

INTEGRASI DATA HASIL PENYELIDIKAN TANAH DALAM SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DAYA DUKUNG TANAH

D.D.A. Putranto^{1*}, M.M. Iqbal¹, F. Alia¹, A.L. Yuono¹, Sarino¹

¹ Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Sriwijaya

*Corresponding author: dwianugerah@yahoo.co.id

ABSTRAK: Uji sondir maupun boring digunakan untuk menganalisis hambatan lekat dan hambatan setempat. Penyajian data hasil penyelidikan tanah disajikan dalam bentuk grafik, yang menunjukkan daya dukung tanah pada area sekitar dilakukan penyelidikan tanah. Sumbu vertikal menunjukkan kedalaman (minus), diukur dari permukaan tanah, dan baris horizontal menunjukkan data hasil analisis lapisan tanah yang diuji, seperti Hambatan lekat, perlawanan JP, penetrasi conus dan sebagainya, yang akan menentukan daya dukung tanah pada lokasi bersangkutan. Atas dasar tersebut, seharusnya data hasil penyelidikan tanah dapat disajikan secara spasial, sehingga seluruh permukaan bumi, dapat diidentifikasi kondisi daya dukung tanah, untuk memudahkan dalam analisis dan penyajian daya dukung tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan data hasil penyelidikan tanah secara spasial, sehingga dapat diketahui kondisi daya dukung tanah pada setiap lokasi, untuk menentukan tipe pondasi yang sesuai secara spasial. Metode yang digunakan adalah dengan membangun struktur basis data secara spasial (Putranto 2017) dari data hasil penyelidikan tanah, dengan memanfaatkan teknik Sistem Informasi Geografis. Dengan demikian, input data yang digunakan berasal dari investigasi data lobang sondir ataupun Bor, disajikan dalam sistem koordinat (X,Y,Z) yang ter-georeference (Buccella, et al. 2009) dan analisis difokuskan pada properti nilai conus dan friksi yang dimodelkan 3D secara spasial (Sotiropoulos, et al. 2016). Hasil yang diperoleh adalah penyajian data secara spasial, akan memudahkan dalam mengidentifikasi kondisi daya dukung tanah pada setiap lokasi secara spasial. Analisis menunjukkan korelasi yang baik dengan kondisi aktual yang ditemui dan mampu mengidentifikasi daya dukung tanah yang memiliki karakteristik geoteknik yang sesuai..

Kata Kunci: GIS, Sondir, spasial, daya dukung tanah

ABSTRACT : Sondir and Boring tests are used to analyze sticky and local barriers. The data presentation of the results of soil investigation is presented in graphical form, which shows the carrying capacity of the soil in the area around which the soil investigation was conducted. The vertical axis shows the depth (minus), measured from the soil surface, and the horizontal row shows the data from the analysis of the soil layer being tested, such as sticky resistance, JP resistance, conus penetration and so on, which will determine the soil bearing capacity at the location concerned. On this basis, the results of soil investigation data should be presented spatially, so that the entire surface of the earth can be identified with the soil bearing capacity conditions, to facilitate analysis and presentation of soil bearing capacity. This study aims to integrate spatial soil investigation data, so that it can be seen the condition of the soil bearing capacity at each location, to determine the spatially appropriate type of foundation. The method used is to build a spatial database structure (Putranto 2017) from the data resulting from land investigations, by utilizing Geographical Information System techniques. Thus the data input used comes from the investigation of the hole sondir or drill data, presented in a georeferenced coordinate system (X, Y, Z) (Agustina Buccella, Alejandra Cechich 2009) and the analysis is focused on the properties of the conus and friction values that are spatially modeled in 3D (Sotiropoulos et al. 2016). The results obtained are, spatial data presentation, will make it easier to identify the condition of the soil bearing capacity at each location spatially. The analysis shows a good correlation with the actual conditions encountered and is able to identify the bearing capacity of the soil which has the appropriate geotechnical characteristics. The results obtained from the results of the research are, spatial data presentation will make it easier to identify the condition of the soil bearing capacity at each location in the mapped area. Spatial analysis using a raster system is the most suitable choice in analyzing the spatial soil bearing capacity.

