

# PEMBANGUNAN MODEL BASISDATA SPASIAL DARI FENOMENA PENURUNAN TANAH DI INDONESIA

*(Development of Spatial Database Model from Land Subsidence Phenomenon in Indonesia)*

Dinni Sanni Hafidzah<sup>1</sup>, Hasanuddin Z. Abidin<sup>2</sup>, Heri Andreas<sup>2</sup> dan Akhmad Riqqi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Badan Informasi Geospasial

<sup>2</sup>Kelompok Keahlian Geodesi, Institut Teknologi Bandung

<sup>3</sup>Kelompok Keahlian Inderaja dan Sains Informasi Geografis, Institut Teknologi Bandung

Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46 Cibinong 16911

E-mail: [dinnisannihafidzah@gmail.com](mailto:dinnisannihafidzah@gmail.com)

Diterima (received): 30 Juni 2015;

Direvisi(revised): 07 Juli 2015;

Disetujui dipublikasikan (accepted): 28 Juli 2015

## ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara yang kota-kota besarnya terkena dampak dari penurunan tanah. Fenomena penurunan tanah biasa terjadi di daerah-daerah yang memiliki tingkat *urban development* tinggi seperti DKI Jakarta, Bandung dan Semarang. Pemantauan fenomena penurunan tanah ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan metode geodetik yaitu survei sipat datar (*levelling*), survei GPS, survei gaya berat mikro dan *Interferometric Synthetic Aperture Radar* (InSAR). Informasi-informasi mengenai penurunan tanah ini dapat digunakan sebagai bahan perumusan kebijakan maupun pengambilan keputusan mengenai berbagai hal yang berkaitan dengan masalah kebumihantaran serta hal-hal lainnya apabila disimpan serta dipergunakan secara tepat guna. Data-data spasial serta informasi pendukung dari penurunan tanah di Indonesia ini belum memiliki suatu sistem sebagai media pengelolaan data. Tujuan penelitian ini adalah perancangan model basisdata untuk fenomena penurunan tanah yang terdiri dari tiga tahap yaitu perancangan basisdata konseptual, logikal dan fisik. Hasil perancangan basisdata kemudian disimpan pada perangkat lunak PostgreSQL/PostGIS sebagai *Database Management System*. Selain itu, dapat disimpulkan pula bahwa untuk membangun suatu model basisdata spasial membutuhkan tahapan yang panjang antara lain inventarisasi data, perancangan model basisdata, dan pembangunan basisdata. Pembangunan suatu basisdata spasial ini diharapkan dapat membantu dalam pengorganisasian data-data spasial dari fenomena penurunan tanah di Indonesia.

**Kata kunci:** penurunan tanah, DBMS, basisdata spasial

## ABSTRACT

*Indonesia's big cities have been affected by land subsidence phenomenon. This land subsidence phenomenon usually occurs in areas that have a high urban development, such as DKI Jakarta, Bandung, and Semarang. Monitoring of land subsidence phenomenon can be done by utilizing the geodetic method such as levelling survey, GPS survey, micro-gravity survey, and Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR). Information about land subsidence can be used as policy formulation and decision-making on various matters relating to the Earth issues and other matters if it stored and used properly. Spatial data and other information of land subsidence in Indonesia does not yet have a data management system. The purpose of this study is designing database models for land subsidence phenomenon which is consists of three stages: conceptual database design, logical, and physical. Results of the database design are stored in the PostgreSQL/PostGIS software as Database Management System. Moreover, it can be concluded that in order to build a model of spatial database requires a long stage include data inventory, data model design, and database development. Development of a spatial database model is expected to help in organizing the spatial data of land subsidence phenomenon in Indonesia.*

**Keywords:** land subsidence, DBMS, spatial database

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang saat ini sedang gencar melakukan pembangunan, terutama di kota-kota besarnya seperti DKI Jakarta, Bandung dan Semarang. *Urban development* yang terjadi dengan cepat dapat mengakibatkan terjadinya beberapa hal yang sifatnya negatif dan merugikan. Hal tersebut antara lain yaitu konversi area pertanian ke area perindustrian maupun pemukiman, gangguan fungsi pada daerah dataran tinggi sebagai daerah resapan air dan sumber air, dan meningkatnya ekstraksi air

tanah yang digunakan untuk keperluan industri (Abidin et al., 2011). Menurut Djaja et al., (2004), *land subsidence* atau penurunan muka tanah merupakan fenomena deformasi vertikal yang diukur dari perubahan posisi vertikal titik kontrol tanah dari hasil pengukuran dua epok atau lebih. Pemantauan penurunan tanah dapat dilakukan dengan memanfaatkan metode geodetik yaitu survei sipat datar (*levelling*), survei gaya berat mikro, survei GPS dan *Interferometric Synthetic Aperture Radar* (InSAR). (Abidin et al., 2004; Hirose et al., 2001)

Penelitian ini bertujuan untuk membangun suatu model basisdata spasial dari fenomena penurunan tanah di Indonesia sebagai suatu media penyimpanan dan pengorganisasian data untuk keperluan pemantauan penurunan tanah di Indonesia. Manfaat dari penelitian ini adalah agar terciptanya suatu sistem basisdata yang sistematis dan rapi dari data-data spasial sesuai amanat UU No.4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial, terkait fenomena penurunan tanah yang sudah ada. Selain itu, manfaat lain yang bisa didapat dari penelitian ini adalah kemudahan dalam hal pengaksesan data spasial untuk mendapatkan informasi mengenai penurunan tanah di Indonesia.

