

FPIPS : 5636/UN40.A2.12/PT/2024

**PEMODELAN SPASIAL WILAYAH TERDAMPAK BENCANA *LAND
SUBSIDENCE* MENGGUNAKAN METODE *ANALYTICAL HIERARCHY
PROCESS (AHP)* DI JAKARTA UTARA**

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Geografi
Program Studi Sains Informasi Geografi*



Disusun Oleh:

Muhammad Syauqi Azadi

(2004630)

**PROGRAM STUDI SAINS INFORMASI GEOGRAFI
FAKULTAS PENDIDIKAN ILMU PENGETAHUAN SOSIAL
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2024**

LEMBAR HAK CIPTA

**PEMODELAN SPASIAL WILAYAH TERDAMPAK BENCANA *LAND
SUBSIDENCE* MENGGUNAKAN METODE *ANALYTICAL HIERARCHY
PROCESS* (AHP) DI JAKARTA UTARA**

Oleh:

Muhammad Syauqi Azadi

NIM 2003514

Skripsi yang diajukan oleh peneliti bertujuan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Geografi pada Program Studi Sains Informasi Geografi, Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial, Universitas Pendidikan Indonesia

© Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, difotokopi, atau dengan cara lainnya tanpa izin dari penulis.

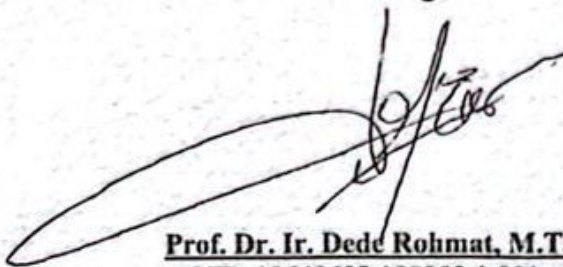
LEMBAR PENGESAHAN

MUHAMMAD SYAUQI AZADI

**PEMODELAN SPASIAL WILAYAH TERDAMPAK BENCANA *LAND*
SUBSIDENCE MENGGUNAKAN METODE *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS*
(AHP) DI JAKARTA UTARA**

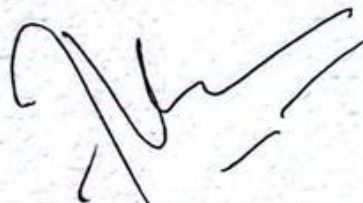
Disetujui dan disahkan oleh pembimbing

Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. Dede Rohmat, M.T.
NIP. 19640603 198903 1 001

Pembimbing II



Hendro Murtianto, S.Pd., M.Sc.
NIP. 19810215 200812 1 002

Mengetahui,

Ketua Program Studi Sains Informasi Geografi



Dr. Lili Somantri, S.Pd., M.Si.
NIP. 19790226 200501 1 008

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul "Pemodelan Spasial Wilayah Terdampak Bencana Land Subsidence Menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) di Jakarta Utara" ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Juli 2024

Penulis,



Handwritten signature of Muhammad Syauqi Azadi.

Muhammad Syauqi Azadi

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan Syukur ke hadirat Allah SWT karena dengan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pemodelan Spasial Wilayah Terdampak Bencana *Land Subsidence* Menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) di Jakarta Utara”. Adapun tujuan utama dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai syarat untuk memperoleh sarjana geografi pada Program Studi Sains Informasi Geografi, Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial, Universitas Pendidikan Indonesia.

Selama penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan, baik itu yang disebabkan oleh pengetahuan, pengalaman, maupun kemampuan yang terbatas. Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik atas bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan perhatian secara langsung maupun tidak langsung terhadap penulis demi terselesaikannya penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini, belum sepenuhnya benar, dan masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi dapat menciptakan hasil penelitian sekaligus skripsi yang lebih baik di masa depan. Semoga penelitian skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan pihak lain sebagai peneliti selanjutnya.

