



**KUMPULAN
KARYA ILMIAH DOSEN
Universitas Kristen Indonesia**

**Delapan Windu
UKI**

**UKI PRESS
2017**

KUMPULAN KARYA ILMIAH DOSEN UNIVERSITAS KRISTEN
INDONESIA DELAPAN WINDU

ISBN: 978-979-8148-52-1

Editor:

HulmanPanjaitan, SH. MH
Dr. Ied Veda R. Sitepu, SS. MA
Dr. AartjeTehupeiory, SH. MH
Dr. ErniMurniati, MP.d
Thomas Abbon, SH. MH
Elly A.M. Pandiangan, SH. MH
PoltakSiringoringo, SH. MH
I. DewaAyuWidyani, SH. MH

Penyunting:

Jalius Salebbay, S.Pd.

Desain Sampul dan Tata letak
Jalius Salebbay, S.Pd.

Penerbit : UKI Press

Redaksi: Jl. Mayjen Sutoyo No.2 Cawang Jakarta 13630
Telp.(021)8092425

Cetakan I Jakarta: UKI Press, 2017

Pasal 113 ayat (4) UU No. 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta:
Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/ atau tanpa izin pencipta atau pemegang hak cipta
melakukan pelanggaran hak ekonomi dalam bentuk pembajakan. Dipidana dengan pidana
penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp.
4.000.000.000,- (empat miliar rupiah).

KUMPULAN KARYA ILMIAH DOSEN UNIVERSITAS KRISTEN
INDONESIA DELAPAN WINDU

ISBN: 978-979-8148-52-1

Editor:

Hulman Panjaitan, SH. MH
Dr. Ied Veda R. Sitepu, SS. MA
Dr. Aartje Tehupeiori, SH. MH
Dr. Erni Murniati, MP.d
Thomas Abbon, SH. MH
Elly A.M. Pandiangan, SH. MH
Poltak Siringoringo, SH. MH
I. Dewa Ayu Widyani, SH. MH

Penyunting:

Jalius Salebbay, S.Pd.

Desain Sampul dan Tata letak
Jalius Salebbay, S.Pd.

Penerbit : UKI Press

Redaksi: Jl. Mayjen Sutoyo No.2 Cawang Jakarta 13630
Telp.(021)8092425

Cetakan I Jakarta: UKI Press, 2017

Pasal 113 ayat (4) UU No. 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta:
Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/ atau tanpa izin pencipta atau pemegang hak cipta
melakukan pelanggaran hak ekonomi dalam bentuk pembajakan. Dipidana dengan pidana
penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp.
4.000.000.000,- (empat miliar rupiah).

DAFTAR ISI

Pengantar Editor	i
Kata Sambutan Rektor Universitas Kristen Indonesia	ii
DAFTAR ISI.....	iv
1. Equality Before The Law : Antara Konsep dan Realitas Dalam Penegakan Hukum di Indonesia oleh : Maruarar Siahaan,	1
2. Good Governance dan Clean Government dalam Implementasinya di Propinsi Kalimantan Tengah oleh A. Teras Narang	35
3. Keadilan Tidak Hanya di Pengadilan oleh Gindo L. Tobing	52
4. Tanggung Jawab Pribadi Direksi Perseroan Terbatas dalam Beberapa Putusan Pengadilan oleh Binoto Nadapdap, ...	77
5. Kebijakan dalam Penyusunan Peta Jalan bagi Riset dan Pengembangan Energi Terbarukan di Indonesia, Sebuah Usulan oleh Admonobudi Subagio dan Bambang Widodo	105
6. Perempuan Aceh, Sebelum dan Setelah Bencana Alam Tsunami oleh Uras Siahaan	118
7. Proses Sosial dalam Produksi Ruang Publik "RPTRA" Kalijodo di Jakarta oleh Sahala Simatupang,	158
8. Komplemen dan Kompetensi Antar Wilayah Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Kawasan Jabodetabek oleh Poerwaningsih S. Legowo,	179
9. Pendidikan Lintas Profesional dan Kolaborasi Lintas Profesi di Pelayanan Kesehatan : Tantangan dan Peluang bagi FK-AKFIS-AKPER-RS UKI oleh Abraham Simatupang, Maksimius Bisa, Adventus Lumbanbatu,	198

