

## Pemetaan Digital Jenis Lapisan Tanah Permukaan Kota Banjarmasin

\* Muhammad Afief Ma'ruf<sup>1</sup>, Rusliansyah<sup>1</sup>, Agil Arief Rachman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin

\*)[afief.maruf@ulm.ac.id](mailto:afief.maruf@ulm.ac.id)

### Abstract

With the help of GIS (Geographic Information System), information such as the results of soil testing in the field can be combined with other information such as groundwater levels, laboratory soil test results and other test results. In addition, the test location can be found in geographic coordinate format. This integrated information can be referred to as a database. Information on the results of soil testing in the field from a database can be modeled to produce a profile shape from the test result parameters such as the soil layer type profile map. This study aims to present an information system based on geographic-based soil testing data in all areas of Banjarmasin City. This research was conducted by compiling all the data from soil testing results and create a map of soil surface types along the Banjarmasin city area with the help of GIS. As many as 37 Standar Penetration Test (SPT) test points and 45 Cone Penetration Test (SPT) test points in the city of Banjarmasin are integrated with geographic information system in the form of maps of the types of soil layers on the surface of Banjarmasin City. The results of this study shows that the dominant soil layers in the surface layer in Banjarmasin City are organic clay and silty clay, which are included in the soft soil category. This means that the soil conditions of Banjarmasin City are less suitable for the application of foundation construction with shallow foundation types, because of the relatively small bearing capacity of soft soils. So that in building construction planning in Banjarmasin City, it is necessary to pay attention to the things that are challenges in construction on soft soils, namely the relatively small bearing capacity of the land and the relatively large land subsidence.

**Keywords:** *Geographic Information System*, Journal, Soil Type, Banjarmasin City, Digital Map

### Abstrak

Dengan bantuan GIS (*Geographic Information System*), informasi seperti hasil pengujian tanah di lapangan dapat dipadukan dengan informasi lainnya seperti muka air tanah, hasil pengujian tanah di laboratorium maupun hasil pengujian lainnya. Selain itu, lokasi pengujian dapat diketahui dalam format koordinat geografis. Informasi yang terpadu tersebut dapat disebut sebagai basis data. Informasi hasil pengujian tanah di lapangan dari sebuah basis data dapat dibuat model untuk menghasilkan bentuk profil dari parameter hasil pengujian seperti peta profil jenis lapisan tanah. Penelitian ini mencoba menyajikan sistem informasi dari data hasil pengujian tanah berbasis geografis di seluruh wilayah Kota Banjarmasin. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengkompilasi seluruh data hasil pengujian tanah dan membuat peta jenis tanah permukaan di sepanjang wilayah kota Banjarmasin dengan bantuan GIS. Sebanyak 37 titik uji *Standar Penetration Test* (SPT) dan 45 titik uji sondir di kota Banjarmasin diintegrasikan dengan sistem informasi geografis dalam bentuk peta jenis lapisan tanah di permukaan Kota Banjarmasin. Hasil penelitian ini memberikan informasi bahwa lapisan tanah yang dominan di lapisan permukaan di Kota Banjarmasin adalah lempung organik dan lempung berlanau, yang termasuk dalam kategori tanah lunak. Ini berarti bahwa kondisi permukaan tanah Kota Banjarmasin kurang cocok untuk pengaplikasian konstruksi pondasi dengan jenis pondasi dangkal, karena daya dukung tanah lunak yang relatif kecil. Sehingga dalam perencanaan konstruksi bangunan di Kota Banjarmasin, perlu memperhatikan hal-hal yang menjadi tantangan dalam pembangunan konstruksi di tanah lunak, yaitu daya dukung tanah yang relatif kecil dan penurunan tanah yang relatif besar.

**Kata Kunci:** *Geographic Information System*, Jenis Tanah, Jurnal, Makalah, Kota Banjarmasin, Peta Digital

## PENDAHULUAN

Di era saat ini, di mana perkembangan teknologi informasi sangat pesat, banyak cara dikembangkan untuk menampilkan informasi agar lebih menarik. Juga, informasi harus akurat dan tepat dan terintegrasi dengan sistem informasi tabular, gambar, dan grafik sehingga lebih informatif. Namun, sistem informasi tidak terintegrasi secara geografis. Diperlukan sistem koordinat geografis untuk mengetahui lokasi sebenarnya di permukaan bumi dari sumber atau hasil informasi itu. Oleh karena itu, diperlukan sistem informasi terintegrasi dengan sistem koordinat seperti GIS (*Geographic Information System*).