Keywords: GIS, Sondir, spatial, soil bearing capacity

PENDAHULUAN

Dalam setiap perencanaan pembangunan infrastruktur, selalu didahului dengan penyelidikan tanah, yang biasa dikenal dengan pekerjaan sondir dan atau boring pada beberapa tempat pada wilayah Kota. Penyelidikan tanah tersebut dimaksudkan untuk mengetahui kondisi struktur tanah, yang diperlukan untuk menentukan tipe konstruksi bangunan yang akan dibangun di atasnya. Banyaknya titik-titik dan kedalaman penyelidikan tanah ditentukan oleh besarnya beban konstruksi dan luas bangunan yang akan ditopangnya. Seperti pada pembangunan bangunan Gedung bertingkat, berapa beban konstruksi yang akan ditopangnya akan menentukan berapa banyak titik dalam wilayah tersebut harus dilakukan penyelidikan tanah. Demikian pula pada konstruksi pembangunan jembatan maupun jalan layang, yang akan ditentukan oleh banyaknya beban kendaraan yang melewati di atasnya.

Uji sondir merupakan salah satu teknik penyelidikan tanah untuk mengetahui kekuatan tanah yang dibangun sebuah konstruksi di atasnya. Salah satu hasil pengujian sondir berupa nilai penetrasi konus untuk mata konus tunggal, sedangkan untuk dua mata konus hasil sondir yang didapat adalah penetrasi konus dan jumlah perlawanan (Sumaryoto 2014). Data yang telah dianalisis kemudian disajikan ke dalam grafik berbeda yang selanjutnya dari grafik tersebut dapat diperoleh daya dukung tanah. Grafik pertama adalah grafik hubungan antara jumlah hambatan lekat dan kedalaman dimana sumbu horizontal untuk jumlah hambatan lekat dan sumbu vertikal melambangkan kedalaman tanah diukur dari permukaan tanah. Grafik kedua adalah grafik hubungan antara perlawanan penetrasi konus dan kedalaman dengan sumbu horizontal melambangkan perlawanan penetrasi konus dan sumbu vertikal melambangkan kedalaman tanah. Kedua grafik sondir yang diperoleh kemudian digabungkan untuk dianalisis sehingga mendapatkan nilai sondir dan kedalaman tanah keras yang mampu menahan beban rencana. Data yang diperoleh akan dianalisis untuk mendapatkan daya dukung tanah pada satu titik.

Memperhatikan teknik penyajian data hasil analisis pengujian sondir dan penyelidikan tanah yang telah dilakukan (Gambar 1), maka dapat ditarik kesimpulan sementara, bahwa teknik penyelidikan sondir dalam satu titik lokasi booring ataupun sondir yang diperoleh, akan mewakili luasan area sekitar titik uji sondir ataupun booring tersebut, dalam area tertentu. Bisa dalam luasan bujur sangkar 5 x 5 m; 10 x 10 m; 25 x 25 m; ataupun lebih luas lagi 50 m x 50 m hingga 100 m x 100 m. Apabila kesimpulan sementara ini dapat diterima, maka

sebenarnya seluruh area wilayah di atas permukaan bumi ini, dapat dipetakan sebaran daya dukung tanah pada masing-masing lokasi dalam sebaran spasial. Teknik ini akan sangat membantu dalam menyediakan data daya dukung tanah pada seluruh wilayah, sehingga setiap wilayah dapat diketahui daya dukung tanahnya sesuai dengan posisi dalam sistem koordinat X,Y dan Z. *Geographic Information System* (GIS) merupakan salah satu alternatif pemecahan masalah yang dapat dimanfaatkan untuk mengintegrasikan data penyelidikan tanah secara spasial melalui perangkat lunak berbasis GIS (Higgs 2006). Integrasi data spasial penyelidikan tanah dilakukan dengan mengumpulkan data penyelidikan tanah pada beberapa titik yang berdekatan untuk dianalisis agar dapat menggambarkan daya dukung tanah pada wilayah tersebut (Hu 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk :

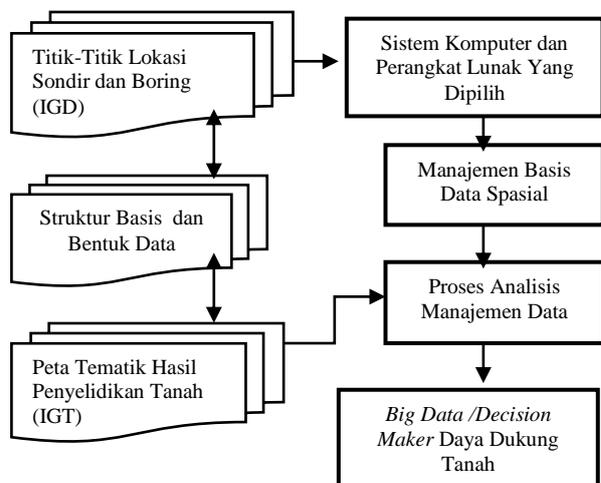
- (1) Mengintegrasikan penyajian data hasil penyelidikan tanah kedalam bentuk basis data spasial.
- (2) Melakukan analisis secara spasial untuk menentukan daya dukung tanah.
- (3) Membuat struktur basis data hasil penyelidikan tanah dalam sistem Informasi Geografis.

METODE PENELITIAN

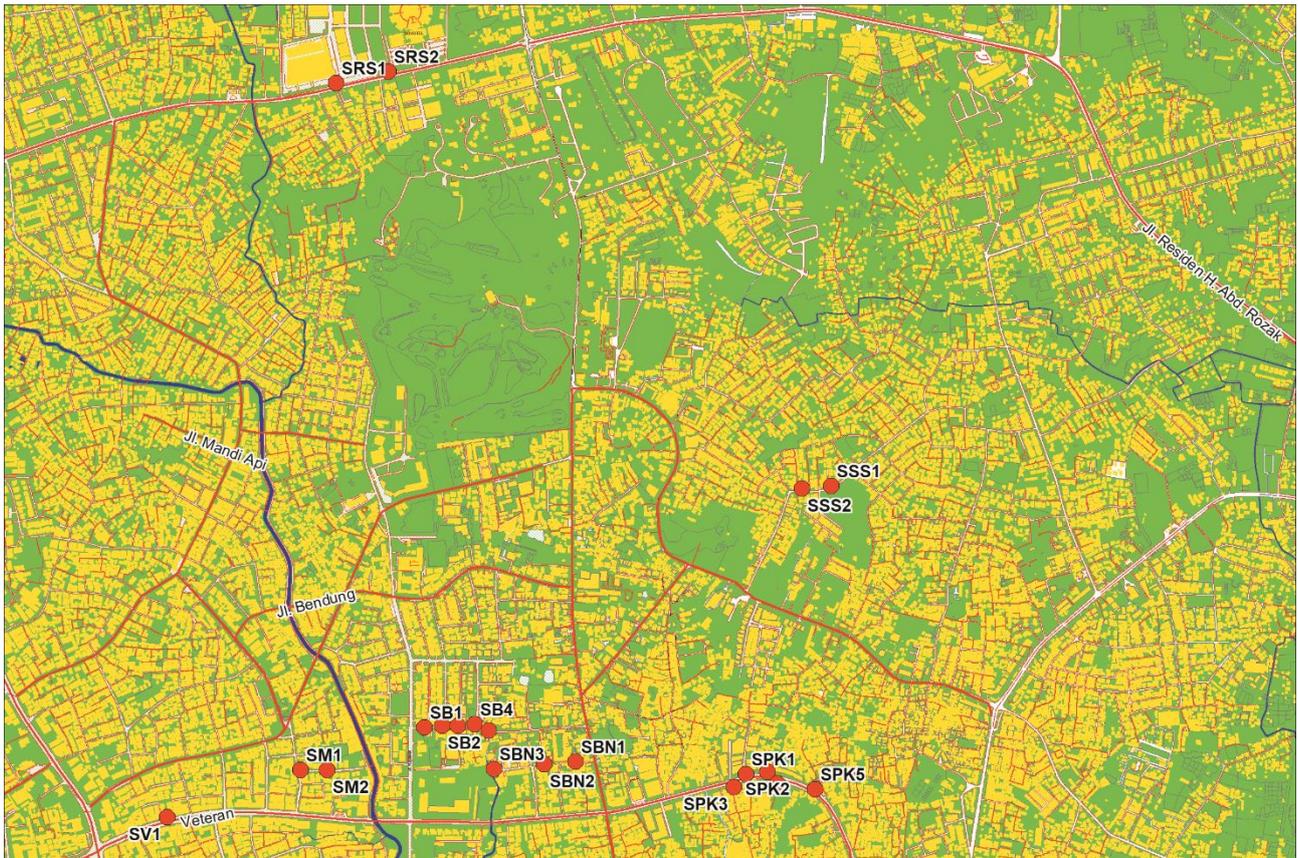
Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah Kota Palembang, tepatnya pada wilayah Kecamatan Ilir Timur 2 dengan menggunakan data hasil pengukuran sondir pada beberapa titik (Gambar 2).