20. Studi Penurunan Muka Tanah (Land Subsidence) Akibat Pengambilan Air Tanah Berlebih di DKI Jakarta oleh Lolom Evalita Hutabarat,	360
---	-----

Tentang Penulis.....	375
----------------------	-----

**STUDI PENURUNAN MUKA TANAH (*LAND SUBSIDENCE*)
AKIBAT PENGAMBILAN AIR TANAH BERLEBIH DI DKI
JAKARTA**

Oleh : **Lolom Evalita Hutabarat**

ABSTRAK

Penurunan muka tanah (*land subsidence*) merupakan suatu proses gerakan penurunan muka tanah yang didasarkan atas suatu datum tertentu (kerangka referensi geodesi) dimana terdapat berbagai macam variabel penyebabnya (Marfai, 2006). Secara geoteknis penurunan muka tanah diakibatkan oleh adanya cekungan air tanah (*aquifer*) yang diekstraksi sehingga terjadi peningkatan tegangan antar butir tanah di dalam aquifer yang tidak terkonsolidasi (Bouwer, 1977). Pengambilan air tanah (*ground water extraction*) bagi kebutuhan rumah dan juga industri untuk wilayah perkotaan seperti di DKI Jakarta saat ini semakin meningkat dengan menggunakan sumur bor dalam. Pada periode 1990-2016 telah terjadi penurunan muka tanah (*subsidence*) akibat pengambilan air tanah yang terus meningkat secara signifikan berdasarkan data GPS Geodetik sebesar 0-12 cm/tahun, Ekstensometer 0,66 sm/tahun serta Observasi Visual 1,65 cm/tahun. Paper ini merupakan studi untuk menginvestigasi pengaruh pengambilan air tanah berlebih terhadap bahaya penurunan muka tanah (*land subsidence*), khususnya di areal perkotaan yang padat penduduk serta daerah pesisir kota Jakarta, berdasarkan data pengukuran lapangan yang dilakukan terhadap penurunan elevasi air tanah serta akumulasi penurunan tanah, sehingga diharapkan masalah-masalah yang diakibatkan oleh penurunan muka tanah yang mempengaruhi stabilitas tanah dapat dikendalikan ke depannya.

Keywords: penurunan muka tanah, penurunan elevasi air tanah

PENDAHULUAN

Jakarta adalah ibu kota negara Indonesia dengan jumlah penduduk yang sangat padat. Data BPS Daerah Provinsi DKI tahun 2016 menunjukkan jumlah penduduk di DKI Jakarta mencapai 10,277 juta jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk per tahun mencapai 1,07% (2016) serta kepadatan penduduk per km² sebesar 15.518. Hal ini tentunya akan berdampak pada daya dukung lahan sebagai tempat tinggal termasuk didalamnya kebutuhan akan konsumsi air dalam bentuk pengambilan air tanah untuk kebutuhan rumah tangga ataupun industri. Dari data pada Tabel 1 terlihat bahwa dari tahun ke tahun kepadatan jumlah penduduk terus meningkat dimana penduduk DKI tahun 2014-2015 bertambah secara signifikan.

Tabel 1. Angka Kepadatan Penduduk DKI Jakarta, 2013-2015

Wilayah	Penduduk		Laju Pertumbuhan Penduduk	
	2014	2015	2013-2014	2014-2015
Jakarta Pusat	910.381	914.182	0,41	0,42
Jakarta Utara	1.729.444	1.747.315	1,07	1,03
Jakarta Barat	2.430.410	2.463.560	1,40	1,36
Jakarta Selatan	2.164.070	2.185.711	1,02	1,00
Jakarta Timur	2.817.994	2.843.816	0,96	0,92
Kepulauan seribu	23.011	23.340	1,30	1,43
TOTAL	10.075.310	10.177.924	1,05	1,02

(Sumber: Jakarta dalam angka, 2016)

Tentunya dengan jumlah penduduk yang sedemikian besar maka pengambilan air tanah (*ground water extraction*) bagi kebutuhan rumah dan juga industri untuk wilayah perkotaan seperti di DKI Jakarta saat ini semakin meningkat khususnya dengan menggunakan sumur bor dalam.