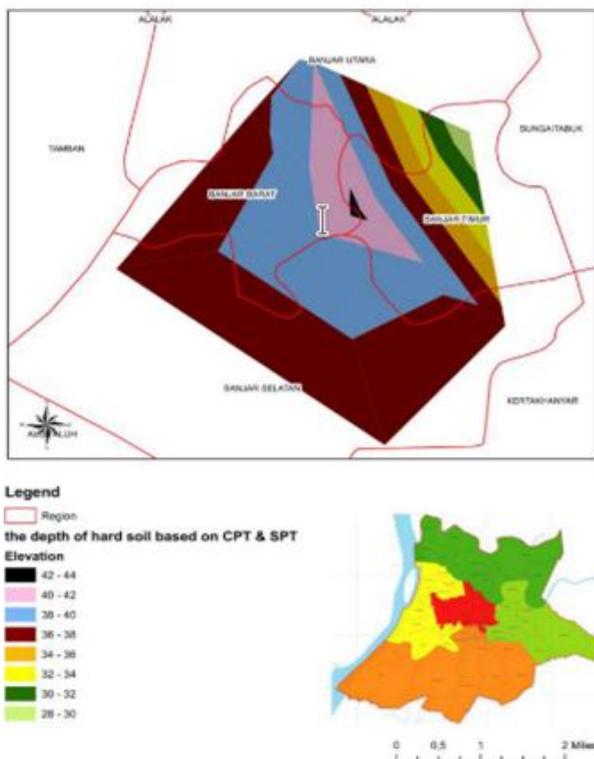
Sistem Informasi Geografis atau *Geographical Information System* (GIS) merupakan sebuah integrasi dari perangkat keras dan perangkat lunak komputer untuk mengolah, menganalisa, dan memanipulasi data yang terikat dengan koordinat geografis. GIS mengintegrasikan semua informasi yang ada di permukaan bumi. Informasi tersebut dapat berupa parameter fisik seperti elevasi permukaan tanah, tingkat kelembapan tanah, klasifikasi tata

guna lahan dan lain-lain. Selain itu, parameter lain seperti lokasi bencana alam atau potensi bencana dapat juga diintegrasikan. Dalam GIS, informasi tersebut disebut sebagai atribut yang menyatakan kualitas atau karakter. Untuk bisa diintegrasikan ke dalam GIS, informasi tersebut harus memiliki koordinat yang mengacu pada bentuk permukaan bumi (Fazal, 2008) □.

Dengan bantuan GIS, informasi seperti hasil pengujian tanah di lapangan dapat dipadukan dengan informasi lainnya seperti muka air tanah, hasil pengujian tanah di laboratorium maupun hasil pengujian lainnya. Selain itu, lokasi pengujian dapat diketahui dalam format koordinat geografis. Informasi yang terpadu tersebut dapat disebut sebagai basis data. Informasi hasil pengujian tanah di lapangan dari sebuah basis data dapat dibuat model untuk menghasilkan bentuk profil dari parameter hasil pengujian seperti peta profil jenis lapisan tanah. Hasil dari GIS berupa basis data peta digital dan data dalam bentuk tabel. Selain itu dalam GIS, peta digital dan data tabel dapat dihubungkan dan/atau dipadukan untuk membentuk peta baru. Dengan

adanya GIS, hampir semua jenis data dapat dikomputerisasi dan diintegrasikan dengan data lainnya.

Pada penelitian pemetaan digital kedalaman tanah keras Kota Banjarmasin yang dilakukan oleh Ma'ruf, *et al.* (2019) didapatkan peta kedalaman tanah keras yang memberikan informasi bahwa variasi kedalaman tanah keras di kota Banjarmasin berkisar dari 28 m sampai 42,4m, seperti terlihat pada Gambar 1. Pada penelitian kali ini, dicoba membuat sistem informasi data hasil pengujian tanah berbasis geografis di seluruh wilayah kota Banjarmasin yang memberikan gambaran mengenai jenis tanah di permukaan Kota Banjarmasin. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengkompilasi seluruh data hasil pengujian tanah dan membuat profil tanah sepanjang wilayah kota Banjarmasin dengan bantuan GIS dalam bentuk peta digital jenis lapisan tanah permukaan di Kota Banjarmasin. Hasil dari penelitian diharapkan dapat digunakan untuk keperluan perancangan konstruksi, terutama konstruksi pondasi, di Kota Banjarmasin.