Penurunan muka tanah dapat dipantau dengan cara pengukuran perubahan tinggi pada suatu permukaan tanah. Pemantauan ini dilakukan dengan pengukuran titik-titik kontrol yang telah ditentukan. Titik kontrol ini berada pada daerah-daerah yang berpotensi mengalami penurunan muka tanah. Besar serta kecepatan penurunan muka tanah dapat ditentukan dengan melakukan pengukuran tinggi titik-titik kontrol tersebut secara periodik dengan waktu pengamatan minimal dua epok agar didapatkan data selisih dari pengukuran. Pengukuran perubahan tinggi permukaan tanah ini merupakan metode dengan pendekatan geodetik yang lebih mengutamakan pada aspek penentuan posisi dari suatu titik untuk analisis geometrik (Bimantara, 2012).

Terdapat empat penyebab umum dari terjadinya penurunan tanah yaitu penurunan tanah alami (*natural subsidence*) yang disebabkan oleh proses-proses geologi, penurunan tanah akibat pengambilan air tanah (*groundwater extraction*), penurunan tanah akibat beban bangunan (*settlement*), dan penurunan tanah akibat penambangan (Whittaker and Reddish, 1989 dalam Rohman 2012). Fenomena penurunan muka tanah yang terjadi juga telah menimbulkan banyak dampak negatif yang langsung dapat dirasakan antara lain yaitu kerusakan infrastruktur, kerusakan gedung dan rumah. Dampak tersebut dapat menimbulkan kerugian material yang berujung pada kerugian ekonomi. Sedangkan dampak negatif yang dirasakan secara tidak langsung antara lain meluasnya wilayah banjir, indudansi air laut atau banjir rob di daerah pesisir pantai dan intrusi air laut.

Dari banyaknya studi yang telah dilakukan, maka dihasilkan suatu data hasil pengamatan dari berbagai aspek dalam fenomena penurunan tanah di berbagai kota besar di Indonesia baik berupa titik pengamatan GPS, faktor penyebab, hingga dampak-dampak yang ditimbulkan. Informasi-informasi mengenai penurunan tanah dapat digunakan sebagai bahan perumusan kebijakan maupun pengambilan keputusan mengenai berbagai hal yang berkaitan dengan masalah kebumihan maupun banyak hal lainnya apabila

disimpan serta dipergunakan secara tepat guna. Untuk mengelola data-data yang berupa data spasial tersebut dibutuhkan suatu basisdata dan Sistem Informasi Geografis yang dapat menyimpan, memanipulasi, dan menampilkan semua komponen data penting terkait dengan fenomena penurunan tanah ini.

Menurut Prahasta (2009), basisdata adalah kumpulan data (*file non-redundant*) yang saling terkait satu sama lainnya yang dinyatakan oleh atribut-atribut kunci milik tabel-tabelnya atau struktur data berikut relasi-relasinya di dalam usaha membentuk bangunan informasi yang penting (*enterprise*). Tujuan utama dari adanya basis data adalah kemudahan dan kecepatan dalam pengembalian kembali data atau arsip.

Spasial menunjukkan kata sifat yang berhubungan dengan ruangan. Basisdata spasial ditujukan bagi penyimpanan data yang berkaitan dengan lokasi-lokasi dan ruang geometris, dan mendukung *query* dan penggunaan indeks yang efisien berdasarkan data lokasi atau ruang tersebut (Fathansyah, 2012). Basisdata spasial mendeskripsikan sekumpulan entitas (*entity-set*), baik yang memiliki lokasi (atau posisi) yang tetap maupun yang tidak tetap atau memiliki kecenderungan untuk berubah, bergerak, maupun berkembang (Prahasta, 2009).

Menurut Güting (1994), sistem basisdata spasial merupakan sistem basisdata yang memberikan tipe data spasial dalam model data serta bahasa *query*-nya serta mendukung implementasi tipe data spasial dengan cara menyediakan indeks spasial dan algoritma yang efisien untuk *spatial join*. Tipe data spasial yang direpresentasikan dalam bentuk *point*, *line* dan *polygon* memberikan abstraksi dasar untuk memodelkan struktur entitas geometri dalam suatu ruang serta hubungan, sifat dan operasinya. Objek-objek spasial dari kelas *geometry* yang berbeda dapat dihubungkan melalui hubungan spasial atau *spatial relationship*.

