

Literatur Review: Perbandingan Berbagai Teknik Pemodelan *Land Subsidence* *Comparison of Land Subsidence Modelling Technique*

Akbar Kurniawan*, Udiana Wahyu Deviantari

Departemen Teknik Geomatika, FTSPK-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

*Korespondensi penulis: akbar@geodesy.its.ac.id

Diterima: 04112021; Diperbaiki: 02032022; Disetujui: 01042022; Dipublikasi: 10042022

Abstrak: Fenomena penurunan tanah atau *land subsidence* merupakan peristiwa yang dapat diidentifikasi dengan berbagai metode. Penting untuk dapat mengetahui terlebih dahulu hipotesa penyebab terjadinya penurunan tanah, diantaranya adalah disebabkan eksploitasi air bawah tanah, eksploitasi hidrokarbon, terjadinya konsolidasi tanah, akibat faktor geologi dan aktivitas tektonik. *Review* artikel ini dilakukan dengan melakukan pencarian data pada *database* jurnal. *Keyword* yang digunakan pada pencarian artikel adalah "*Land Subsidence Modeling*". Artikel yang didapatkan kemudian dibandingkan. Perbandingan dilakukan untuk mendapatkan inti dari artikel ilmiah tersebut terutama pada judul, data yang digunakan, metode pemodelan, metode pengamatan *land subsidence*, dan hasil penelitian. Identifikasi *land subsidence* dapat dilakukan dengan menggunakan metode analisa kompaksi lapisan tanah dan batuan, analisa perubahan muka air bawah tanah, pengukuran GPS, *levelling* dan *time-series* InSAR. Pemodelan terhadap fenomena *land subsidence* tidak cukup dengan hanya data geometrik dari pengukuran geodetik, tapi juga harus didukung data fisis yang berkaitan dengan penyebab *land subsidence*.

Copyright © 2022 Geoid. All rights reserved.

Abstract: The phenomenon of *land subsidence* is an event that can be identified by various methods. It is important to know in advance the hypotheses of the causes of *land subsidence*, such as the exploitation of underground water, exploitation of hydrocarbons, the occurrence of soil consolidation, due to geological factors, and tectonic activities. This article review is done by searching the data on the journal database. The keyword used in the article search is "*Land Subsidence Modeling*". The articles obtained are then compared. Comparisons were made to get the gist of the scientific article, especially the title, data used, modeling methods, *land subsidence* observation methods, and research results. *Land subsidence* identification can be done using soil and rock layer compaction analysis methods, underground water level change analysis, GPS measurements, *Leveling*, and *time-series* InSAR. Modeling of the *land subsidence* phenomenon is not enough with only geometric data from geodetic measurements, but it must also be supported by physical data related to the causes of *land subsidence*.

Kata kunci: *Land Subsidence*, Pemodelan, GPS, InSAR

Cara untuk sitasi: Kurniawan, A., Djurdjani, Deviantari, U. W., (2022). Literatur Review: Perbandingan Berbagai Teknik Pemodelan *Land Subsidence*. *Geoid*, 17(2), 267-272.

Pendahuluan

Land subsidence merupakan peristiwa perpindahan permukaan tanah secara vertikal kebawah, yang pada umumnya disebabkan oleh kurangnya kemampuan tanah, pengaruh beban diatas tanah yang terlalu besar (Marker, 2013). Dapat juga diartikan sebagai proses pengendapan bertahap atau tenggelamnya permukaan bumi disebabkan oleh pergerakan material dibawah permukaan bumi (Baum et al., 2008). Aktivitas lain yang dapat menyebabkan terjadinya *land subsidence* diantaranya kompresi, kompaksi, konsolidasi, *shrinkage*, oksidasi, peristiwa tektonisme, dan juga akibat aktivitas eksploitasi hidrokarbon (Allen, 1984; Marker, 2013; Nagel, 2001).