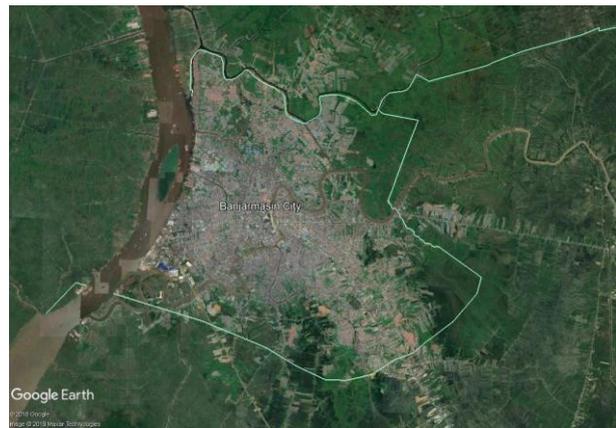


Gambar 1. Peta Digital Kedalaman Tanah Keras di Kota Banjarmasin  
(Sumber: Ma'ruf, *et al.* 2019)

**METODE**

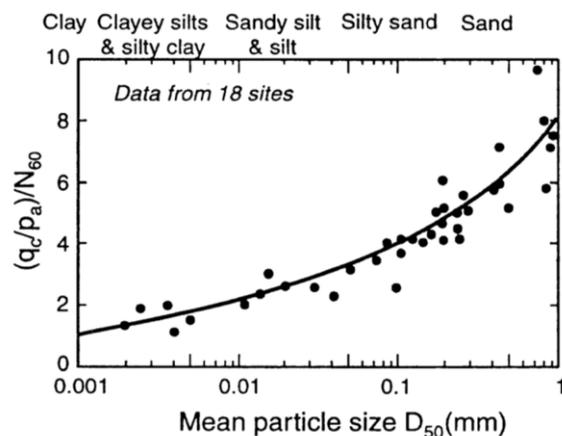
Penelitian ini dilakukan di kota Banjarmasin yang secara geografis terletak antara 3°16'46'' sampai dengan 3°22'54'' lintang selatan dan 114°31'40'' sampai dengan 114°39'55'' bujur timur. Kota Banjarmasin berbatasan dengan Kabupaten Banjar di sebelah timur dan selatan; dan Kabupaten Barito Kuala di sebelah barat dan utara. Luas Kota Banjarmasin 98,46 km persegi atau 0,26% dari luas wilayah Provinsi Kalimantan Selatan (Badan Pusat Statistik Kota Banjarmasin 2020). Batas kota Banjarmasin (Gambar 2) digambarkan dengan garis hijau.

Penelitian ini dilakukan dengan cara mengkompilasi seluruh data hasil pengujian tanah dan membuat peta jenis tanah permukaan di sepanjang wilayah kota Banjarmasin dengan bantuan GIS. Sebanyak titik uji *Standar Penetration Test* (SPT) dan 45 titik uji sondir di kota Banjarmasin yang diintegrasikan dengan GIS dalam bentuk peta jenis lapisan tanah di permukaan Kota Banjarmasin. Baik SPT maupun sondir adalah tes tanah yang paling umum di kota Banjarmasin. Dengan dua tes ini, parameter mekanis tanah dapat ditemukan yang digunakan untuk melihat tipe perilaku tanah dari setiap lapisan tanah. Data hasil pengujian tanah yang digunakan bersumber pada Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat dan sumber lainnya.