Bandung, Juli 2024

Penulis,

Muhammad Syauqi Azadi

UCAPAN TERIMAKASIH

Selama proses penelitian dan penyelesaian ke penulisan skripsi ini tentu saja tidak lepas dari dukungan, bimbingan, motivasi, arahan dan masukan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- 1) Allah SWT yang telah memberikan kelancaran serta kemudahan selama proses perkuliahan dan telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini;
- 2) Kedua orang tua penulis yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis demi kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini hingga akhirnya dapat terselesaikan sesuai dengan apa yang telah direncanakan;
- 3) Bapak Dr. Lili Somantri S.Pd.,M.Si. selaku Ketua Program Studi Sains Informasi Geografi yang telah memberikan motivasi, bimbingan, dan dukungan dari awal perkuliahan hingga penyelesaian skripsi;
- 4) Bapak Hendro Murtianto, S.Pd., M.Sc selaku dosen pembimbing akademik sekaligus dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, bantuan, dan motivasi kepada penulis selama menempuh Pendidikan di Program Studi Sains Informasi Geografi;
- 5) Prof. Dr. Ir. Dede Rohmat, M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah senantiasa memberikan bimbingan, masukan, dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini;
- 6) Seluruh dosen dan staf Program Studi Sains Informasi Geografi yang telah memberikan ilmu, pengalaman dan bantuan selama melaksanakan masa perkuliahan di program studi Sains Informasi Geografi;
- 7) Janner Rahmat Sudianto Nababan, S.T., M.T. selaku staf Balai Konservasi Air Tanah yang telah membimbing, memberikan arahan, dan masukan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini;
- 8) Instansi-instansi terkait yang telah memberikan izin penelitian dan memberikan bantuan pada saat proses penelitian berlangsung;

- 9) Andi Ummu Khalisah sebagai pasangan yang selalu memberikan dukungan, memotivasi dan kebersamai penulis dalam proses pengerjaan skripsi ini hingga selesai;
- 10) Teman-teman PUSKODAL sahabat seperjuangan yang telah kebersamai dan menghibur penulis selama pengerjaan skripsi ini;
- 11) Rekan-rekan Sains Informasi Geografi angkatan 2020 yang menjadi teman berdiskusi, belajar dan bermain selama masa kuliah;
- 12) Komunitas Graphin dan Departemen PHI (HIMA SAIG) yang menjadi wadah bagi penulis dalam mengembangkan skill dan potensi diri;
- 13) Komunitas IMAGIS (HIMA SAIG) yang banyak mengajarkan penulis ilmu pengetahuan terutama teknologi SIG dan penginderaan jauh sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian ini;
- 14) Terima kasih untuk diri saya sendiri yang telah berjuang selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini walaupun banyaknya kendala namun masih tetap bertahan hingga tuntas;
- 15) Terima kasih kepada keluarga, sahabat, teman dan semua pihak yang sudah membantu dan mendukung penulis baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Demikian ucapan terima kasih yang dapat disampaikan, penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan dalam pelaksanaan penelitian ini. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran untuk kemajuan penulisan tugas akhir ini. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi khalayak umum khususnya dalam penataan ruang dan lingkungan hidup di Indonesia.

Bandung, Juli 2024

Penulis,

Muhammad Syauqi Azadi

ABSTRAK

**PEMODELAN SPASIAL WILAYAH TERDAMPAK BENCANA LAND
SUBSIDENCE MENGGUNAKAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY
PROCESS (AHP) DI JAKARTA UTARA**