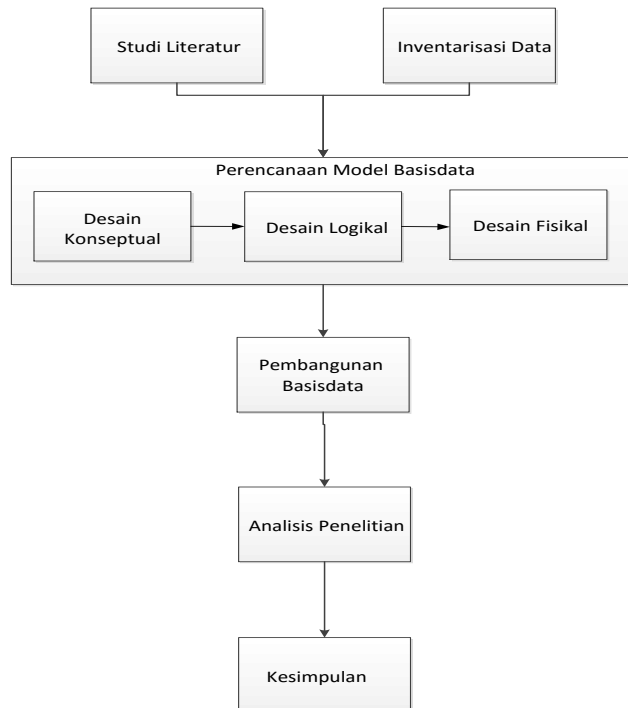
## METODE

Metodologi penelitian yang dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu:

- a. Studi literatur yaitu dengan membaca berbagai jurnal ilmiah serta sumber referensi lainnya mengenai penurunan tanah dan basisdata spasial.
- b. Inventarisasi data dan informasi yaitu dengan mengumpulkan serta menyimpan data mengenai penurunan tanah yang terjadi Indonesia khususnya di wilayah Jakarta, Bandung dan Semarang secara sistematis dan rapi.
- c. Perancangan model basisdata yang meliputi perancangan konseptual, logikal dan fisikal.

- d. Pembangunan basisdata dari informasi mengenai fenomena penurunan tanah di Indonesia dengan mengimplementasikan model basisdata pada perangkat lunak DBMS.
- e. Analisis dari hasil penelitian.
- f. Kesimpulan dari hasil penelitian.

Tahapan metodologi di atas dapat dilihat dalam bentuk ilustrasi pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Metodologi Penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Inventarisasi Data

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data-data spasial berupa titik pantau penurunan tanah beserta area yang menunjukkan besarnya penurunan tanah. Selain itu data lain yang digunakan yaitu data-data penyebab penurunan tanah yaitu struktur geologi penyusun, serta data-data dampak dari penurunan tanah yang berupa titik kerusakan infrastruktur dan bangunan, dan perluasan wilayah potensi rob. Namun data masih terbatas untuk wilayah Jakarta, Bandung dan Semarang saja. Apabila kota lain di Indonesia telah diamati penurunan tanahnya, maka data tersebut dapat disimpan ke dalam model basisdata ini. Seluruh data diperoleh dari Kelompok Keahlian Geodesi, Institut Teknologi Bandung.

### Perancangan Desain Basisdata

Tahapan yang harus dilakukan dalam pembangunan basisdata ini terdiri dari tahapan perancangan basisdata konseptual, perancangan basisdata logikal dan perancangan basisdata fisik.

Pada penelitian ini, desain basisdata dibuat sebagai standar serta acuan dalam pembangunan Sistem Informasi Geografis untuk fenomena penurunan tanah.

Maksud dari standar ini adalah basisdata berlaku untuk seluruh kasus fenomena penurunan tanah di Indonesia sehingga dapat langsung diterapkan apabila dibuat sistem informasi geografisnya. Hal ini dilakukan sebab kebutuhan informasi dari sistem informasi geografis untuk penurunan tanah akan sama dan berlaku untuk seluruh wilayah di Indonesia. Namun, desain basisdata ini juga dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dalam penggunaannya di masa mendatang.

### Perancangan Basisdata Konseptual

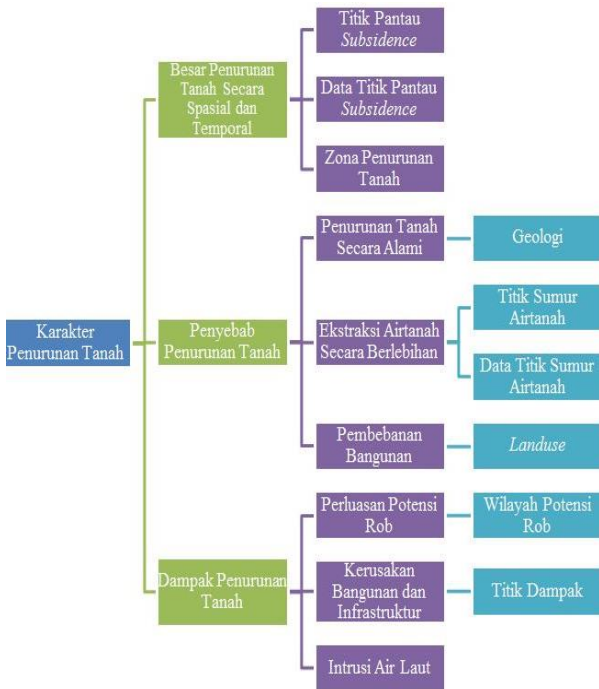
Perancangan basisdata konseptual ini merupakan suatu model yang menampilkan entitas dari elemen data yang mencakup berbagai keperluan pengguna sistem serta hubungannya satu sama lain. Pada penelitian ini pihak pengguna dari sistem yang dibangun adalah Kelompok Keahlian Geodesi, Institut Teknologi Bandung. Tahapan perancangan basisdata konseptual ini dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan-kebutuhan dari sistem informasi yang akan dibangun serta penyusunan entitas. Maksud dari perancangan basisdata konseptual ini adalah untuk menentukan apa saja unsur penyusun dari sistem yang akan dibangun agar mempermudah dalam pembangunan basisdata beserta sistem yang akan dibuat.