Gambar 2. Batas Kota Banjarmasin  
(Sumber: Google Earth Pro)

Hasil tes SPT dan CPT dihubungkan oleh persamaan  $(q_c/P_a)/N_{60}$  untuk menentukan jenis tanah dan perilakunya. Hal ini berdasarkan korelasi dari Robertson *et al.* (1983) yang menghubungkan rasio  $(q_c/P_a)/N_{60}$  dengan ukuran butir rata-rata,  $D_{50}$  (bervariasi antara 0,001 mm sampai 1 mm). Nilai N pada hasil pengujian SPT yang digunakan sesuai dengan rasio energi rata-rata sekitar 60%. Oleh karena itu, rasio berlaku untuk  $N_{60}$ , seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan Rasio  $(q_c/P_a)/N_{60}$  dengan ukuran butir rata-rata  $D_{50}$   
(Sumber: Robertson *et al.* 1986)

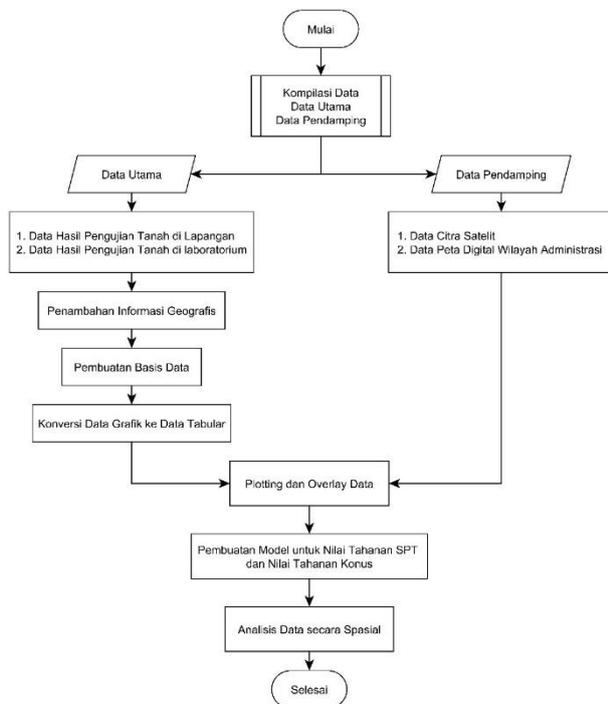
Nilai  $q_c$  dibuat tanpa dimensi saat membaginya dengan tekanan atmosfer ( $p_a$ ) dalam unit yang sama dengan  $q_c$ . Robertson *et al.* (1986) menyarankan rasio  $(q_c/P_a)/N_{60}$  untuk setiap zona tipe perilaku tanah menggunakan grafik CPT yang tidak dinormalisasi. Rasio yang disarankan  $(q_c/P_a)/N_{60}$  untuk setiap jenis perilaku tanah diberikan seperti terlihat pada Tabel 1. Nilai-nilai ini memberikan estimasi nilai SPT  $N_{60}$  yang wajar dari data CPT. Data CPT yang digunakan berupa  $q_c$  dimana penetrasi konus tidak dikoreksi terhadap tekanan pori tanah. Korelasi ini sendiri sudah terbukti cukup efektif digunakan untuk jenis tanah di Indonesia mengacu pada penelitian oleh Wahyudi, *et al.* (2018).

Tabel 1. Hubungan  $(q_c/P_a)/N_{60}$  terhadap *Soil Behaviour Type (SBT)*

Zone	Soil Behavior Type (SBT)	$(q_c/P_a)/N_{60}$
1	Sensitive fine grained	2.0
2	Organic soils – clay	1.0
3	Clays: clay to silty clay	1.5
4	Silt mixtures: clayey silt & silty clay	2.0
5	Sand mixtures: silty sand to sandy silt	3.0
6	Sands: clean sands to silty sands	5.0
7	Dense sand to gravelly sand	6.0
8	Very stiff sand to clayey sand*	5.0
9	Very stiff fine-grained*	1.0

Sumber: Robertson *et al.* (1986)