Sistematika Penyusunan



Gambar 1 Sistematika penyusunan basis data.



Gambar 2 Sebaran titik-titik sondir hasil penyelidikan tanah di Kecamatan Ilir Timur 2, Kota Palembang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini pemanfaatan perangkat lunak yang digunakan adalah dengan menggunakan perangkat lunak tidak berbayar (*open source*) ILWIS (*Integrated Land and Watersheat Management Information Systems*), Netherland (Land and Land n.d.). ILWIS memiliki metode yang baik untuk menggabungkan peta, yang disebut perhitungan peta. Beberapa peta dapat digabungkan pada saat yang sama menggunakan operator aritmatika, relasional, atau kondisional dan banyak fungsi yang berbeda. Operasi overlay hanya dilakukan pada peta raster di ILWIS (Mathison et al. 2013). Struktur data raster sangat cocok untuk operasi semacam itu, karena semua peta yang digunakan dalam analisis memiliki georeferensi yang sama. Jumlah piksel yang dimiliki sama, diurutkan dalam baris dan kolom, ukuran piksel sama, dan koordinat sama. Jadi ketika peta digabungkan, program dapat melihat piksel demi piksel ke dalam nilai pada peta yang berbeda (Spinsanti 2009).

Model Data

Model data spasial dalam data hasil penyelidikan tanah adalah titik. Titik atau lokasi dari letak pelaksanaan sondir atau booring, yang secara spasial dalam struktur data berorientasi objek disimpan sebagai objek yang mempunyai koordinat lokasi (X,Y,Z) dilakukannya pengeboran tanah tersebut. Sementara kumpulan atribut yang menggambarkan kedalaman, ukuran butir tanah, nilai kekerasan tanah, friksi dan sebagainya, serta karakter struktur tanah, disatukan dalam satu kumpulan struktur data dan fungsi yang disebut atribut data. Dengan demikian model data spasial yang disusun berdasarkan orientasi objek yang berhubungan dengan lokasi sondir atau bor, akan lebih menguntungkan jika digunakan susunan model struktur spasial berorientasi objek, karena objek yang disusun berhubungan langsung secara hierarkis antara objek geometris dengan parameter-parameter sesuai kedalaman hasil penyelidikan tanah yang dilakukan dengan sondir ataupun bor (Lutz 2007).

Struktur Atribut Data

Atribut data sebagai kelengkapan dari obyek yang disajikan akan menjelaskan tentang isi dari informasi objek yang bersangkutan. Dengan struktur berorientasi objek, nilai dari atribut seperti nilai manometer tiap kedalaman, nilai tahanan konus (qc) dan friksi (fs) dan sebagainya didapat langsung dengan mendefinisikan fungsi yang ditulis dalam algoritma dengan mengacu pada struktur objek geometris yang disajikan (Putranto 2017). Dengan demikian konsistensi antara bentuk dan ukuran yang ada pada fakta dunia nyata, akan sesuai dengan kesamaan bentuk dan ukuran yang disajikan dalam atribut data.

Untuk itu, atribut data disusun dalam susunan kolom dan baris. Kolom baris akan berisi obyek setiap kedalaman tanah yang disajikan dengan konstruktor berupa karakter (karena berisi susunan huruf-huruf/kata yang berisi nama objek). Setiap atribut data dari objek yang disusun, diberi rancangan lebar kolom yang harus disediakan untuk memuat banyaknya huruf kata yang akan dimuat. Sedangkan lajur kolom akan memuat informasi yang menjelaskan obyek datanya. Tipe

penyajian dari informasi data tersebut dapat berbentuk *float* (karena hasil ukuran objek) ataupun desimal, integer dan *character* (karena berupa angka atau huruf).