Dari beberapa literatur yang lain, *land subsidence* bisa terjadi akibat eksploitasi air bawah tanah secara berlebihan (Ng et al., 2012; Yastika et al., 2019) maupun eksploitasi hidrokarbon (Chaussard et al., 2013; Chen, 2011). Peristiwa deformasi di daerah eksploitasi hidrokarbon juga terjadi di Groningen (Fokker & Van

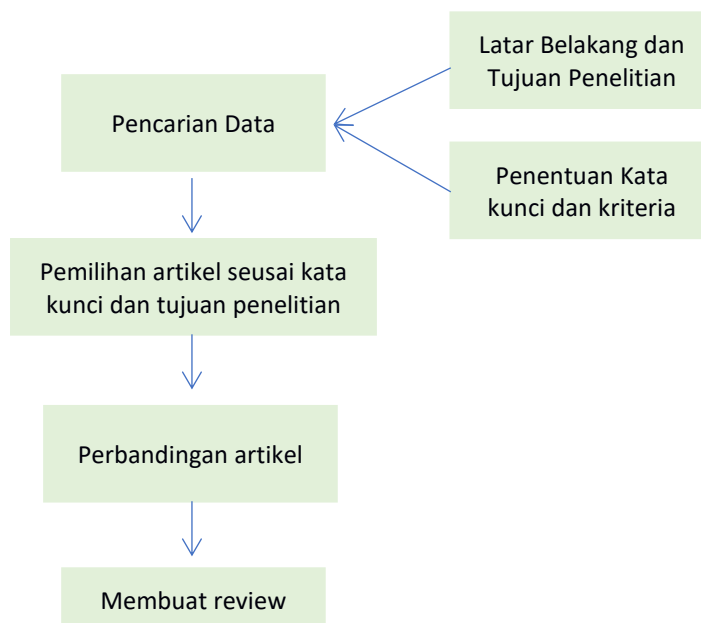
Thienen-Visser, 2016; Van Thienen-Visser et al., 2015; Verhoef & de Heus, 1995), Louisiana (Voyiadjis & Zhou, 2018), Kazakstan (Grebby et al., 2019).

Land subsidence yang terjadi pada suatu wilayah tidak hanya menyebabkan terjadinya penurunan tanah, tetapi juga dapat menyebabkan banjir, intrusi air laut, kerugian ekonomi, dan juga kerusakan struktur bangunan (Gumilar et al., 2012; Ikuemonisan & Ozebo, 2020; Sarah et al., 2011). Untuk itu diperlukan metode untuk mengidentifikasi faktor penyebab terjadinya *land subsidence*.

Artikel ini bertujuan untuk mengetahui berbagai faktor penyebab *land subsidence*, parameter yang digunakan untuk memodelkan *land subsidence*, dan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi *land subsidence*. Dari beberapa faktor tersebut, diharapkan artikel ini dapat memberikan gambaran terhadap pengetahuan pemodelan *land subsidence* dan metode identifikasi *land subsidence* yang banyak digunakan diseluruh dunia.

Data dan Metode

Prosedur pencarian data didasarkan pada latar belakang dan tujuan penelitian. Hal ini dilakukan untuk mempermudah pencarian kata kunci dan penentuan kriteria artikel yang akan *direview*. Dengan adanya kata kunci dan kriteria yang khusus, akan mempermudah dalam melakukan pemilihan artikel dari database jurnal. Kata kunci yang digunakan untuk pencarian artikel sesuai dengan tujuan dari penelitian ini dengan menggunakan keyword "*Land Subsidence Modeling*". Metode penelitian dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Metode Penelitian (Pengarang,2021)

Tahap selanjutnya adalah melakukan perbandingan artikel, hal ini dilakukan untuk mendapatkan informasi spesifik dari masing-masing artikel yang akan *direview*. Perbandingan dilakukan untuk mendapatkan inti dari artikel ilmiah tersebut terutama pada judul, data yang digunakan, metode pemodelan, metode pengamatan *land subsidence*, dan hasil. Dari hasil *review* tersebut, artikel yang didapatkan kemudian dibedakan berdasarkan penyebab *land subsidence*, variabel yang digunakan dalam pemodelan *land subsidence* dan metode identifikasi *land subsidence*.