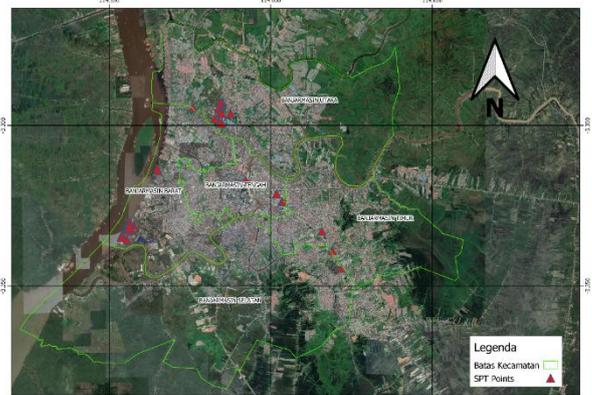
Hasil interpretasi uji SPT dan sondir selanjutnya dimodelkan secara spasial menggunakan model interpolasi *Inverse Distance Weight (IDW)* dengan bantuan perangkat lunak QGIS. Analisis dilakukan pada bentuk data raster. Untuk lebih jelasnya alur metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



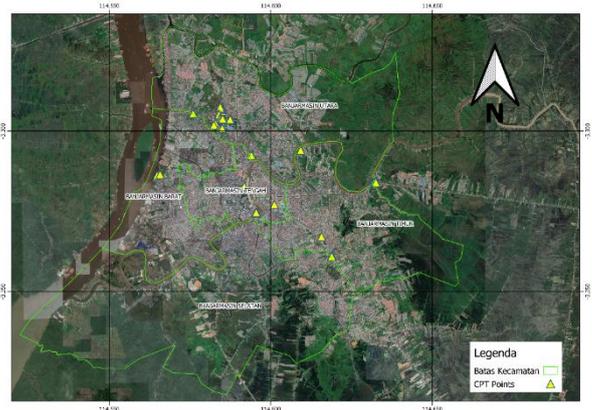
Gambar 3. Alur penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian tanah yang digunakan sebanyak 46 titik uji SPT dan 36 titik uji sondir yang tersebar pada Kota Banjarmasin direkapitulasi dan diinput koordinat titik masing-masing lokasi pengujian. Dalam hal ini informasi koordinat merupakan parameter terpenting dalam SIG agar dapat diplot ke dalam perangkat lunak SIG. Data koordinat yang didapatkan pada laporan pengujian tanah digunakan sebagai penunjuk lokasi secara absolut. Jika tidak didapatkan koordinat maka digunakan penunjuk lokasi secara relatif seperti nama lokasi atau nama proyek. Dengan nama lokasi atau nama proyek tersebut kemudian diestimasi koordinat pengujian tanah dengan perangkat lunak *Google Earth Pro*. Informasi yang didapatkan melalui laporan pengujian tanah atau perangkat lunak *Google Earth* diambil dalam bentuk satuan sudut *decimal degree*. Hasil input koordinat tersebut kemudian diplot ke dalam *Google Earth* untuk melihat keterwakilan seluruh wilayah Kota Banjarmasin seperti terlihat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Peta Sebaran Titik Uji SPT di Kota Banjarmasin



Gambar 5. Peta Sebaran Titik Uji Sondir di Kota Banjarmasin

Selanjutnya basis data diolah dengan setiap data memiliki kode identifikasi yang bersifat unik. Kode identifikasi dibuat berdasarkan gabungan atribut nomor 1 sampai nomor 10. Atribut nomor 1 sampai nomor 3 merupakan kode relasi wilayah kecamatan yang terdiri dari

6 digit dengan urutan 2 (dua) digit kode wilayah daerah provinsi, 2 (dua) digit kode wilayah daerah kabupaten/kota, dan 2 (dua) digit kode wilayah kecamatan. Atribut nomor 4 sampai nomor 10 merupakan keterangan dari laporan pengujian tanah. Atribut nomor 4 sampai nomor 6 menunjukkan kapan dilakukan pengujian tanah. Atribut nomor 7 menunjukkan jenis infrastruktur atau kegiatan forensik teknik sipil yang menggunakan data hasil pengujian tanah. Atribut nomor 8 menunjukkan penyedia jasa pengujian tanah dimana internal menandakan pengujian tanah dilakukan oleh Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat dan eksternal menandakan pengujian tanah dilakukan oleh pihak penyedia jasa lainnya. Atribut nomor 9 menunjukkan tipe pengujian lapangan yang dilakukan. Atribut nomor 10 menunjukkan nomor titik pengujian tanah secara berurutan sesuai laporan pengujian tanah. Dengan kode identifikasi berasal dari kode relasi wilayah kecamatan dan keterangan data laporan hasil pengujian tanah dapat menunjukkan kapan, dimana, spesifik dari titik pengujian tanah. Penjelasan atribut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Penjelasan atribut dan kode basis data