Perancangan atribut data dalam merancang obyek data berorientasi obyek, seperti rancangan nomor identifier, nama, tipe data (integer, karakter, desimal), dan lebar kolom, merupakan hal yang harus dilakukan untuk memudahkan para pemakai sistem informasi mampu dengan mudah memasukkan data ke dalam komputer rancangan struktur basis data secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 1.

Titik Sondir/ Boring	
Atribut :	
ID	: Character (8)
No_Titik	: Character (8)
Lokasi	: Character (25)
Elevasi (m)	: Desimal (8,2)
Z (m)	: Desimal (6,2)
h (m)	: Desimal (6,2)
qc (Kg/Cm)	: float
Fs (Kg/Cm)	: float

Gambar 3 Struktur atribut data basis data sondir dan bor.

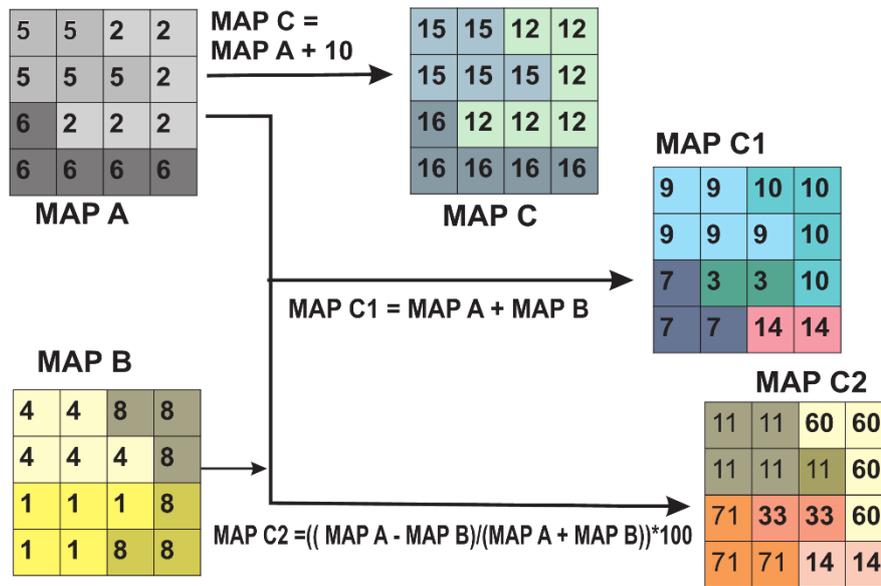
Tabel 1 Struktur basis data hasil penyelidikan tanah.

ID	NO_TITIK	LOKASI	E	H	Z	QC	FC
SM1	S1	Jalan Merbau	-16,40	16,40	0,00	205	2542,00
SM2	S2	Jalan Merbau	-15,60	15,60	0,00	220	2294,00
SBN1	S1	Jalan Bangau	-11,80	11,80	0,00	150	1884,00
SBN2	S2	Jalan Bangau	-11,60	11,60	0,00	150	1572,00
SBN3	S3	Jalan Bangau	-11,40	11,40	0,00	165	1150,00
SB1	S1	Jalan Betet	-12,60	12,60	0,00	210	2722,00
SB2	S2	Jalan Betet	-14,00	14,00	0,00	200	3566,00
SB3	S3	Jalan Betet	-14,60	14,60	0,00	180	3554,00
SB4	S4	Jalan Betet	-15,80	15,80	0,00	210	4728,00
SB5	S5	Jalan Betet	-17,20	17,20	0,00	220	3882,00
SV1	S1	Jalan Veteran	-10,40	10,40	0,00	200	2770,00
SPK1	S1	Jalan PK	-16,40	16,40	0,00	205	2686,00
SPK2	S2	Jalan PK	-15,60	15,60	0,00	200	1900,00
SPK3	S3	Jalan PK	-14,60	14,60	0,00	200	2116,00
SPK4	S4	Jalan PK	-16,20	16,20	0,00	200	2862,00
SPK5	S5	Jalan PK	-15,80	15,80	0,00	200	1712,00
SRS1	S1	R. Sukamto	-10,80	10,80	0,00	195	3960,00
SRS2	S2	R. Sukamto	-8,80	8,80	0,00	185	2694,00
SSS1	S1	Sutan Syahrir	-13,20	13,20	0,00	200	2326,00
SSS2	S2	Sutan Syahrir	-15,00	15,00	0,00	200	2672,00