Dari hasil perbandingan paper tersebut didapatkan penyebab terjadinya *land subsidence* diantaranya :

1. Eksploitasi Air Bawah Tanah (Gumilar et al., 2012; Ochoa-gonzález et al., 2018; Shi et al., 2008; Xing-xian, 2014),

2. Eksploitasi Minyak dan Gas / Hidrokarbon (Abija, 2021; Fokker & Van Thienen-Visser, 2016; Taherynia et al., 2013; Van Thienen-Visser et al., 2015; Voyiadjis & Zhou, 2018)
3. Faktor Geologi, Konsolidasi Tanah, dan Pengaruh Tektonik (Elgharbawi & Tamura, 2014), (Sarah et al., 2011; Yin et al., 2019)

Parameter yang digunakan untuk pemodelan pada masing-masing penyebab *land subsidence*, diantaranya :

Parameter Fisis :

- | | | |
|---|---|-----------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. data penurunan air tanah 2. data extensiometer 3. data soil investigation 4. data sumur bor | } | Eksploitasi Air Bawah Tanah |
| <ol style="list-style-type: none"> 5. data geologi 6. data geoteknik | } | Dibutuhkan semua pemodelan |
| <ol style="list-style-type: none"> 7. kompaksi lapisan batuan 8. ketebalan lapisan reservoir 9. perubahan tekanan reservoir | } | Eksploitasi Minyak dan Gas |

Parameter Geometri :

- | | | |
|--|---|----------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. data geometri dari GPS 2. data geometri dari InSAR 3. data geometri dari pengukuran levelling | } | Dibutuhkan semua pemodelan |
|--|---|----------------------------|

Hasil dan Pembahasan

Hasil perbandingan paper-paper tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Beberapa Teknik Pemodelan *Land Subsidence*.

Tabel 1. Beberapa Teknik Pemodelan *Land Subsidence*.

Penulis	Penyebab <i>Land Subsidence</i>	Variabel pemodelan	Metode Identifikasi <i>Land Subsidence</i>
(Shi et al. 2008)	Eksploitasi Air Bawah Tanah	data penurunan air tanah data extensiometer	extensometer
(Gumilar et al. 2012)	Eksploitasi Air Bawah Tanah	data penurunan air tanah data penurunan tanah dari GPS data penurunan tanah dari InSAR	GPS InSAR
(Ge et al. 2014)	Eksploitasi Air Bawah Tanah	data muka air bawah tanah data geometri <i>land subsidence</i> dari GPS data geometri <i>land subsidence</i> dari InSAR	GPS InSAR
(Xing-xian 2014)	Eksploitasi Air Bawah Tanah	- data soil investigation - data muka air bawah tanah	levelling
(Ochoa-gonzález et al. 2018)	Eksploitasi Air Bawah Tanah	data geologi data mekanika tanah/geoteknik data sumur bor penurunan muka air bawah tanah	InSAR

(Liu et al. 2018)	Eksplorasi Air Bawah Tanah	data muka air bawah tanah	GPS InSAR
(Taherynia, Ghazifard, and Aghda 2013)	Eksplorasi gas	kompaksi batuan ketebalan lapisan reservoir perubahan tekanan reservoir	Pemodelan data
(Elgharbawi and Tamura 2014)	Gempa Tektonik	data GPS data InSAR	GPS InSAR
(Van Thienen-Visser, Pruiksma, and Breunese 2015)	Eksplorasi Gas	kompaksi batuan data geometri <i>land subsidence</i> dari InSAR	InSAR
(Fokker and Van Thienen-Visser 2016)	Eksplorasi Gas	data <i>levelling</i>	<i>levelling</i>
(Sroka, A., Hejmanowski 2014)	Eksplorasi Gas	Kompaksi lapisan tanah ketebalan lapisan reservoir	GPS InSAR
(Abija 2021)	Eksplorasi Gas dan Minyak	kompaksi lapisan batuan perubahan tekanan pada reservoir	-
(Voyiadjis and Zhou 2018)	Eksplorasi Gas	<i>Elastic-viscoplastic constitutive</i> model	Dari pemodelan
(Sarah et al. 2011)	Konsolidasi tanah, Geologi	data geologi data geoteknik data muka air bawah tanah	PS-InSAR GPS
(Yin et al. 2019)	Konsolidasi tanah	Data DinSAR	InSAR

Penggunaan data kedalaman air bawah tanah memberikan gambaran yang jelas terkait terjadinya *land subsidence* yang disebabkan oleh penggunaan air bawah tanah. Perubahan kedalaman muka air tanah sebenarnya haanya menunjukkan tingkat penggunaan air bawah tanah dalam kurun waktu tertentu dan pengaruhnya terhadap perubahan kedalaman muka air tanah. Hipotesa bahwa *land subsidence* disebabkan oleh penggunaan air bawah tanah, perlu ditunjang dengan data lain, diantaranya data geoteknik, data geologi, data lapisan tanah, analisa kompaksi lapisan tanah dan juga data penurunan tanah yang diukur dengan metode geodetik, semisal metode GPS, metode InSAR maupun metode *leveling*.