Dari tahapan ini akan dihasilkan daftar entitas apa saja yang menyusun sistem informasi ini. Dari ketiga jenis informasi yang menentukan karakter penurunan tanah yaitu besar penurunan tanah secara spasial dan temporal, penyebab penurunan tanah, dan dampak penurunan tanah dapat diterjemahkan menjadi bentuk-bentuk entitas penyusun sistem informasi penurunan tanah. Berikut ini adalah daftar entitas yang dihasilkan dari tahap perancangan basisdata konseptual kecamatan, titik pantau *subsidence*, data titik pantau *subsidence*, zona penurunan tanah, geologi, titik sumur air tanah, data titik sumur air tanah, *landuse*, wilayah potensi rob, titik dampak, intrusi air laut. **Gambar 2** menunjukkan ilustrasi dari dihasilkannya 11 buah entitas.

### Perancangan Basisdata Logikal

Tahapan yang dilakukan setelah rancangan basisdata konseptual selesai adalah perancangan basisdata logikal. Tahap ini merupakan penerjemahan hasil perancangan konseptual untuk menjadi model data berbasis relasi. Dalam pembangunan sistem informasi ini digunakan model penyimpanan relasional dimana basisdata ini terbagi atas beberapa tabel yang saling

berhubungan. Pada tahap ini dilakukan penentuan model relasional dari entitas-entitas yang sudah ada. Dengan kata lain, dalam tahap ini dilakukan pemetaan proses perancangan konseptual menjadi model basisdata yang akan digunakan.



**Gambar 2.** Penerjemahan Informasi Penurunan Tanah Menjadi Entitas.

Langkah yang dilakukan dalam perancangan logikal ini adalah menentukan atribut dari setiap entitas beserta kunci atau *foreign key*-nya kemudian menentukan relasi antar entitas dan mendefinisikan *identifier*-nya. Lalu dideskripsikan pula hubungan-hubungan yang terjadi antar entitas-entitas pada sistem ini melalui *enterprise rules*. Dengan adanya *enterprise rules* ini, maka akan dapat dirumuskan apakah ada hubungan antar entitas-entitas tersebut. Dari *enterprise rules* ini maka akan dibuat diagram *entity relationship* antara entitas-entitas yang berhubungan. (McLeod dan George 2008)

Dari seluruh hubungan-hubungan antar entitas, maka dapat dibentuk diagram *entity relationship* keseluruhan dari sistem informasi yang dibangun. Diagram *entity relationship* (ER) dari sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada **Gambar 4.**

**Perancangan Basisdata Fisikal**

Perancangan basisdata fisikal merupakan tahap untuk mengimplementasikan hasil perancangan basisdata secara logikal menjadi tersimpan secara fisik pada media penyimpanan eksternal sesuai dengan DBMS yang digunakan. Perancangan basisdata fisikal ini bertujuan untuk menetapkan bagaimana model data yang

direpresentasikan dalam desain logikal untuk disimpan di dalam suatu sistem manajemen basisdata. Dalam perancangan basisdata fisikal ini digunakan perangkat lunak PostgreSQL dengan *plug-in* PostGIS. Pada tahap ini, entitas yang sudah diklasifikasikan sebelumnya ditransformasi menjadi bentuk tabel. Tabel-tabel ini akan disimpan dalam perangkat lunak DBMS yang digunakan. Hasil transformasi dari entitas ini dapat dilihat pada **Tabel 1.**

**Tabel 1.** Transformasi Entitas menjadi Tabel.

No.	Entitas	Tabel
1.	Kecamatan	kecamatan
2.	Titik Pantau <i>Subsidence</i>	tps_spat
3.	Geologi	geologi
4.	Wilayah Potensi Rob	rob
5.	Titik Dampak	titik_dampak
6.	Zona Penurunan Tanah	zpt
7.	<i>Landuse</i>	landuse
8.	Titik Sumur Air tanah	ts_spat
9.	Intrusi Air Laut	titik_intrusi
10.	Data Titik Pantau <i>Subsidence</i>	data_tps

Pada tahap ini juga dibuat rancangan diagram fisikal yang digunakan sebagai dasar pada perancangan basis data. Rancangan diagram fisikal ini dapat dilihat pada **Gambar 5.**