Muhammad Syauqi Azadi

Jakarta Utara mengalami penurunan tanah yang signifikan dengan kecepatan yang bervariasi di berbagai wilayah. Penurunan tanah di Jakarta Utara terjadi secara bervariasi yang disebabkan beberapa faktor, yaitu faktor air tanah, faktor kompaksi alami, dan faktor bangunan yang menjadi faktor saling berkaitan dalam penurunan tanah di Jakarta Utara. Pasalnya, ketiga faktor tersebut berbanding lurus dengan pertumbuhan penduduk yang terjadi di wilayah Jakarta Utara. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi bencana penurunan tanah di wilayah Jakarta Utara dengan menggunakan model data spasial serta metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui faktor dominan penyebab terjadinya penurunan tanah di Jakarta Utara. *Analytical Hierarchy Process* (AHP) adalah metode yang digunakan untuk menentukan bobot dari setiap parameter yang berpengaruh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat empat kelas tingkat potensi terdampak penurunan tanah yaitu kelas terdampak rendah dengan luas 4.899 km² (3,52%), kelas terdampak sedang dengan luas 66.197 km² (47,52%), kelas terdampak tinggi dengan luas 59.758 km² (42,90), dan kelas terdampak sangat tinggi dengan luas 8.452 km² (6,07%). Hasil analisis AHP menunjukkan bahwa faktor air tanah memiliki bobot tertinggi yaitu 0.470 dengan parameter kedalaman air dan tanah kualitas muka air tanah sebagai parameter dominan. Faktor bangunan memiliki bobot 0,295, sementara faktor alami memiliki bobot terkecil 0,235. Faktor air tanah adalah penyebab utama terjadinya penurunan tanah di Jakarta Utara, dengan kualitas muka air tanah sebagai parameter yang paling berpengaruh. Penggunaan air tanah yang berlebihan tanpa pengelolaan yang baik menyebabkan rusaknya muka air tanah sehingga secara signifikan dapat menyebabkan penurunan tanah.

Kata Kunci: Penurunan Tanah, *Analytical Hierarchy Process*, Pemodelan Spasial, Air Tanah.

ABSTRACT***SPATIAL MODELING OF LAND SUBSIDENCE DISASTER AFFECTED AREAS
USING THE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP) METHOD IN NORTH
JAKARTA***

Muhammad Syauqi Azadi

North Jakarta is experiencing significant land subsidence with varying speeds in different areas. Land subsidence in North Jakarta occurs variably due to several factors, namely groundwater factors, natural compaction factors, and building factors which are interrelated factors in land subsidence in North Jakarta. The reason is, these three factors are directly proportional to the population growth that occurs in the North Jakarta area. This research aims to analyze the potential for land subsidence disasters in the North Jakarta area using spatial data models and the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. The research objective is to determine the dominant factor causing land subsidence in North Jakarta. Analytical Hierarchy Process (AHP) is a method used to determine the weight of each influential parameter. The results showed that there are four classes of potential levels affected by land subsidence, namely low affected class with an area of 4,899 km² (3.52%), medium affected class with an area of 66,197 km² (47.52%), high affected class with an area of 59,758 km² (42.90), and very high affected class with an area of 8,452 km² (6.07%). The results of the AHP analysis show that the groundwater factor has the highest weight of 0.470 with the parameters of water depth and soil water table quality as the dominant parameters. The building factor has a weight of 0.295, while the natural factor has the smallest weight of 0.235. The groundwater factor is the main cause of land subsidence in North Jakarta, with groundwater quality as the most influential parameter. Excessive use of groundwater without proper management causes damage to the groundwater table, which can significantly cause land subsidence.

Keywords: *Land Subsidence, Analytical Hierarchy Process, Spatial Modeling, Groundwater*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
UCAPAN TERIMAKASIH	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	7
1.3 Rumusan Masalah	7
1.4 Tujuan Penelitian	7
1.5 Manfaat Penelitian	8
1.6 Definisi Operasional	9
1.6.1 <i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i>	9
1.6.2 Pemodelan Spasial	11
1.7 Struktur Organisasi	12
1.8 Penelitian Terdahulu	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	26
2.1 Potensi Bencana Penurunan Tanah	26
2.1.1 Definisi Penurunan Tanah.....	26
2.1.2 Penyebab Penurunan Tanah	27
2.1.3 Dampak dari Penurunan Tanah.....	28
2.1.4 Upaya Penanggulangan.....	29
2.2 Pemodelan Spasial Bencana Penurunan Tanah	30