Tabel 2. Pengambilan Air Tanah periode 2013-2015

Wilayah	Jumlah sumur dalam			Volume air tanah yang diambil (m ³)		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015
Jakarta Pusat	641	678	676	817.2	902.159	1.069.829
Jakarta Barat	745	735	736	1.088.695	1.113.293	1.217.673
Jakarta Selatan	1613	1672	1680	3.833.332	4.886.166	5.182.929
Jakarta Timur	981	960	956	1.500.107	1.385.193	1.247.004
Jakarta Utara	426	428	427	518.727	562.977	426.049
TOTAL	4406	4473	4475	7.758.116	8.849.788	9.143.484

(Sumber: Dinas PU Provinsi DKI Jakarta, 2016)

Pengambilan air tanah yang secara terus menerus (berlebih) akan mengakibatkan terjadinya penurunan permukaan tanah (*land subsidence*) secara berkelanjutan. Hal ini tentunya akan berdampak terhadap stabilitas tanah dan daya dukung yang diberikan oleh tanah terhadap konstruksi bangunan yang ada di atasnya, khususnya di

areal yang padat penduduk daerah pesisir kota Jakarta atau wilayah utara.

DASAR TEORI

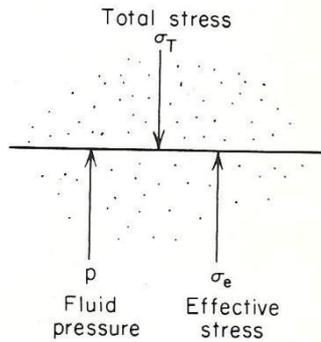
Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan, beberapa faktor yang mengakibatkan terjadi penurunan muka tanah (*land subsidence*) diantaranya adalah pengambilan air tanah (Djaja, Rais et al. 2004), beban bangunan (Delinom, Assegaf et al. 2009), konsolidasi tanah secara alami (Teatini, Ferronato et al. 2006), gerakan tektonik (Coudert, Frappa et al. 1995), ekstraksi minyak dan gas bumi (Gurevich and Chilingarian 1993, Ketelaar 2009), pertambangan (Ng, Ge et al. 2010), pecahnya lempeng bumi (Bertrand, Doner et al. 2011).

Proses atau gerakan turunnya permukaan tanah telah banyak terjadi diberbagai wilayah di dunia terutama dikota-kota besar yang berlokasi dikawasan pantai atau dataran *aluvial* (endapan lepas yang tertransport ke tempat lain atau tidak berada disekitar batuan induk dimana berukuran butiran berupa pasir dan lempung). Belajar dari kota Tokyo yang merupakan kota urbanisasi terbesar di Jepang, aktivitas manusia dan urbanisasi yang meningkat telah menimbulkan masalah lingkungan yang serius seperti penurunan tanah (Hayashi, Tokunaga et al. 2009).

Sumur ekstraksi air tanah menyebabkan penurunan elevasi air tanah (*head*) akibat terjadinya konsolidasi lapisan tanah diatas aquifer. Proses atau gerakan turunnya permukaan tanah telah banyak terjadi diberbagai wilayah di dunia terutama dikota-kota besar yang berlokasi dikawasan pantai atau dataran *aluvial* (endapan lepas yang tertransport ke tempat lain atau tidak berada disekitar

batuan induk dimana berukuran butiran berupa pasir dan lempung. Penelitian tentang land subsidence yang pernah dilakukan di Indonesia oleh beberapa peneliti diantaranya di Jawa Timur-Indonesia (Chaussard, Amelung et al. 2013), dan Semarang-Indonesia (Abidin, Andreas et al. 2010). Turunnya permukaan tanah yang terakumulasi selama rentang waktu tertentu akan dapat mencapai besaran penurunan sampai beberapa meter dimana dampaknya dapat merusak infrastruktur dan stabilitas perekonomian di wilayah tersebut. Studi karakteristik penurunan muka tanah diperlukan dalam penentuan pola dan laju penurunan muka tanah. Hal ini diperlukan untuk penataan dan perencanaan wilayah dimana membutuhkan stabilitas wilayah dalam penempatan lokasi pembangunan dan pusat aktivitas pembangunan. Untuk itu diperlukan suatu system pemantauan dan pengukuran penurunan muka tanah baik secara spasial maupun non-spasial secara berkala untuk mendapatkan pengetahuan suatu wilayah secara vertikal secara baik. Pengetahuan suatu wilayah secara vertikal sangat dibutuhkan untuk menunjang pembangunan infrastruktur seperti: pembangunan gedung-gedung, pembangunan pelabuhan, pembangunan pemukiman serta pemanfaatan ruang dibawah permukaan tanah. Pemantauan titik-titik kontrol vertikal (tinggi) secara periodik pada lokasi-lokasi yang ditentukan akan menghasilkan nilai turunnya permukaan tanah sebagai akibat pengaruh deformasi vertical pada permukaan tanah yang direpresentasikan melalui perubahan tinggi titik-titik kontrol vertical. Proses deformasi vertikal yang dikenal dengan konsolidasi tersebut terjadi karena adanya perubahan tekanan efektif antar butir akibat perubahan elevasi muka air tanah:

$$d\sigma_T = d\sigma_e + dp$$



Gambar 1. Tegangan yang bekerja pada tanah

Ketika terjadi perubahan tegangan air yang berada pada pori-pori tanah menjadi mengecil atau bahkan hilang karena ada pengambilan air tanah, maka akan terjadi perubahan volume

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial \Delta h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial \Delta h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial \Delta h}{\partial z} \right) = -S_s \frac{\partial \Delta h}{\partial t} - S$$

di pori-pori tanah sehingga rongga yang kosong tersebut akan terisi oleh butiran padat lainnya dan terjadi deformasi di permukaan tanah yang dikenal dengan *land subsidence* atau *settlement* (penurunan tanah).

Penurunan tanah yang merupakan proses konsolidasi satu dimensi (Terzaghi 1943) melibatkan banyak parameter sebagai penyebabnya. Dengan tidak adanya perubahan pada tegangan total maka jika tekanan fluida meningkat, tegangan efektif menurun dengan jumlah yang sama, dan jika tekanan fluida berkurang, tegangan efektif meningkat dengan jumlah yang sama. Untuk kasus dimana tegangan total tidak berubah seiring waktu, tegangan efektif

pada titik manapun dalam sistem, dan deformasi volumetrik yang dihasilkan di sana, ditentukan oleh tekanan cairan pada titik tersebut. Jika pengambilan air tanah dianggap sebagai satu-satunya faktor yang menyebabkan penurunan tanah, pemompaan air dari akuifer mengakibatkan penurunan tekanan air pori dan peningkatan tekanan efektif, yang menyebabkan konsolidasi yang menimbulkan penurunan tanah. Persamaan umum persamaan aliran air tanah tiga dimensi untuk akuifer jenuh sebagai berikut:

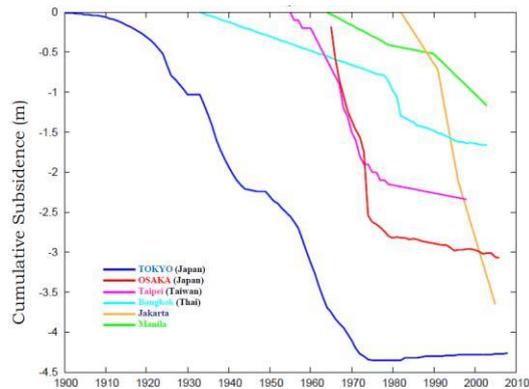
Dimana, K_x , K_y and K_z = komponen konduktivitas hidrolis; Δh = penurunan elevasi air tanah dengan nilai positif pada pengurangan tinggi tekan air tanah; t = waktu; S_s = penyimpanan spesifik; and S = penurunan muka tanah. Perlu diingat bahwa persamaan konsolidasi diturunkan melalui teori material elastis yang signifikan untuk lapisan tanah lunak atau lapisan yang sangat tipis. Karena itu parameter tanah dan hidrolis yang kompleks juga perlu diperhitungkan dalam menentukan penurunan tanah akibat pengambilan air tanah.