Untuk menganalisa *land subsidence* yang disebabkan oleh eksploitasi Minyak dan Gas (Hidrokarbon), membutuhkan data diantaranya data geologi, data lapisan tanah dan batuan , kedalaman reservoir, ketebalan lapisan reservoir, data perubahan tekanan pada reservoir. Data geologi , data lapisan tanah / batuan dibutuhkan untuk mendapatkan nilai kompaksi pada setiap lapisan tanah / batuan, sehingga dapat dihitung besar land subidence dari analisa kompaksi lapisan tanah dan batuannya. Untuk memvalidasi hasil model kompaksi batuan, tetap dibutuhkan pengukuran lapangan yang dapat dilakukan dengan metode geodetik.

Pengamatan geodetik menjadi sumber data yang dapat dipercayai, penggunaan berbagai metode pengukuran semisal pengukuran GPS, pengamatan *time-series* InSAR dan pengukuran leveling memberikan informasi

perubahan geometri permukaan tanah yang sangat penting. Pengukuran GPS dan leveling memberikan ketelitian yang baik, yaitu bisa mencapai sub-mm, akan tetapi data pengamatan GPS hanya menunjukkan titik-titik yang diamati saja. Pengukuran dengan metode *time-series* InSAR memberikan gambaran terjadinya Land Subsidence dari perubahan geometri permukaan tanah pada area yang luas. Penggunaan GPS dan InSAR dapat digunakan secara bersamaan, dan dapat memberikan informasi *land subsidence* secara komprehensif.

Kesimpulan

Dari berbagai artikel tersebut dapat disimpulkan, metode geodetik banyak digunakan untuk mendapatkan nilai *land subsidence*, diantaranya dengan menggunakan pengukuran GPS, data *time-series* InSAR, dan juga pengukuran *levelling*. Pembuatan model *land subsidence* membutuhkan data fisis yang sesuai dengan penyebab terjadinya *land subsidence* dan juga data geometri terjadinya *land subsidence*.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kami ucapkan kepada dosen pengampu mata kuliah di Prodi S3 Teknik Geomatika UGM.