Model Analisis Spasial

GIS mempunyai keistimewaan analisis yaitu analisis *overlay* dan analisa *proximity* dimana analisis *overlay* merupakan proses integrasi data dari lapisan-lapisan yang berbeda sedangkan analisa *proximity* merupakan analisis geografis yang berbasis pada jarak antar layer. Analisis spasial dilakukan dengan meng-*overlay* dua peta yang kemudian menghasilkan peta baru hasil analisis atau dengan melakukan analisis Geostatistik (Banerjee 2016). Geostatistik mempelajari variabilitas

spasial dari variabel regional. Variabel regionalisasi adalah variabel yang memiliki nilai atribut dan lokasi dalam ruang dua atau tiga dimensi. Geostatistik juga dijelaskan sebagai seperangkat teknik / alat yang digunakan untuk menganalisis dan memprediksi nilai variabel yang didistribusikan dalam ruang atau waktu. Dengan geostatistik, dapat menjelajahi data, membuat model variogram, dan menghasilkan lokasi yang diinterpolasi.



Nilai Negative dalam peta C2 ditunjukkan dengan angka tebal

Gambar 4 Beberapa contoh operasi *arithmetic* dalam analisis spasial dengan ILWIS. Input peta tematik mempunyai domain tipe *value* (angka), yang menggambarkan nilai friksi (fs) ataupun nilai qonus (qc).

Visualisasi Hasil Analisis Daya Dukung Tanah

Untuk melakukan analisis spasial dapat diilustrasikan yang paling sederhana (lihat Gambar 4) (Banerjee 2016):

$$\text{MapC} = \text{MapA} + 10 \tag{1}$$

Artinya, Tambahkan faktor konstanta 10 ke semua nilai piksel peta raster Map A dan simpan hasilnya di peta keluaran MapC. Dengan kata lain, keluaran MapC sama dengan jumlah dari peta raster Map A ditambah dengan nilai konstanta 10.

Perhitungan kedua yang dapat dilakukan secara spasial adalah :

$$\text{MapC1} = \text{Map A} + \text{Map B} \tag{2}$$

Ini berarti menambahkan nilai piksel MapA dan Map B dan menyimpan hasilnya di Map C1.

Perhitungan ketiga adalah,

$$\text{MapC2} = ((\text{MapA} - \text{MapB}) / (\text{MapA} + \text{MapB})) * 100 \tag{3}$$

Artinya: Menyimpan peta raster MapC2, yang merupakan hasil pengurangan MapB dari MapA, dibagi dengan penjumlahan MapA dan MapB; kemudian dikalikan dengan 100.

Dengan cara yang sama, apabila metode di atas digunakan untuk menghitung daya dukung tanah, maka beberapa persamaan pondasi dangkal berdasarkan hasil sondir, dapat dilakukan analisis spasial sebagai berikut.

Berdasarkan hasil sondir dapat dihitung daya dukung ijin pondasi dangkal dengan menggunakan formula L. Helminier (Hardiyatmo, 2002),