STUDI PENURUNAN

PERMUKAAN TANAH

Sesuai laporan pada penelitian sebelumnya, beberapa tempat di Jakarta telah mengalami penurunan sepanjang periode 1900-2010. Beberapa tempat bahkan mencapai penurunan sekitar 20-28 cm setiap tahunnya (Abidin, Andreas et al. 2011). Jakarta Barat and Jakarta Utara (LIPI) menyatakan bahwa akumulasi penurunan muka tanah di kota Jakarta dan Semarang mendorong perlunya dibuat kebijakan baru dalam hal pengambilan air tanah (Delinom

2008, Akio 2014)). Diantara enam negara di Asian (Bangkok, Jakarta, Manila, Osaka, Seoul, Taipei and Tokyo), maka laju penurunan muka tanah di kota Jakarta pada periode 1990-2010 relatif lebih dibandingkan di negara yang lain (Hayashi, Tokunaga et al. 2009).



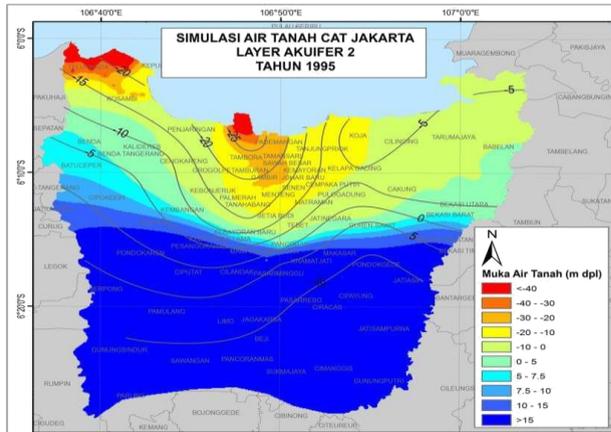
Gambar 2. Penurunan muka tanah kumulatif periode 1900-2010

(Sumber: Research Institute for Human and Nature Japan)

METODOLOGI

Untuk mengukur perubahan elevasi air tanah dapat dilakukan melalui:

1. Sumur pengamatan
2. Sumur produksi (*deep well*)
3. Sumur dangkal
4. Sumur gali (tradisional)



Gambar 3. Simulasi Muka Air Tanah pada CAT Jakarta tahun 1995

Sedangkan untuk mengukur penurunan muka tanah (*land subsidence*) dapat menggunakan:

1. Penginderaan jauh menggunakan GPS Geodetik
2. Instrumentasi (ekstensometer) pada sumur pengamatan
3. Sumur pengamatan secara visual Teknologi penginderaan jauh memiliki kemampuan untuk melakukan penilaian terhadap kawasan yang luas dengan waktu yang cepat serta terkait dengan tipikal negara Indonesia yang merupakan negara tropis (memiliki intensitas dan luas liputan awan yang tinggi). Maka pemilihan teknologi satelit dengan menggunakan GIS merupakan salah satu solusi pemetaan spasial yang tepat untuk studi penurunan muka tanah. Tentu saja, pemanfaatan teknologi radar tidak bisa terlepas dari integrasi metode-metode pengamatan penurunan muka tanah lainnya (GPS, Sipat Datar, Gravimetri dan lain sebagainya) dalam rangka meningkatkan kualitas penggunaan dan pemanfaatan citra radar.

Dari aspek geoteknik, penurunan permukaan tanah (*land subsidence*) merupakan proses deformasi yang terjadi pada setiap lapisan tanah lunak yang umumnya adalah lapisan lempung atau lanau yang memiliki permeabilitas rendah sehingga disebut lapisan impermeable (kedap air), karena itu perlu dilakukan pengukuran di