No.	Nama Atribut	Kode Nomor
1.	Nama Provinsi	Kalimantan Selatan (63)
2.	Nama Kabupaten/Kota	Banjarmasin (71)
3.	Nama Kecamatan	Banjarmasin Selatan (10); Banjarmasin Timur (20); Banjarmasin Barat (30); Banjarmasin Tengah (31); Banjarmasin Utara (40)
4.	Hari	Format 2 digit (00)
5.	Bulan	Format 2 digit (00)
6.	Tahun	Format 4 digit (0000)
7.	Tipe Proyek	Gedung (0); Jembatan (1); Jalan (2); Pelabuhan (3); Forensik (4)
8.	Penyedia Jasa Pengujian	Internal (0); Eksternal (1)
9.	Tipe Pengujian	SPT (0); CPT (1)
10.	Nomor Titik Pengujian	Format 3 digit (000) secara berurutan sesuai dengan laporan hasil pengujian tanah

Sumber: Hasil Pengolahan data (2021)

Contoh data isian pada laporan pengujian tanah lapangan berupa SPT pada proyek Pembangunan Hotel Global yang dilakukan Somif Borneo Perkasa (Tabel 3). Berdasarkan pada identifikasi lokasi keterangan yang terlampir pada laporan pengujian maka dapat dibuat kode identifikasi dengan isian atribut pada Tabel 2. Sehingga dapat dibuat kode identifikasi sebagai berikut:

ID = '63'+ '71'+ '31'+ '07'+ '12'+ '2009'+ '0'+ '1'+ '0'+ '001'  
ID = 63713107122009010001

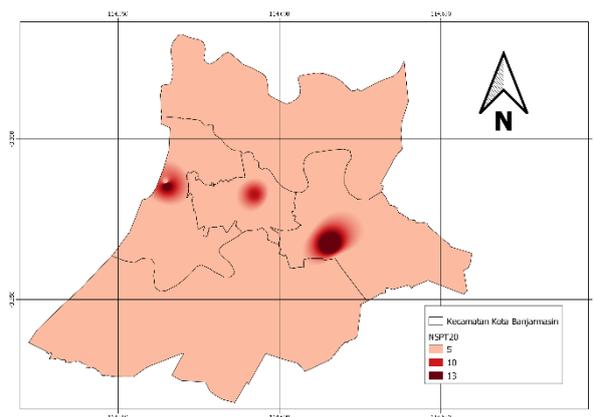
Maka kode unik pada borlog 1 pengujian tanah dengan SPT proyek Hotel Global yang dilakukan oleh Somif Borneo Perkasa adalah 63713107122009010001

Tabel 3. Isian atribut berdasarkan proyek Pembangunan Hotel Global

No.	Nama Atribut	Kode Nomor
1.	Nama Provinsi	Kalimantan Selatan (63)
2.	Nama Kabupaten/Kota	Banjarmasin (71)
3.	Nama Kecamatan	Banjarmasin Tengah (31)
4.	Hari	07
5.	Bulan	12
6.	Tahun	2009
7.	Tipe Proyek	Gedung (0)
8.	Penyedia Jasa Pengujian	Eksternal (1)
9.	Tipe Pengujian	SPT (0)
10.	Nomor Titik Pengujian	BH1 (001)

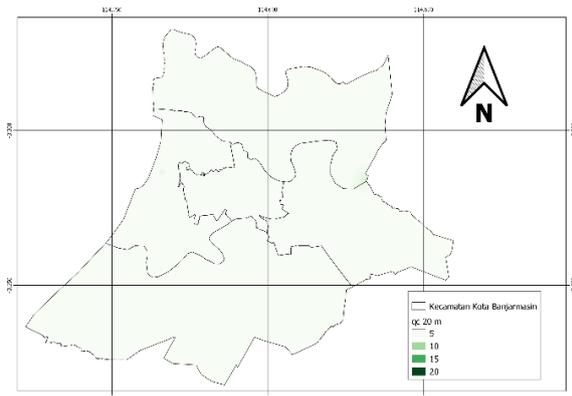
Sumber: Hasil Pengolahan data (2021)