**Ujicoba Rancangan Basisdata**

Dari ketiga tahapan perancangan basisdata spasial yang telah dilakukan sebelumnya, langkah selanjutnya adalah membuat basisdata spasial secara fisik dengan cara menyimpan pada DBMS yang digunakan yaitu PostgreSQL/PostGIS. Pembuatan basisdata spasial secara fisik pada perangkat lunak PostgreSQL/PostGIS ini dilakukan dengan mengubah data spasial yang ada dalam format *shapefile* ke dalam format SQL. Setelah itu, tabel-tabel yang telah tersimpan dalam perangkat DBMS ini dapat dibuat hubungan atau relasi antartabel sesuai dengan ketentuan dalam perancangan basisdata yang telah dibuat sebelumnya. Penjelasan mengenai langkah pembuatan basisdata spasial secara fisik dengan PostgreSQL/PostGIS dapat digambarkan melalui **Gambar 3.**

Dalam penggunaan perangkat lunak PostgreSQL 9.2 sebagai DBMS ini, terdapat aplikasi 'pgAdmin III' sebagai *interface* dari perangkat PostgreSQL 9.2 yang berguna untuk mempermudah dalam pembuatan basisdata secara fisik. Untuk membuat suatu sistem basisdata fisik dalam PostgreSQL, hal pertama yang dilakukan adalah membuat sistem basisdata baru dengan nama "subsidence" pada *interface* pgAdminIII dengan menggunakan *template* PostGIS. *Template* ini digunakan agar sistem basisdata yang dibuat dalam PostgreSQL ini dapat melakukan penyimpanan data

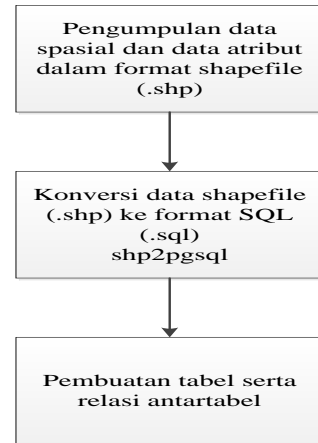
spasial dan melakukan *query-query* spasial. Apabila data spasial dalam format *shapefile* telah dikonversi dan disimpan di dalam format basisdata, maka data akan tersimpan dalam bentuk tabel seperti pada **Gambar 6**.

Data penurunan tanah yang tersimpan khususnya berkaitan dengan besar dan laju penurunan tanah untuk saat ini hanya tersedia pada *time series* tertentu. Dalam *query* data, digunakan bahasa SQL pada PostgreSQL. Pada **Gambar 7** di bawah menunjukkan proses *query* untuk data penurunan tanah pada tahun 2010-2011. Hasil dari *query* ini berupa data penurunan tanah pada titik pantau di wilayah Semarang dan Bandung saja dikarenakan pada *time series* 2010-2011 hanya tersedia data penurunan tanah untuk titik pemantauan di Semarang dan Bandung.