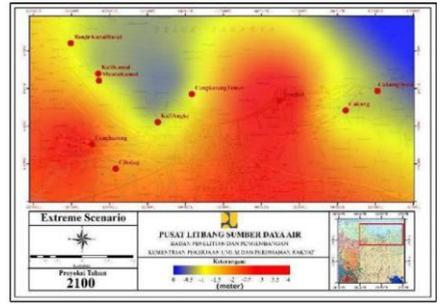
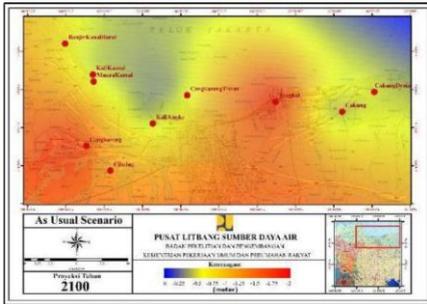
setiap perlapisan tanah menggunakan instrumentasi (ekstensometer) sehingga dapat diukur akumulasi penurunan yang terjadi pada permukaan tanah. Karena data dan informasi tentang penurunan muka tanah akan sangat bermanfaat bagi aspek-aspek pembangunan seperti untuk perencanaan tata ruang (di atas maupun di bawah permukaan tanah), perencanaan pembangunan sarana/prasarana, pelestarian lingkungan, pengendalian dan pengambilan airtanah, pengendalian intrusi air laut, serta perlindungan masyarakat dari dampak penurunan tanah (seperti terjadinya banjir); maka sudah sewajarnya bahwa informasi tentang karakteristik penurunan tanah ini perlu diketahui dengan sebaik-baiknya dan kalau bisa sedini mungkin. Dengan kata lain fenomena penurunan tanah perlu dipelajari dan dipantau secara berkesinambungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang ada terjadi penurunan elevasi air tanah di daerah Jakarta yang meningkat secara signifikan, di mana pada tahun 1995 hanya berada di Teluknaga dan Penjaringan, sementara di tahun 2013 sampai ke daerah Pulogadung, Bekasi Utara, Cengkareng, dan Tambora yang dapat terlihat pada Gambar 3.

Pusat Penelitian Sumber Daya Air Indonesia mengembangkan pemodelan akuifer air tanah di Jakarta yang mengalami penurunan 0,3m/tahun sampai dengan kondisi ekstrim 1,5m/tahun seperti terlihat pada Gambar 4 &5.

(Sumber: Pusat Penelitian Sumber Daya Air Indonesia)



**Gambar 4. Model penurunan tanah
utk
penurunan air tanah 0,3m/tahun**

**Gambar 5. Model penurunan
tanah utk
penurunan air tanah
1,5m/tahun**

(Sumber: Pusat Penelitian Sumber Daya Air Indonesia)

(Sumber: Pusat Penelitian Sumber Daya Air Indonesia)

Jelas terlihat bahwa pengambilan volume air tanah yang lebih tinggi akan semakin memperluas penurunan muka tanah (*subsidence*) yang terjadi di zona merah. Dibandingkan antara tingkat penurunan air tanah 0,3m/tahun dan 1,5m/tahun jelas terlihat bahwa penurunan elevasi air tanah memiliki korelasi kuat dengan meningkatnya penurunan tanah di zona merah disekitar Jakarta utara. Mengacu pada hasil studi tersebut, terlihat bahwa penurunan

muka tanah (*land subsidence*) sangat terkait dengan adanya pengambilan air tanah dalam.

Sedangkan pengukuran penurunan muka tanah yang dilakukan dengan beberapa metode memberikan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil pengukuran penurunan muka tanah (*subsidence*)

Metode	penurunan	periode	Keterangan
GPS Geodetik	0-12 cm/tahun	1999-2013	20-28 cm/tahun di beberapa lokasi
Ekstensometer	0,66 cm/tahun	2013-2014	7 instrumen di kedalaman yang berbeda
Observasi Visual	1,65 cm/tahun	1999-2016	Wilayah Jakarta Utara

(Sumber: Jakarta dalam angka, 2016)

KESIMPULAN

Beberapa akibat yang ditimbulkan adanya pemompaan yang berlebihan antara lain terjadinya penurunan muka air tanah, berkurangnya cadangan air tanah, perubahan arah aliran air tanah, penurunan daya dukung tanah, kekeringan pada sumur-sumur penduduk disekitar pemompaan, intrusi air laut ke arah daratan dan lain-lain. Selain itu juga tentunya akan berdampak terhadap penurunan muka tanah yang akan terjadi secara berkelanjutan.

Pada periode 1990-2016 telah terjadi penurunan muka tanah (*subsidence*) akibat pengambilan air tanah yang terus meningkat secara signifikan berdasarkan data GPS Geodetik sebesar 0-12 cm/tahun, Ekstensometer 0,66 sm/tahun serta Observasi Visual 1,65 cm/tahun.

Perlu dilakukan studi lebih lanjut terkait pengendalian penurunan muka tanah terkait dengan parameter tanah dan parameter hidraulik secara kompleks yang mempengaruhi proses penurunan tanah (konsolidasi).