2.3 Aplikasi Sistem Informasi Geografi Untuk Potensi Bencana Penurunan Tanah	30
2.3.1 Perkembangan Sistem Informasi Geografi	31
2.3.2 Sumber Data Sistem Informasi Geografi	31
2.3.3 Manfaat Sistem Informasi Geografis	32
2.4 Pemanfaatan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Untuk Pemetaan Potensi Bencana Penurunan Tanah	34
2.4.1 Pembobotan AHP	35
2.4.2 Prosedur AHP	36
2.4.3 Langkah dan Proses AHP	37
2.4.4 Bentuk AHP	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	39
3.1 Metode Penelitian	39
3.2 Lokasi Penelitian	40
3.3 Alat dan Bahan	42
3.3.1 Alat Penelitian	42
3.3.2 Bahan Penelitian	42
3.4 Desain Penelitian	43
3.4.1 Pra-Penelitian	43
3.4.2 Pelaksanaan Penelitian	44
3.4.3 Pasca Penelitian	45
3.5 Populasi dan Sampel	46
3.5.1 Populasi	46
3.5.2 Sampel	46
3.6 Variabel Penelitian	47
3.7 Teknik Pengumpulan Data	50

3.7.1 Studi Literatur	50
3.7.2 Interview	50
3.7.3 Angket.....	51
3.7.4 Observasi.....	51
3.8 Teknik Analisis Data.....	51
3.8.1 Analisis Bencana Penurunan Tanah di Jakarta Utara Menggunakan <i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i>	52
3.8.2 Faktor Paling Berpengaruh dalam Penurunan Tanah di Jakarta Utara	56
3.9 Alur Penelitian	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	59
4.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian	59
4.1.1 Kondisi Geografis	59
4.1.2 Kondisi Fisik.....	61
4.1.3 Kondisi Sosial	68
4.2 Temuan Penelitian	72
4.2.1 Pemodelan Spasial Sebaran Potensi Bencana <i>Land Subsidence</i> di Wilayah Jakarta Utara Menggunakan Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	72
4.2.2 Faktor Dominan dalam Penyebab Terjadinya Penurunan Tanah di Jakarta Utara	100
BAB V PENUTUP.....	105
5.1 Kesimpulan	105
5.2 Implikasi	106
5.3 Rekomendasi.....	107
DAFTAR PUSTAKA.....	xiv
LAMPIRAN.....	xx

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Penelitian Terdahulu	13
Tabel 3.1 Luas Kecamatan di Jakarta Utara	40
Tabel 3.2 Alat Penelitian.....	42
Tabel 3.3 Bahan Penelitian	43
Tabel 3.4 Pra-Penelitian.....	44
Tabel 3.5 Pelaksanaan Penelitian.....	45
Tabel 3.6 Pasca Penelitian	46
Tabel 3.7 Variabel Penelitian.....	47
Tabel 3.8 Kelas Klasifikasi Wilayah Terdampak Penurunan Tanah	52
Tabel 3.9 Nilai Intensitas AHP	52
Tabel 3.10 Matriks Perbandingan Kriteria.....	53
Tabel 3.11 Normalisasi Nilai Matriks Perbandingan.....	53
Tabel 3.12 Perhitungan <i>Priority Vector</i> (PV)	53
Tabel 3.13 Nilai <i>Ratio Index</i> (RI)	54
Tabel 3.14 Nilai Skor Kriteria Geologi.....	54
Tabel 3.15 Nilai Skor Kriteria Jarak dari Patahan	55
Tabel 3.16 Nilai Skor Kriteria Kualitas Muka Air Tanah.....	55
Tabel 3.17 Nilai Skor Kriteria Kedalaman Air Tanah.....	55
Tabel 3.18 Nilai Skor Kriteria Penggunaan Lahan	56
Tabel 3.19 Nilai Skor Kriteria Klasifikasi Massa Bangunan.....	56
Tabel 4.1 Luas Wilayah Jakarta Utara	59
Tabel 4.2 Sebaran Geologi Jakarta Utara.....	61
Tabel 4.3 Sebaran Penggunaan Lahan Jakarta Utara Tahun 2022.....	64
Tabel 4.4 Sebaran Penduduk di Jakarta Utara Tahun 2022	68
Tabel 4.5 Sebaran Kepadatan Penduduk di Jakarta Utara Tahun 2022	69
Tabel 4.6 Pihak yang terlibat dalam Wawancara.....	72
Tabel 4.7 Nilai Skala Prioritas AHP	73
Tabel 4.8 Parameter Pemodelan Spasial Penurunan Tanah.....	73
Tabel 4.9 Matriks Perbandingan berpasangan	74
Tabel 4.10 Nilai Desimal dari Matriks Perbandingan.....	74