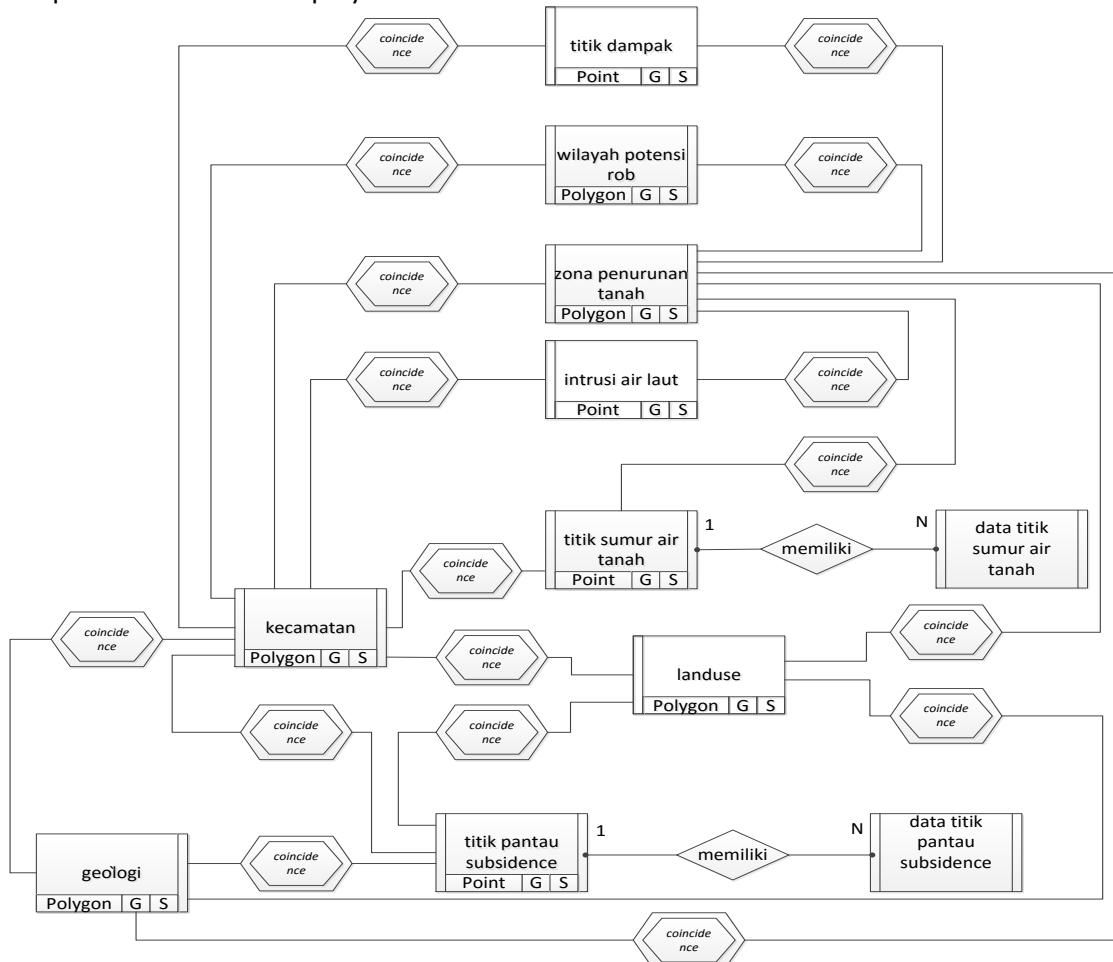
**Analisis Data**

Data-data spasial yang digunakan dalam penelitian ini didefinisikan dalam sistem koordinat geografis. Tujuan dari penggunaan sistem koordinat geografis ini adalah karena ke depannya, model basisdata ini akan menggabungkan data spasial dari fenomena penurunan tanah untuk wilayah lainnya di Indonesia. Oleh karena itu, pada sistem informasi ini tidak dapat digunakan sistem koordinat proyeksi UTM meskipun sistem koordinat proyeksi UTM lebih

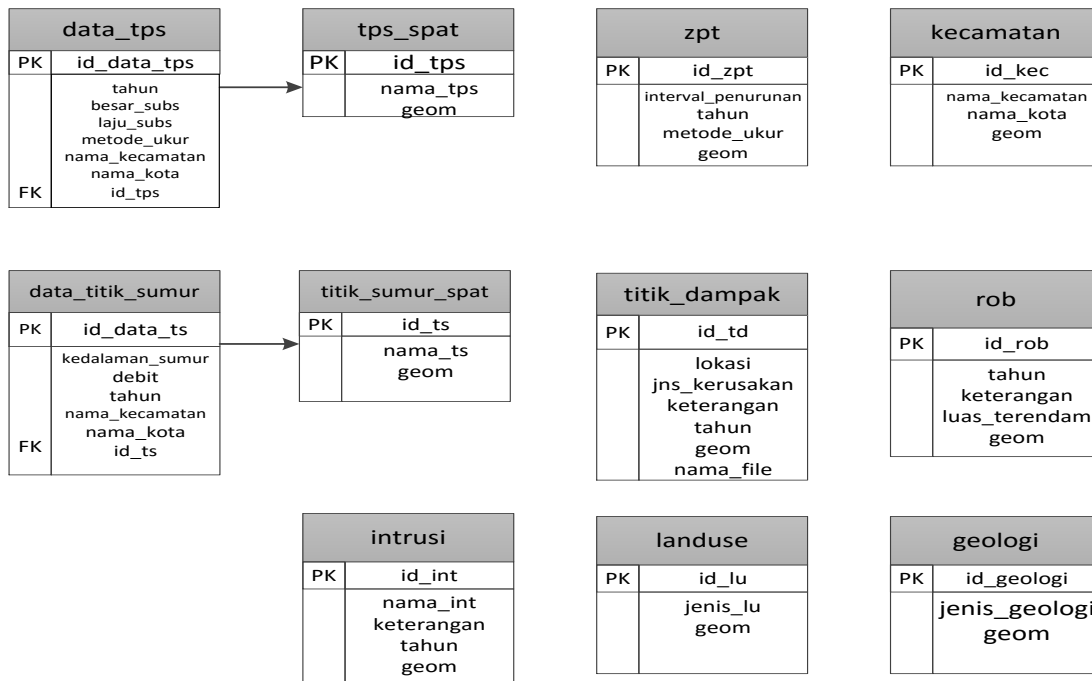
mudah untuk dipahami dan penggunaannya pun lebih mudah terutama dalam hal analisis spasial sebab satuan ukuran yang digunakan dari sistem koordinat ini diwakili dalam satuan meter. Selain itu, metadata dari setiap data-data spasial serta data penunjang dari penurunan tanah masih kurang lengkap sehingga dapat menyulitkan dalam pengorganisasian data.