Berdasarkan masalah dan fenomena yang terjadi di kota Jakarta dimana pengambilan air tanah untuk kebutuhan rumah tangga ataupun industri terus meningkat, diperlukan regulasi yang tepat untuk optimalisasi eksploitasi air tanah pada aquifer tanpa menyebabkan terjadinya penurunan muka tanah yang berlebihan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z., et al. (2011). "Land subsidence of Jakarta (Indonesia) and its relation with urban development." Natural Hazards **59**(3): 1753.
- Akio, Y. (2014). "Aspects of water environmental issues in Jakarta due to its rapid urbanization."
- Bertrand, S., et al. (2011). "Sedimentary record of coseismic subsidence in Hersek coastal lagoon (Izmit Bay, Turkey) and the late Holocene activity of the North Anatolian Fault." Geochemistry, Geophysics, Geosystems **12**(6).
- Bouwer, H. (1977). "Land Subsidence and Cracking Due to Ground-Water Depletion." Ground Water **15**(5): 358-364.
- Coudert, L., et al. (1995). "Tectonic subsidence and crustal flexure in the Neogene Chaco basin of Bolivia." Tectonophysics **243**(3-4): 277-292.
- Delinom, R. M. (2008). "Groundwater management issues in the Greater Jakarta area, Indonesia." TERC Bull, University of Tsukuba **8**(2): 40-54.
- Delinom, R. M., et al. (2009). "The contribution of human activities to subsurface environment degradation in Greater Jakarta Area, Indonesia." Science of the total environment **407**(9): 3129-3141.
- Djaja, R., et al. (2004). Land subsidence of Jakarta metropolitan area. Proceedings of the 3rd FIG Regional Conference for Asia and the Pacific.
- Gurevich, A. E. and G. V. Chilingarian (1993). "Subsidence over producing oil and gas fields, and gas leakage to the surface." Journal of Petroleum Science and Engineering **9**(3): 239-250.
- Hayashi, T., et al. (2009). "Effects of human activities and urbanization on groundwater environments: an example from the aquifer system of Tokyo and the surrounding area." Science of the total environment **407**(9): 3165-3172.

- Ketelaar, V. B. H. (2009). Subsidence Due to Hydrocarbon Production in the Netherlands, Springer. Marfai, M. A. and L. King (2006). Impact of the escalated tidal inundation due to land subsidence in a coastal environment. Geophysical Research Abstracts.
- Ng, A. H.-M., et al. (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**: 232-242.
- Ng, A. H.-M., et al. (2010). "Mapping accumulated mine subsidence using small stack of SAR differential interferograms in the Southern coalfield of New South Wales, Australia." Engineering Geology **115**(1): 1-15.
- Soekardi Poespowardoyo, R. (1986). "Lembar I: Jakarta (Jawa)."
- Teatini, P., et al. (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).
- Terzaghi, K. (1943). Theory of consolidation, Wiley Online Library.

Tentang Para Penulis

Dr. Maruarar Siahaan, SH.

Pernah menjadi hakim Mahkamah konstitusi dan saat ini menjadi Rektor Universitas Kristen Indonesia. Mengajar pada Program Magister Ilmu Hukum Program Pascasarjana UKI

Dr. A. Teras Narang, SH., MH.

Dosen tetap FK UKI. Pernah menjadi Gubernur Kalimantan Tengah dan anggota DPR RI

Dr. Gindo L. Tobing, SH., MH.

Dosen tetap Fakultas Hukum Universitas Kristen Indonesia yang juga mengajar pada Program Magister Ilmu Hukum Program Pascasarjana UKI

Dr. Binoto Nadapdap, SH., MH.

Dosen Tetap pada Program Magister Ilmu Hukum Program Pascasarjana UKI, meraih gelar Sarjana Hukum (1990), Magister Hukum (2006) dan Doktor Hukum (2014), ketiganya dari FH-UI. Penulis buku Hukum Perseroan Terbatas, Jala Permata Aksara, Jakarta, 2016. Juga Instruktur pada Program Pengembangan Akuntansi Fakultas Ekonomi dan Bisnis UI sejak 2006. Lahir di Porsea, 30 Oktober 1965.