Tabel 4.11 Perhitungan Normalisasi Matriks Perbandingan Berpasangan.....	75
Tabel 4.12 Nilai Normalisasi Matriks Perbandingan.....	75
Tabel 4.13 Hasil Vektor Prioritas setiap Kriteria.....	77
Tabel 4.14 Nilai Vektor Konsistensi Kriteria	77
Tabel 4.15 Nilai <i>Random Consistency</i> (RC).....	78
Tabel 4.16 Luas dan Persentase Parameter Geologi	79
Tabel 4.17 Luas Struktur Geologi per Kecamatan di Jakarta Utara	79
Tabel 4.18 Skor Kelas Parameter Geologi.....	80
Tabel 4.19 Skor Kelas Parameter Jarak dari Patahan	82
Tabel 4.20 Luas Zona Kualitas Muka Air Tanah Jakarta Utara	85
Tabel 4.21 Skor Kelas Kualitas Muka Air Tanah.....	85
Tabel 4.22 Luas Wilayah Kelas Kedalaman Air Tanah di Jakarta Utara	87
Tabel 4.23 Luas Kedalaman Air Tanah per Kecamatan di Jakarta Utara.....	87
Tabel 4.24 Skor Kelas Kedalaman Air Tanah	88
Tabel 4.25 Luas Penggunaan lahan Jakarta Utara	90
Tabel 4.26 Skor Penggunaan Lahan	91
Tabel 4.27 Tabel Luas Klasifikasi Bangunan	93
Tabel 4.28 Skor Klasifikasi Bangunan	94
Tabel 4.29 Skor dan Bobot Parameter Penurunan Tanah Jakarta Utara.....	96
Tabel 4.30 Klasifikasi Rentang Nilai Potensi Terdampak Bencana Penurunan Tanah Wilayah Jakarta Utara.....	97
Tabel 4.31 Luas Kelas Potensi Terdampak Bencana Penurunan Tanah di Jakarta Utara.....	99
Tabel 4.32 Luas Tingkat Potensi Terdampak Bencana Penurunan Tanah per Kecamatan.....	99
Tabel 4.33 Nilai Bobot Parameter Penurunan Tanah Jakarta Utara	100
Tabel 4.34 Tabel Matriks Kerusakan Kondisi Air Tanah.....	101
Tabel 4.35 Penentuan Kelas Potensi dengan Laju Penurunan Tanah	103
Tabel 4.36 Hasil Validasi <i>Kappa</i>	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Analisis Jaringan Berdasarkan Bibliografi Data	6
Gambar 2.1 Bentuk Metode AHP	37
Gambar 3.1 Peta Administrasi Jakarta Utara	41
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	58
Gambar 4.1 Peta Administrasi Jakarta Utara	60
Gambar 4.2 Peta Geologi Jakarta Utara	62
Gambar 4.3 Peta Penggunaan Lahan Jakarta Utara	65
Gambar 4.4 Peta Topografi Jakarta Utara	67
Gambar 4.5 Peta Kepadatan Penduduk Jakarta Utara	71
Gambar 4.6 Peta Geologi Jakarta Utara	81
Gambar 4.7 Peta Jarak dari Patahan DKI Jakarta	83
Gambar 4.8 Peta Kedalaman Air Tanah Jakarta Utara	89
Gambar 4.9 Peta Penggunaan Lahan Jakarta Utara	92
Gambar 4.10 Peta Klasifikasi Bangunan Jakarta Utara	95
Gambar 4.11 Peta Potensi Terdampak Bencana Penurunan Tanah Jakarta Utara ...	98
Gambar 4.12 Peta Validasi Penurunan Tanah Tahun 2015 - 2022 (Sumber: Balai Konservasi Air Tanah)	104