Dalam menentukan jenis tanah, informasi yang diambil dari laporan pengujian tanah dengan metode SPT adalah nilai tahanan  $N_{SPT}$  dan karakter tanah sesuai dengan deskripsi tanah (*Soil Description*). Informasi yang diambil dari laporan pengujian tanah dengan metode CPT adalah nilai tahanan konus  $q_c$  dan tahanan selimut lokal  $f_s$ . Nilai tahanan konus  $q_c$  dan tahanan selimut lokal  $f_s$  dibuat pada dua tabel yang berbeda. Hal ini diperlukan untuk kemudahan dalam tahapan Plotting dan Overlay dalam perangkat lunak SIG. Pemisahan ini diperlukan karena dalam menentukan jenis tanah berdasarkan korelasi  $(q_c/P_a)/N_{60}$ , data yang diperlukan hanyalah data tahanan konus  $q_c$ . Pada pembuatan model data  $N_{SPT}$  dan  $q_c$  digunakan model (*Inverse Distance Weight*) IDW sebagai model interpolasi spasial. Model dibuat berdasarkan kedalaman 2 meter di bawah permukaan tanah untuk menggambarkan jenis tanah di lapisan tanah permukaan di Kota Banjarmasin. Hasil pembuatan peta berdasarkan sebaran nilai  $N_{SPT}$  dan sondir di kedalaman 2 meter dari permukaan tanah dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Peta Nilai  $N_{SPT}$  Lapis Permukaan Tanah Kota Banjarmasin

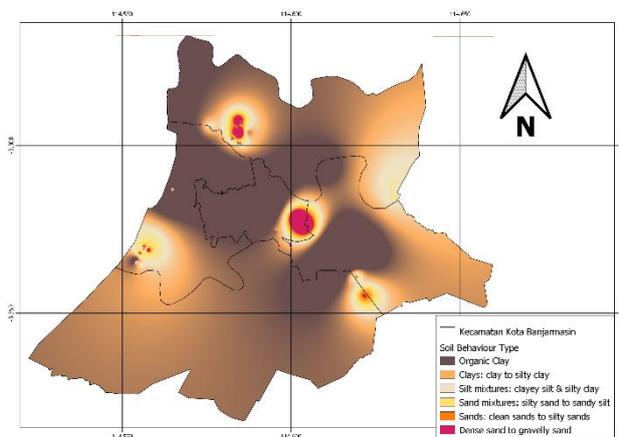
Sumber: Hasil Pengolahan data (2021)



Gambar 7. Peta Nilai Tahanan Konus  $q_c$  Lapis Permukaan Tanah Kota Banjarmasin

Sumber: Hasil Pengolahan data (2021)

Dari Gambar 6 dan 7 terlihat bahwa nilai  $N_{SPT}$  dan sondir di permukaan tanah di Kota Banjarmasin relative kecil, yaitu bernilai rata-rata 5. Selanjutnya dalam menentukan jenis tanah di permukaan tanah Kota Banjarmasin, maka dilakukan analisa korelasi  $(q_c/P_a)/N_{60}$  secara spasial. Nilai  $N_{SPT}$  dan  $q_c$  yang terhitung secara spasial dengan model IDW digunakan sebagai input dalam menghitung  $(q_c/P_a)/N_{60}$ . Pada perhitungan  $(q_c/P_a)/N_{60}$  digunakan nilai tahanan konus  $q_c$  tanpa koreksi terhadap tekanan pori dan nilai tekanan atmosfer sebesar 1 atm atau  $1.03323 \text{ kg/cm}^2$ . Berikut hasil analisis data secara spasial pada Gambar 8.