Prof. Atmonobudi Soebagio, Ph.D

Lahir di Semarang, 12 Oktober 1950, Kaprodi Magister Teknik Elektro Program Pascasarjana UKI, Kepala Pusat Kajian dan Studi Kebijakan dalam Penggunaan Energi Terbarukan UKI, pernah menjadi Rektor UKI Periode 2000-2004.

Prof. Dr. Ing. Uras Siahaan, lic.rer.reg

Kaprodi Magister Teknik Asitektur Program Pascasarjana UKI, pernah menjadi Wakil Rektor Bidang Akademik UKI

Ir. Bambang Widodo, MT.
Kaprodi Teknik Elektro UKI

Ir. Sahala Simatupang
Dosen Tetap pada Program Studi Arsitektur FT UKI
Lahir di Bandung, 5 Oktober 1957

Dr. Poerwaningsih S. Legowo, Ms.Tr
Kaprodi Magister Manajemen Program Pascasarjana UKI
Lahir di Malang, 23 Maret 1960.

Dr.med. Abraham Simatupang, dr. M. Kes
Dosen Tetap Fakultas Kedokteran Universitas Kristen Indonesia,
Presidium Indostaff (Asosiasi Alumni Program Higher Education
Management DAAD-DIES, Jerman), Pendiri dan pernah Presiden
Deutch_Indonesische Gesellschaft fuer Medizin (DIGM)
Lahir di Jakarta, 18 Juni 1960

Maksimusa, SSt. Ft, SKM, M. Fis
Dosen Tetap Akademi Fsioterapi Indonesia, Wakil Ketua Umum
Asosiasi Pendidikan Tinggi Fisioterapi Indonesia (Aftidi), Anggota
Kolegium Ikatan Fisioterapi Indonesia bidang kompetensi dan
Sertifikasi, Kepala Bidang Audit Mutu Internal dan Akreditasi UKI
Lahir di Lambata, Flores, 29 April 1971

Adventus Mr. Lumbanbatu, SKM, M. Kes
Dosen Tetap pada Akademi Keperawatan UKI, Wakil Direktur III
Akademi Keperawatan UKI
Lahir tanggal 12 Desember 1972

Dr. Lis Sintha, SE. MM
Direktur Akademi Perbankan UKI
Lahir di Jakarta, 23 September 1964

dr. Louisa A. Langi, Msi, MA
Dosen Tetap Fakultas Kedokteran UKI

Wakil Dekan III Bidang Kemahasiswaan dan Alumni FK UKI

Rizka Mutiara, S. Ked,
Mahasiswa Klinis FK UKI

Yanti Anggraini Aritonang
Dosen Tetap pada Akademi Keperawatan YUKI

Leenih
Dosen Tetap pada Akademi Keperawatan YUKI

Dr. Rer.pol. Ied Vieda Sitepu, MA
Dosen Tetap pada Fakultas Sastra UKI, Dekan Fakultas Sastra UKI
Lahir di Bogor, 21 Maret 1967

Dr. Suzanna Josephine Tobing, MM
Dosen Tetap Fakultas Ekonomi dan Bisnis UKI, Dekan Fakultas
Ekonomi dan Bisnis UKI
Lahir di Tarutung, 27 Oktober 1957

Dr. Posma Sariguna Johnson Kennedy, ST. SE, Msi, MSE
Dosen Tetap Fakultas Ekonomi dan Bisnis UKI
Kaprod S-1 Manajemen Fakultas Ekonomi dan Bisnis UKI

Dr. Sumiyati, M.Pd
Dosen Tetap pada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan UKI
Kaprod Pendidikan Kimia FKIP UKI

Drs. Kerdit Simbolom, M.Pd
Dosen Tetap pada fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan UKI
Wakil Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan UKI
Lahir di Sidikalang, 1 Desember 1966

dr. Desy Ria, M. Kes
Dosen Tetap pada Fakultas Kedokteran UKI, Departemen Kedokteran
Komunitas

Wakil Direktur P4 RSU UKI

Lolom Evalita Hutabarat, ST. MT

Dosen Tetap Fakultas Teknik UKI, Kepala Laboratorium Mekanika
Tanah

Lahir di Tegal, 6 Juni 1971



UKI Press
Jl. Mayjen Sutoyo
No. 2 Cawang 13630

ISBN 978-979-8388-52-5



9 789798 148521