$$q_{all} = q_c / 10 \quad (4)$$

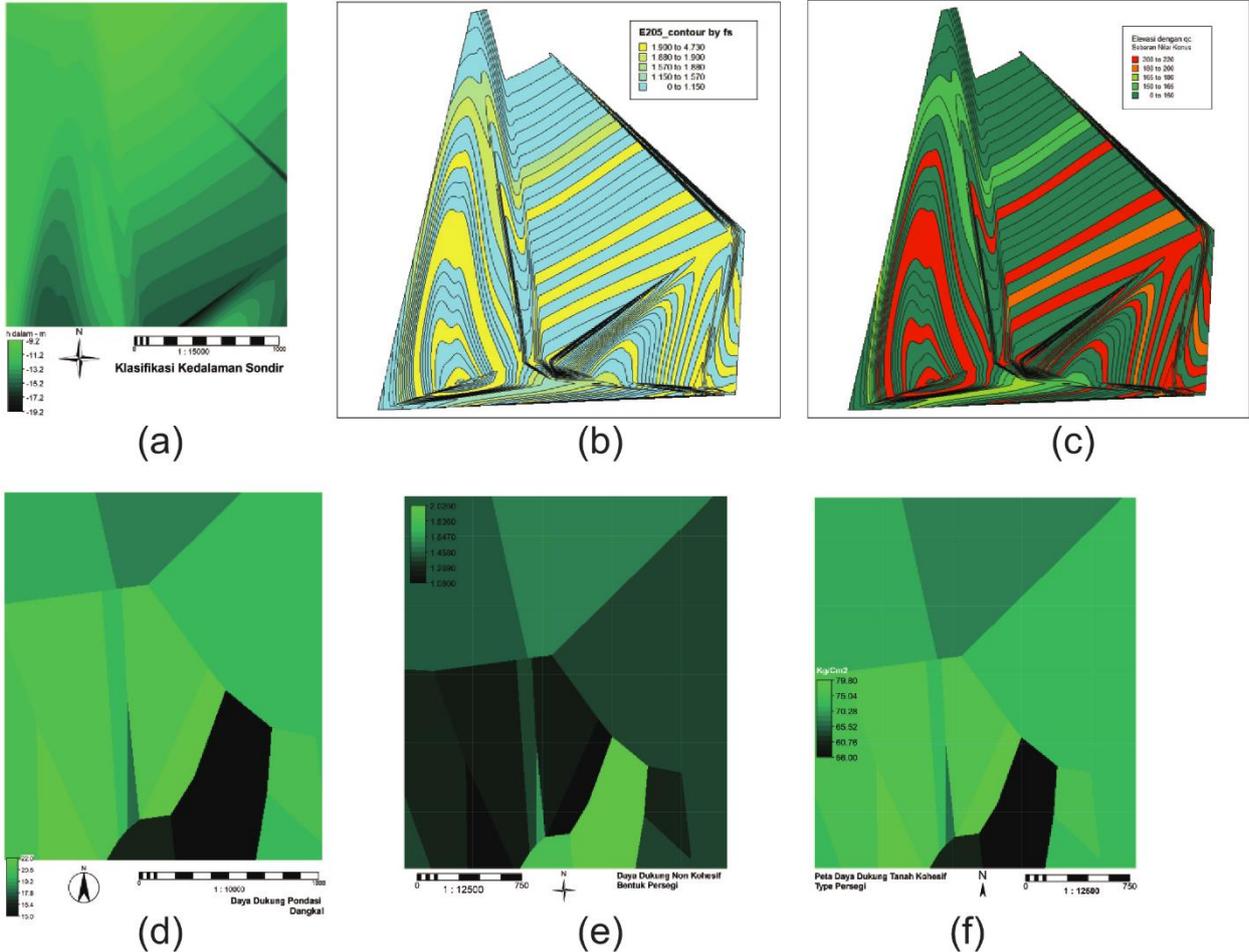
10 = faktor reduksi

Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 5

dengan,

q_{all} = daya dukung izin pondasi (ton/m²)

q_c = perlawanan konus (ton/m²)



Gambar 5 Hasil Penyajian dan analisis data daya dukung tanah di Kecamatan Ilir Timur. (a) Sebaran titik-titik lokasi sondir dan kedalaman sondir, per 20 cm; (b) sebaran nilai konus (kg/cm²) per ke dalaman; (c) sebaran nilai friksi (Kg/Cm) per ke dalaman; (d) Daya dukung izin pondasi dangkal; (e) daya dukung tanah non kohesif untuk persegi (q_u); (f) daya dukung tanah kohesif untuk persegi (q_u).