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z., Andreas, H., Gamal, M., Wirakusumah, A. D., Darmawan, D., Deguchi, T., & Maruyama, Y. (2008). Land Subsidence Characteristics of the Bandung Basin, Indonesia, As Estimated from GPS and InSAR. *Journal of Applied Geodesy*, 2(3). <https://doi.org/10.1515/JAG.2008.019>
- Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I., Fukuda, Y., Pohan, Y. E., & Deguchi, T. (2011). Land subsidence of Jakarta (Indonesia) and its relation with urban development. *Natural Hazards*, 59(3), 1753–1771. <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9866-9>
- Atkinson, A. C., Riani, M., & Cerioli, A. (2004). Spatial Linear Models. Dalam *Exploring Multivariate Data with the Forward Search* (hlm. 457–549). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-21840-3_8
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah. (2024). Kick Off Penyusunan Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah (RPJPD) Provinsi DKI Jakarta Tahun 2025-2045. Dalam *Portal Bappeda*. <https://bappeda.jakarta.go.id/kick-off-penyusunan-rencana-pembangunan-jangka-panjang-daerah-rpjpd-provinsi-dki-jakarta-tahun-2025-2045/>
- Bagheri-Gavkosh, M., Hosseini, S. M., Ataie-Ashtiani, B., Sohani, Y., Ebrahimian, H., Morovat, F., & Ashrafi, S. (2021). Land subsidence: A global challenge. *Science of The Total Environment*, 778, 146193. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146193>
- Chen, B., Gong, H., Li, X., Lei, K., Zhu, L., Gao, M., & Zhou, C. (2017). Characterization and causes of land subsidence in Beijing, China. *International Journal of Remote Sensing*, 38(3), 808–826. <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1259674>
- Cui, Z., Tang, Y., & Yan, X. (2010). Centrifuge modeling of land subsidence caused by the high-rise building group in the soft soil area. *Environmental Earth Sciences*, 59, 1819–1826. <https://doi.org/10.1007/S12665-009-0163-9>

- Cui, Z., Yang, J., & Yuan, L. (2015). Land subsidence caused by the interaction of high-rise buildings in soft soil areas. *Natural Hazards*, 79, 1199–1217. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1902-8>
- Delinom, R. (2011). *Groundwater management issues in the Greater Jakarta area, Indonesia*. 8, 40–54.
- Delinom, R. M., Assegaf, A., Abidin, H. Z., Taniguchi, M., Suherman, D., Lubis, R. F., & Yulianto, E. (2009). The contribution of human activities to subsurface environment degradation in Greater Jakarta Area, Indonesia. *Science of The Total Environment*, 407(9), 3129–3141. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.10.003>
- Djaja, R., Rais, J., Abidin, H. Z., & Wedyanto, K. (2004). *Land Subsidence of Jakarta Metropolitan Area*.
- Firman, T., Surbakti, I. M., Idroes, I. C., & Simarmata, H. A. (2011). Potential climate-change related vulnerabilities in Jakarta: Challenges and current status. *Habitat International*, 35(2), 372–378. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2010.11.011>.
- Erkens, G., & Sutanudjaja, E. H. (2015). Towards A Global Land Subsidence Map. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 372, 83–87. <https://doi.org/10.5194/piahs-372-83-2015>
- Galloway, D. L., Erkens, G., Kuniatsky, E. L., & Rowland, J. C. (2016). Preface: Land subsidence processes. *Hydrogeology Journal*, 24(3), 547–550. <https://doi.org/10.1007/s10040-016-1386-y>
- Ghorbanzadeh, O., Rostamzadeh, H., Blaschke, T., Gholaminia, K., & Aryal, J. (2018). A new GIS-based data mining technique using an adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) and k-fold cross-validation approach for land subsidence susceptibility mapping. *Natural Hazards*, 94(2), 497–517. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3449-y>
- Herrera-García, G., Ezquerro, P., Tomás, R., Béjar-Pizarro, M., López-Vinielles, J., Rossi, M., Mateos, R. M., Carreón-Freyre, D., Lambert, J., Teatini, P., Cabral-Cano, E., Erkens, G., Galloway, D., Hung, W.-C., Kakar, N., Sneed,