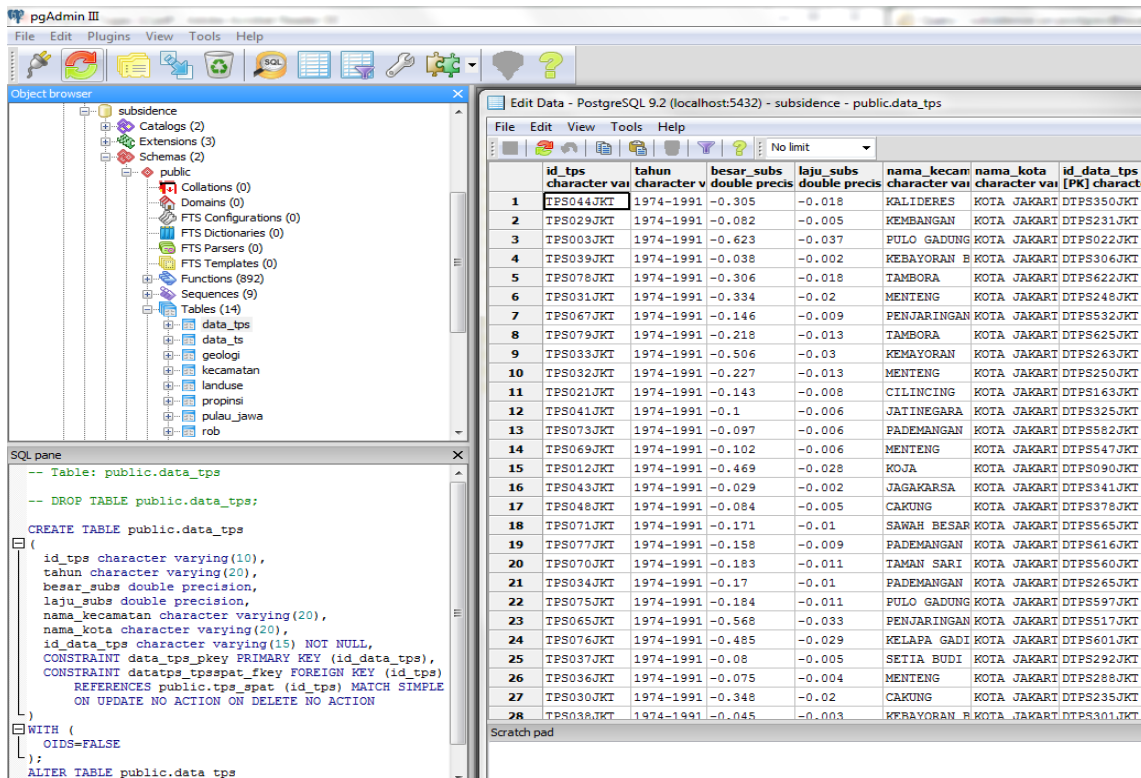
**Gambar 3.** Langkah Pembuatan Basisdata Spasial Secara Fisik dengan PostgreSQL/PostGIS.



**Gambar 4.** Diagram ER Keseluruhan Model Basisdata Spasial dari Fenomena Penurunan Tanah di Indonesia.



Gambar 5. Rancangan pada Diagram Fisikal Model Basisdata Spasial dari Fenomena Penurunan Tanah di Indonesia.