Daftar Pustaka

- Abija, F. A. (2021). *Predicting ground subsidence due to long term oil / gas production in a Niger Delta basin , Nigeria : implications for CO2 EOR and geosequestration.*
- Allen, A. S. (1984). Part II Case histories of land subsidence due to ground-water withdrawal. In *Guidebook to studies of land subsidence due to ground-water withdrawal.*
- Baum, B. R. L., Galloway, D. L., & Harp, E. L. (2008). *OF08-1164_508.pdf.*
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.10.015>
- Chen, Z. R. (2011). Poroelastic model for induced stresses and deformations in hydrocarbon and geothermal reservoirs. *Journal of Petroleum Science and Engineering, 80*(1), 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2011.10.004>
- Elgharabawi, T., & Tamura, M. (2014). ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing Measuring deformations using SAR interferometry and GPS observables with geodetic accuracy : Application to Tokyo , Japan. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 88*, 156–165. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.12.005>
- Fokker, P. A., & Van Thienen-Visser, K. (2016). Inversion of double-difference measurements from optical leveling for the Groningen gas field. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 49*, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2016.01.004>
- Grebby, S., Orynassarova, E., Sowter, A., Gee, D., & Athab, A. (2019). Int J Appl Earth Obs Geoinformation Delineating ground deformation over the Tengiz oil field , Kazakhstan , using the Intermittent SBAS (ISBAS) DInSAR algorithm. *Int J Appl Earth Obs Geoinformation, 81*(April), 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.05.001>
- Gumilar, I., Abidin, H. ., Hutasoit, L. ., Hakin, D. M., Andreas, H., Sidiq, T. ., & Gamal, M. (2012). Mapping of Land Subsidence Characteristic using Geodetic Methods and Its Impacts due to Wider Expansion of Flooding in Bandung Basin. *Majalah Ilmiah Gkobe, 14*(1), 17–27.
- Ikuemonisan, F. E., & Ozebo, V. C. (2020). Geodesy and Geodynamics Characterisation and mapping of land subsidence based on geodetic observations in Lagos , Nigeria. *Geodesy and Geodynamics, 11*(2), 151–162. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2019.12.006>
- Marker, B. R. (2013). Encyclopedia of Natural Hazards. *Reference Reviews, 28*(2), 36–36. <https://doi.org/10.1108/rr-10-2013-0253>
- Nagel, N. B. (2001). Compaction and subsidence issues within the petroleum industry: From Wilmington to Ekofisk and beyond. *Physics and Chemistry of the Earth, Part A: Solid Earth and Geodesy, 26*(1–2), 3–14. [https://doi.org/10.1016/S1464-1895\(01\)00015-1](https://doi.org/10.1016/S1464-1895(01)00015-1)
- Ng, A. H. M., Ge, L., Li, X., Abidin, H. Z., Andreas, H., & Zhang, K. (2012). Mapping land subsidence in Jakarta, Indonesia using persistent scatterer interferometry (PSI) technique with ALOS PALSAR. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 18*(1), 232–242. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2012.01.018>
- Ochoa-gonzález, G. H., Carreón-freyre, D., Franceschini, A., Cerca, M., & Teatini, P. (2018). Overexploitation of groundwater resources in the faulted basin of Querétaro , Mexico : A 3D deformation and stress analysis. *Engineering Geology, 245*(August), 192–206. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2018.08.014>
- Sarah, D., Syahbana, A. J., Lubis, R. F., & Mulyono, A. (2011). Modelling of Land Subsidence Along Tanah Mas - Pelabuhan Section Semarang City Using Finite Element Method. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan,*

21(1), 105. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2011.v21.50>

- Shi, X., Wu, J., Ye, S., Zhang, Y., Xue, Y., Wei, Z., Li, Q., & Yu, J. (2008). *Regional land subsidence simulation in Su-Xi-Chang area and Shanghai City , China*. 100, 27–42. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.02.011>
- Taherynia, M. H., Ghazifard, A., & Aghda, S. M. F. (2013). Predicting Subsidence in the South Pars. *EJGE*, 18(Sulak 1991), 2621–2627.
- Van Thienen-Visser, K., Pruiksmas, J. ., & Breunese, J. . (2015). *Compaction and subsidence of the Groningen gas field in the Netherlands*. 367–373. <https://doi.org/10.5194/piahs-372-367-2015>
- Verhoef, H. M. E., & de Heus, H. M. (1995). On the estimation of polynomial breakpoints in the subsidence of the groningen gasfield. *Survey Review*, 33(255), 17–30. <https://doi.org/10.1179/sre.1995.33.255.17>
- Voyiadjis, G. Z., & Zhou, Y. (2018). Time-dependent modeling of subsidence due to drainage in bounding shales: Application to a depleted gas field in Louisiana. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 166(January), 175–187. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.03.032>
- Xing-xian, C. (2014). Influences of soil hydraulic and mechanical parameters on land subsidence and ground fissures caused by groundwater exploitation *. *Journal of Hydrodynamics*, 26(1), 155–164. [https://doi.org/10.1016/S1001-6058\(14\)60018-4](https://doi.org/10.1016/S1001-6058(14)60018-4)
- Yastika, P. E., Shimizu, N., & Abidin, H. Z. (2019). Monitoring of long-term land subsidence from 2003 to 2017 in coastal area of Semarang, Indonesia by SBAS DInSAR analyses using Envisat-ASAR, ALOS-PALSAR, and Sentinel-1A SAR data. *Advances in Space Research*, 63(5), 1719–1736. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2018.11.008>
- Yin, J., Zhao, Q., Yu, D., Lin, N., Kubanek, J., Ma, G., Liu, M., & Pepe, A. (2019). Long-term flood-hazard modeling for coastal areas using InSAR measurements and a hydrodynamic model : The case study of Lingang New City , Shanghai. *Journal of Hydrology*, 571(January), 593–604. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.02.015>



This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).