- M., Tosi, L., Wang, H., & Ye, S. (2021). Mapping the Global Threat of Land Subsidence. *Science*, 371(6524), 34–36.
<https://doi.org/10.1126/science.abb8549>
- Hutama, H. J., & Suliantoro, H. (2015). Analisis Dan Perumusan Strategi Pemasaran Pada Ukm Batik Jawa Anggun Pekalongan Menggunakan Analisis Swot dan AHP. *Industrial Engineering Online Journal*, 4(2), Article 2. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/8645>
- Ismanto, A., Wirasatriya, A., Helmi, M., Hartoko, A., & Prayogi, P. (2009). Model Sebaran Penurunan Tanah di Wilayah Pesisir Semarang. *International Journal of Marine Sciences (IJMS)*, 14(4), Article 4
- Jesson, J., Lacey, F. M., & Matheson, L. (2011). *Doing Your Literature Review : Traditional and Systematic Techniques*. 1–192.
<https://www.torrossa.com/en/resources/an/4913523>
- Kasfari, R., Yuwono, B. D., & Awaluddin, M. (2018). Pengamatan Penurunan Muka Tanah Kota Semarang Tahun 2017. *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1), Article 1. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2017.19315>
- Kusrini, M. K., & Kom, M. (2007). *Konsep dan aplikasi sistem pendukung keputusan*.
- Magdalena, H. (2012). Sistem Pendukung Keputusan untuk Menentukan Pemberian Beasiswa di STMIK Atma Luhur. *Jurnal Buana Informatika*, 1(1). <https://doi.org/10.24002/jbi.v3i2.325>
- Marfai, M. A., & King, L. (2007). Monitoring land subsidence in Semarang, Indonesia. *Environmental Geology*, 53(3), 651–659.
<https://doi.org/10.1007/s00254-007-0680-3>
- Navalgund, R., Jayaraman, V., & Roy, P. S. (2007). Remote sensing applications : An overview. *Current Science*, 93, 1747–1766.
- Nurdin, N. (2016). Analisis penggunaan lahan daerah aliran sungai balangtieng kab. Bulukumba. *Perspektif*, 1, 20–29.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:211175100>