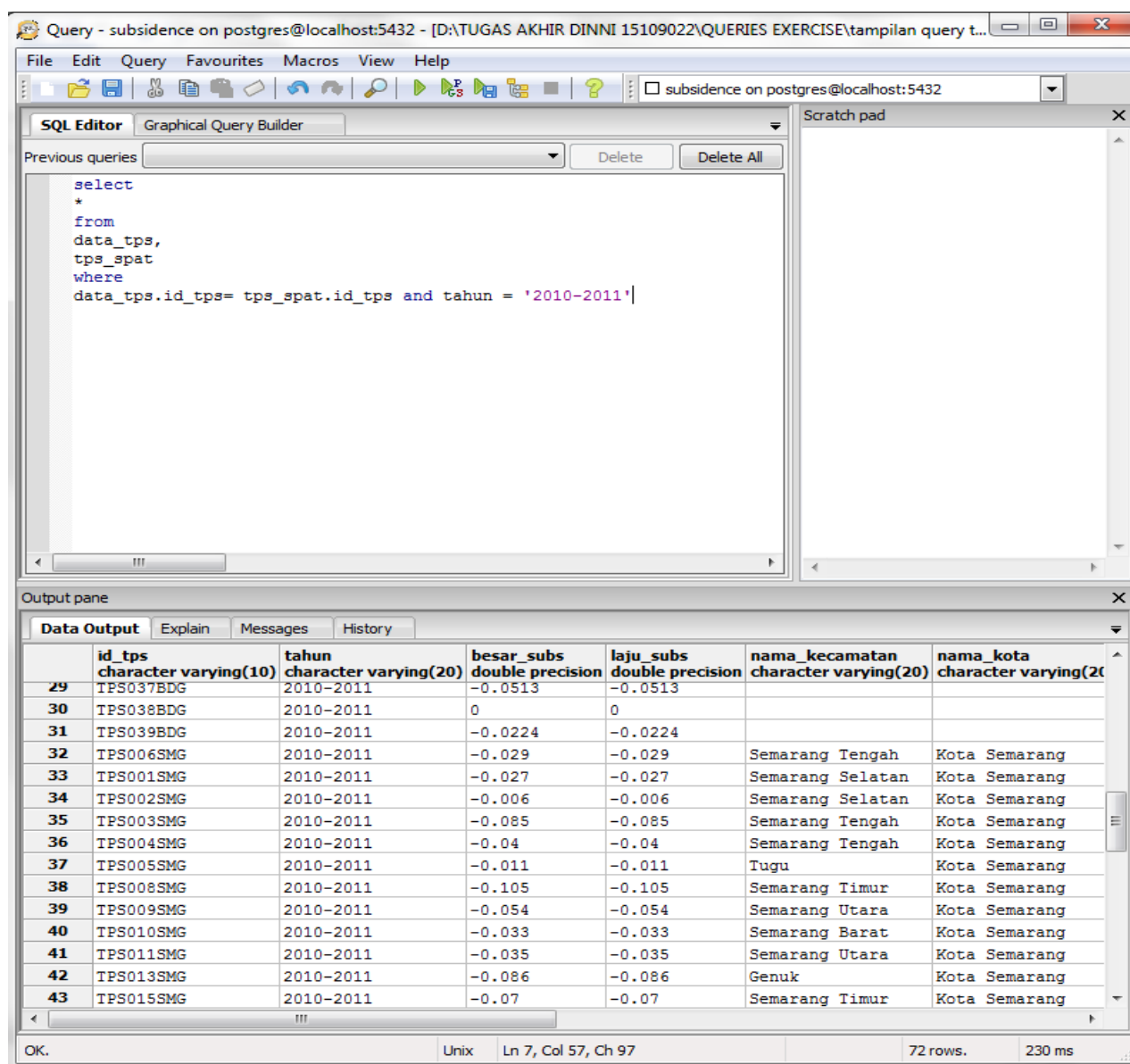


Gambar 6. Tabel Data pada PostgreSQL.

**Analisis Basisdata**

Pada penelitian ini model basisdata yang dibuat merupakan standar atau acuan dalam pembangunan Sistem Informasi Geografis untuk fenomena penurunan tanah. Model desain basisdata yang dihasilkan dari penelitian ini berlaku untuk seluruh kasus fenomena penurunan tanah di Indonesia sehingga dapat langsung diaplikasikan apabila dibuat Sistem Informasi Geografis untuk

fenomena penurunan tanah pada wilayah selain Jakarta, Bandung dan Semarang. Hal ini dilakukan sebab kebutuhan informasi dari Sistem Informasi Geografis untuk penurunan akan sama maupun wilayah studi kasus yang berbeda. Model desain basisdata yang dihasilkan dalam penelitian ini bersifat fleksibel karena dapat diubah maupun dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dalam penggunaannya di masa mendatang.



Gambar 7. Contoh Proses Query Data Penurunan Tanah Tahun 2010-2011.

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dihasilkan suatu model basisdata spasial untuk fenomena penurunan tanah di Indonesia. Selain itu, dapat disimpulkan pula bahwa untuk membangun suatu model basisdata spasial membutuhkan tahapan yang panjang antara lain inventarisasi data, perancangan model basisdata dan pembangunan basisdata. Perancangan model basisdata ini terdiri atas tiga tahapan yaitu perancangan basisdata konseptual, logikal dan fisikal. Model basisdata yang dibuat ini dapat digunakan sebagai standar serta acuan dalam pembangunan Sistem Informasi Geografis untuk fenomena penurunan tanah. Maksud dari standar ini adalah basisdata berlaku dan dapat digunakan untuk seluruh kasus fenomena penurunan tanah di Indonesia.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orangtua penulis, dosen beserta staf Teknik Geodesi dan Geomatika ITB, dan kawan-kawan IMG angkatan 2009. Selain itu, penulis ucapkan terimakasih juga kepada seluruh Pejabat dan Staf di Badan Informasi Geospasial.

## DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Abidin, I., Andreas, H., Gamal, M., & Surono, M. H. (2004). On The Use of GPS Survey Method for Studying Land Displacements on The Landslide Prone Areas. *FIG Working Week Athens, Greece*.
- Bimantara A. Y., (2012). *Pemetaan Dampak Akibat Penurunan Muka Tanah di Wilayah Jakarta*. Skripsi

Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung. 85 hlm.

Djaja, R., Rais, J., Abidin, H. Z., & Wedyanto, K. (2004,). Land subsidence of Jakarta metropolitan area. In *Proceedings of the 3rd FIG Regional Conference for Asia and the Pacific* (pp. 3-7).

Fathansyah, (2012). *Basis Data*. Bandung: Penerbit Informatika.

Güting, R. H. (1994). An introduction to Spatial Database Systems. *The VLDB Journal—The International Journal on Very Large Data Bases*, 3(4), 357-399.

Güting, R. H. (1994). An introduction to spatial database systems. *The VLDB Journal—The International Journal on Very Large Data Bases*, 3(4), 357-399.

Hirose, K., Maruyama, Y., Dodid, M., Effendi, A., & Hasanuddin, Z. A. (2001). Land Subsidence

Detection using JERS-1 SAR Interferometry. *J Survey Geodesi XI (3)*, 9-14.

McLeod R., dan George P.,(2008). *Sistem Informasi Manajemen* Edisi 10. Penerbit Salemba Empat, Jakarta.

Prahasta Eddy, (2009). *Sistem Informasi Geografis Konsep – konsep Dasar*. Bandung: Informatika Bandung

RI (Republik Indonesia). (2011). Undang-Undang No.4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor. 49. Sekretariat Negara. Jakarta.

Rohman, A. (2012). *Pemodelan Banjir Pasang Air Laut (Rob) Berdasarkan Data Penurunan Muka Tanah dan Kenaikan Muka Laut, serta Efeknya terhadap Lingkungan Pesisir*. Tesis Sekolah Pasca Sarjana Institut Teknologi Bandung.