Apabila daya dukung dikorelasikan dengan tahanan ujung konus q_c untuk pondasi dangkal dengan $D/B \leq 1,5$ (Schmertmann 1978), :

a. Daya dukung batas tanah nonkohesif (Gambar 5e)

$$\text{Untuk lajur } q_u = 28 - 0,0052 (300 - q_c) 1,5 \quad (5)$$

$$\text{Untuk persegi } q_u = 48 - 0,0090 (300 - q_c) 1,5 \quad (6)$$

b. Daya dukung batas tanah kohesif dapat dihitung dengan rumus (Gambar 5f)

$$\text{Untuk lajur } q_u = 2 + 0,28 q_c \quad (7)$$

$$\text{Untuk persegi } q_u = 5 + 0,34 q_c \quad (8)$$

dengan,

q_u = daya dukung ultimit pondasi (kg/cm²)

q_c = perlawanan konus (kg/cm²)

Dari Gambar 5 dapat di lihat bahwa sebaran daya dukung tanah berdasarkan pada data hasil penyelidikan tanah dapat digambarkan secara spasial, artinya sebarannya dapat digambarkan dengan posisi koordinat X, dan Y, sehingga dari gambar spasial tersebut, dimana

akan dilakukan bangunan konstruksi, tinggal diplotkan di atas peta tersebut, sehingga akan diperoleh pondasi apa yang dapat digunakan pada posisi bangunan tersebut. Hal ini akan lebih mudah apabila hal tersebut dapat diterapkan sebagai dasar dalam pemberian izin mendirikan bangunan.

KESIMPULAN

1. Model data hasil penyelidikan tanah adalah titik atau dot, dengan bentuk struktur data adalah relasional
2. Bentuk analisis spasial yang digunakan adalah operasional aritmatik
3. Struktur basis data, terdiri atas dua entitas, yaitu Jalan dan lokasi penyelidikan tanah, dengan 4 atribut data, yaitu kedalaman sondir, nilai konus, friksi, dan spt

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, yang telah memberikan Dana Penelitian PNPB Fakultas Tahun Anggaran 2020 dalam kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Buccella, A., Cechich, A., Fillotrani, P. (2009). "Ontology-Driven Geographic Information Integration: A Survey of Current Approaches." *Computers & Geosciences* 35(4):710–23.
- Banerjee, S. (2016). "Spatial Data Analysis." Pp. 47–60 in *ILWIS*. Vol. 37.
- Higgs, G. (2006). "Integrating Multi-Criteria Techniques with Geographical Information Systems in Waste Facility Location to Enhance Public Participation." *Waste Management and Research* 24(2):105–17.
- Hu, Y. (2017). "Geospatial Semantics. Lecture Notes in Computer Science, Vol 3730." *Comprehensive Geographic Information Systems* 3(December):80–94.
- Land, Integrated and Integrated Land. n.d. "Introduction to ILWIS 3.0." *Main* 1–26.
- Lutz, M. (2007). "Ontology-Based Descriptions for Semantic Discovery and Composition of Geoprocessing Services." *GeoInformatica* 11(1):1–36.
- Mathison, David J., James M. Chamberlain, Nuala M. Cowan, Ryan N. Engstrom, Linda Y. Fu, Anthony Shoo, and Stephen J. Teach. (2013). "Primary Care Spatial Density and Nonurgent Emergency Department Utilization: A New Methodology for Evaluating Access to Care." *Academic Pediatrics* 13(3):278–85.
- Putranto, D.D.A. (2017). "Struktur Basis Data Sistem Informasi Manajemen Tata Ruang (Wilayah Kabupaten, Pesisir, Dan Batas Desa)." in *Laporan Penelitian*, edited by D. D. A. Putranto. Palembang: Pusat Standarisasi dan Kelembagaan Badan Informasi Geospasial.
- Sotiropoulos, Nikolaos, Benardos, A., and Mavrikos, A.(2016). "Spatial Modelling for the Assessment of Geotechnical Parameters." *Procedia Engineering* 165:334–42.
- Spinsanti, Miriam Baglioni Emiliano Giovannetti Maria Vittoria Masserotti Chiara Renso Laura. (2009). "Ontology-supported Querying of Geographical Databases." *Transection in GIS* 12(S1):31–44.
- Sumaryoto. (2014). "BAB II Tinjauan Pustaka_2010isa.Pdf." 9–66.