- Oktaviani, A. R., Nugraha, A. L., & Firdaus, H. S. (2017). Analisis Penentuan Lahan Kritis Dengan Metode Fuzzy Logic Berbasis Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Kabupaten Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4), Article 4. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2017.18160>
- Penne, D., & Mandie Yantha. (2020). A Megacity's Hydrological Risk: An analysis of water security issues in Jakarta City, Indonesia. *International Conference on Sustainable Development*, 1. <https://ic-sd.org/wp-content/uploads/2020/11/Destinee-Penney.pdf>
- Rachmawati, I. N. (2007). Pengumpulan Data Dalam Penelitian Kualitatif: Wawancara. *Jurnal Keperawatan Indonesia*, 11(1), 35–40. <https://doi.org/10.7454/jki.v11i1.184>
- Rahmati, O., Falah, F., Naghibi, S. A., Biggs, T., Soltani, M., Deo, R., Cerdà, A., Mohammadi, F., & Bui, D. T. (2019). Land subsidence modelling using tree-based machine learning algorithms. *The Science of the total environment*, 672, 239–252. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.496>
- Ratnamurni, E. D., Ludiya, E., & Luthfiartie, A. (2022). Quality Risk Management in Infusation Product Distribution Using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Analytical Hierarchy Process (AHP) Methods. *International Journal of Science, Technology & Management*, 3(1), 229–244. <https://doi.org/10.46729/ijstm.v3i1.429>
- Ramadhanis, Z., Prasetyo, Y., & Yuwono, B. D. (2017). Analisis Korelasi Spasial Dampak Penurunan Muka Tanah Terhadap Banjir di Jakarta Utara. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(3), Article 3. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2017.17193>
- Saaty, T., & Kearns, K. P. (1985). *The Analytic Hierarchy Process*. 19–62. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-032599-6.50008-8>
- Sholarin, E. A., & Awange, J. (2015). *Geographical Information System (GIS)*. 239–248. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27651-9_12
- Somantri, L. (2022). *Metode Penelitian Sains Informasi Geografi*.

- Surbakti, I. M., Idroes, I. C., Simarmata, H. A., Firman, T., Surbakti, I. M., Idroes, I. C., & Simarmata, H. A. (2010). *JAKARTA CITY TEAM JAKARTA CITY REPORT Information related to Climate Change in Jakarta City*.
- Susanto, E. (2014). Karakteristik Struktur Tanah Daerah Rawan Bencana Longsor di Desa Kemuninglor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Lapisan Bawah Permukaan. <https://repository.unej.ac.id/xmlui/handle/123456789/14573>
- Teatini, P., Ferronato, M., Gambolati, G., & Gonella, M. (2006). Groundwater pumping and land subsidence in the Emilia-Romagna coastland, Italy: Modeling the past occurrence and the future trend. *Water Resources Research*, 42(1). <https://doi.org/10.1029/2005WR004242>
- Tung, H., & Hu, J.-C. (2012). Assessments of Serious Anthropogenic Land Subsidence in Yunlin County of Central Taiwan from 1996 to 1999 by Persistent Scatterers InSAR. *Tectonophysics*, 578, 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2012.08.009>
- Unwin, D., Longley, P., & Batty, M. (1998). Spatial Analysis: Modelling in a GIS Environment. *The Geographical Journal*, 164, 104. <https://doi.org/10.2307/3060562>
- Ward, P., Marfai, M. A., Poerbandono, P., & Aldrian, E. (2013). *Climate Adaptation in the City of Jakarta* (hlm. 285–304).
- Wilson, W., & Susilo, A. J. (2018). Perbandingan Penurunan Konsolidasi Pada Tanah yang Belum Diperbaiki Serta Yang Diperbaiki Dengan Preloading dan Pemancangan Keliling. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 1(2), 151. <https://doi.org/10.24912/jmts.v1i2.2675>
- Weganofa, R., M., & Herawati, S. (2022). Bibliometric Analysis of Research Development Trends on Project-Based Learning. *KnE Social Sciences*, 7(19), 569–577. <https://doi.org/10.18502/kss.v7i19.12476>
- Yamashita, A. (t.t.). *Aspects of water environmental issues in Jakarta due to its rapid urbanization*.

- Yuwono, B. D., Abidin, H. Z., & Hilmi, M. (2013). Analisa Geospasial Penyebab Penurunan Muka Tanah di Kota Semarang. *Prosiding Sains Nasional dan Teknologi*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.36499/psnst.v1i1.700>
- Yuhanafia, N., & Andreas, H. (2017). Pertambahan Estimasi Kerugian Ekonomi Akibat Banjir Dengan Pengaruh Penurunan Tanah di Jakarta. *Gea Jurnal Pendidikan Geografi*, 17(2), Article 2.