengurangi ketergantungan pada satu teknik dan memperkuat keandalan pola spasial yang dilaporkan.

Tabel 1 merangkum sumber dan periode tiap pengukuran. Karena teknik berbeda memiliki kerangka acuan dan ketidakpastian yang berbeda, perbandingan antarsumber dilakukan pada tataran pola dan orde besaran, bukan pada satu angka tunggal yang dianggap pasti.

## 4. Hasil

Pengukuran historis mendeteksi penurunan hingga sekitar 80 cm pada 1982–1991 dan hingga 160 cm pada 1991–1997 di sejumlah titik.<sup>[1]</sup>

Laju kontemporer umumnya berkisar 1–15 cm per tahun, dengan titik-titik ekstrem di Jakarta utara mencapai 20–28 cm per tahun.<sup>[1][2]</sup> Analisis InSAR multi-lintas 2017–2022 menunjukkan amblesan parah terpusat di utara dan barat laut dengan laju rata-rata sekitar 5–6 cm per tahun.<sup>[3]</sup> Muka air tanah di sebagian Jakarta utara dilaporkan turun dari sekitar 12,5 m di atas muka laut menjadi 30–50 m di bawahnya sepanjang abad ke-20.<sup>[2]</sup>



Gambar 1. Penurunan muka tanah kumulatif per periode (cm). Sumber: Abidin dkk.

Gambar 1 menampilkan akumulasi penurunan pada titik terdampak antarperiode historis, dengan besaran kumulatif yang mencapai tatanan meter di sejumlah lokasi Jakarta Utara. Magnitudo ini menjelaskan mengapa sebagian tanggul, jalan, dan bangunan mengalami kerusakan struktural berulang dan mengapa risiko banjir rob meningkat secara nonlinier seiring waktu.

Distribusi spasial penurunan tidak merata; laju tertinggi terkonsentrasi di kawasan utara yang padat ekstraksi air tanah dan beban permukaan. Heterogenitas ini penting karena menyiratkan bahwa kebijakan pengendalian perlu dibedakan menurut zona, bukan diseragamkan untuk seluruh kota.

## 5. Pembahasan

Konvergensi bukti lintas-metode memperkuat kesimpulan bahwa ekstraksi air tanah adalah pendorong dominan, meskipun beban bangunan dan kondisi geologi turut berperan. Karena konsolidasi bersifat ireversibel, pengendalian harus bersifat preventif, bukan korektif.

Dampaknya multidimensi: peningkatan frekuensi banjir rob, kerusakan infrastruktur, dan penurunan nilai aset di wilayah terdampak. Persoalan ini menautkan hidrogeologi, geodesi, perencanaan kota, dan ekonomi kebencanaan dalam satu kerangka keputusan.

Implikasi tata kelola paling langsung adalah pengendalian ekstraksi air tanah melalui penyediaan air perpipaan yang andal sebagai substitusi. Tanpa alternatif pasokan yang memadai, larangan pemompaan sulit ditegakkan karena kebutuhan air tetap harus dipenuhi.

## 6. Implikasi Kebijakan dan Rekomendasi

Pertama, perkuat pengendalian ekstraksi air tanah, termasuk perluasan zona bebas air tanah yang ditopang penyediaan air perpipaan yang andal.<sup>[4]</sup> Kedua, lembagakan pemantauan geodetik berkelanjutan (InSAR dan GNSS) sebagai sistem peringatan dini. Ketiga, integrasikan peta laju penurunan ke dalam perencanaan tata ruang dan keputusan investasi infrastruktur di pesisir utara.<sup>[5]</sup>

Pemantauan amblesan berbasis radar secara berkala perlu dilembagakan agar kebijakan dapat dievaluasi berdasarkan bukti laju terkini. Penetapan zona prioritas, perizinan pengambilan air tanah

yang ketat, dan investasi jaringan air bersih merupakan paket kebijakan yang saling bergantung dan idealnya dijalankan serentak.

## 7. Keterbatasan dan Agenda Riset Lanjutan

Perbedaan metode dan periode menyulitkan komparasi titik-ke-titik. Riset lanjutan sebaiknya membangun kerangka pemantauan terpadu beresolusi tinggi yang menggabungkan InSAR, GNSS, dan model hidrogeologi untuk proyeksi skenario kebijakan.

Keterbatasan analisis mencakup perbedaan kerangka acuan antarteknik dan keterbatasan titik pengukuran historis. Riset lanjutan sebaiknya mengintegrasikan deret waktu InSAR resolusi tinggi dengan model hidrogeologi untuk memproyeksikan laju amblesan pada skenario pengelolaan air tanah yang berbeda.

## 8. Kesimpulan

Penurunan muka tanah Jakarta adalah risiko struktural yang didorong terutama oleh ekstraksi air tanah. Mitigasi yang efektif menuntut tata kelola air tanah yang tegas, pemantauan geospasial berkelanjutan, dan perencanaan tata ruang adaptif yang berbasis bukti.

## Daftar Pustaka

- [1] Abidin, H. Z., dkk. "Land Subsidence of Jakarta (Indonesia) and its Geodetic Monitoring System." *Natural Hazards*, Springer.  
<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1011144602064>
- [2] Abidin, H. Z., dkk. "Land subsidence characteristics of the Jakarta basin and its relation with groundwater extraction and sea level rise."  
<https://www.researchgate.net/publication/299631413>
- [3] "Current land subsidence in Jakarta: a multi-track SBAS InSAR analysis during 2017–2022." *Geocarto International* (Taylor & Francis).  
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10106049.2024.2364726>
- [4] "Time Series of Land Subsidence for the Evaluation of the Jakarta Groundwater-Free Zone." *Urban Science* (MDPI), 2025.  
<https://www.mdpi.com/2413-8851/9/3/67>
- [5] "Policymaking and the spatial characteristics of land subsidence in North Jakarta." *ScienceDirect*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590252023000053>

## Pernyataan

### Ketersediaan data

Naskah menyintesis hasil pengukuran sipat datar, GPS, dan InSAR dari publikasi ilmiah yang dikutip pada Daftar Pustaka.

### Pendanaan

Riset ini didanai secara mandiri oleh Teras Urban. Penyusunan tidak menerima hibah atau penugasan dari lembaga komersial, instansi pemerintah, maupun organisasi politik mana pun.

### Benturan kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada benturan kepentingan dalam penyusunan naskah ini.

### Kontribusi penulis

Konsepsi dan desain riset, penghimpunan dan analisis data sekunder, penyusunan tabel dan grafik, serta penulisan naskah dikerjakan oleh Tim Riset Teras Urban.

### Sitasi yang disarankan

*Tim Riset Teras Urban (2026). "Penurunan Muka Tanah di Cekungan Jakarta: Sintesis Geospasial dan Implikasi Tata Kelola Air Tanah". TU-WP-2026-03. Teras Urban, Jakarta.*

### Penafian

Naskah kerja ini bersifat sementara dan terbuka untuk penelaahan. Naskah belum melalui peer-review formal. Seluruh angka mengikuti sumber yang dikutip pada Daftar Pustaka; nilai pada grafik bersifat indikatif sesuai sumber dan dapat berubah jika data primer diperbarui.