Gambar 8. Peta Jenis Lapisan Tanah Permukaan Kota Banjarmasin

Sumber: Hasil Pengolahan data (2021)

Berdasarkan hasil pengolahan data spasial pada Gambar 8, maka terlihat bahwa jenis tanah yang dominan di lapisan permukaan di Kota Banjarmasin adalah tanah lempung berlanau dan lempung organik, dengan beberapa lokasi terdapat lapisan pasir padat yaitu di perbatasan Banjarmasin Tengah dengan Banjarmasin Timur, serta di Banjarmasin Utara. Jika dilakukan pengecekan ulang terhadap *soil description* pada laporan pengujian  $N_{SPT}$ , maka berdasarkan data *soil description* dari salah satu pengujian tanah menyatakan dalam kedalaman 2 meter sampai 20 meter memiliki SBT *silty clay* atau *clayey silt*. Hal ini bersifat wajar dikarenakan nilai tahanan konus  $q_c$

tidak dikoreksi terhadap tekanan pori untuk tanah lunak berbutir halus (*fine-grained soft soil*) pada kedalaman 2.00 sampai 36.00 meter. Hal ini menunjukkan bahwa peta yang dibuat dapat digunakan sebagai salah satu acuan dalam perencanaan konstruksi di Kota Banjarmasin.

Hasil penelitian ini memberikan informasi bahwa lapisan tanah yang dominan di lapisan permukaan di Kota Banjarmasin adalah lempung organik dan lempung berlanau, yang termasuk dalam kategori tanah lunak. Ini berarti bahwa kondisi permukaan tanah Kota Banjarmasin kurang cocok untuk pengaplikasian konstruksi pondasi dengan jenis pondasi dangkal, karena daya dukung tanah lunak yang relatif kecil. Sehingga dalam perencanaan konstruksi bangunan di Kota Banjarmasin, perlu memperhatikan hal-hal yang menjadi tantangan dalam pembangunan konstruksi di tanah lunak, yaitu daya dukung tanah yang relatif kecil dan penurunan tanah yang relatif besar. Hal ini sejalan dengan kearifan lokal masyarakat Kota Banjarmasin dan sekitarnya yang memanfaatkan pondasi cerucuk kayu gelam sebagai konstruksi bangunan bawah karena merupakan jenis *floating foundation* yang tidak bertumpu pada daya dukung ujung, namun bertumpu pada lekatan friksi kulit cerucuk yang cukup besar di dalam tanah lempung lunak.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai  $N_{SPT}$  dan sondir di permukaan tanah di Kota Banjarmasin relative kecil, yaitu bernilai rata-rata 5 dengan lapisan tanah yang dominan di lapisan permukaan di Kota Banjarmasin adalah lempung organik dan lempung berlanau, yang termasuk dalam kategori tanah lunak. Hasil ini masih relevan dengan deskripsi yang diperoleh dari laporan pengujian  $N_{SPT}$  dengan jenis tanah permukaan dominan lempung berlanau. Hal ini menunjukkan bahwa peta yang dibuat dapat digunakan sebagai salah satu acuan dalam perencanaan konstruksi di Kota Banjarmasin.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya diberikan kepada Universitas Lambung Mangkurat yang telah mendukung penelitian ini dengan memberikan hibah melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat dalam skema Program Beasiswa Penelitian Dosen Wajib Meneliti. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, serta rekan-rekan dunia konstruksi di Kota Banjarmasin yang telah membantu menyediakan data pengujian tanah demi terlaksananya penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kota Banjarmasin (2020). *Kota Banjarmasin Dalam Angka 2020*. Badan Pusat Statistik Kota Banjarmasin. Banjarmasin
- Fazal, S. (2008). *GIS Basics*. New Delhi: New Age International Publishers. New Delhi
- Ma'ruf, M. A., Rusliansyah, Fitriati, U., Rachman, A. A. (2019). "Digital Mapping of Hard Soil Depth in

- Banjarmasin City”. *International Journal of Engineering and Technology*, 11(5), 316–320.  
<https://doi.org/10.7763/ijet.2019.v11.1168>
- Robertson, P.K., and Campanella, R.G. (1983). “Interpretation of cone penetration tests – Part I (sand)”. *Canadian Geotechnical Journal*, 20(4): 718-733.
- Robertson, P.K., and Campanella, R.G. (1983). “Interpretation of cone penetration tests – Part II (clay)”. *Canadian Geotechnical Journal*, 20(4): 734-745.
- Wahyudi, Hari Dwi, Dina Mutia (2018). “Interpretasi Hasil Uji Penetrasi Kerucut Statis (Cone Penetration Test/CPT/Sondir) Di Kawasan Bandar Udara Fatmawati Soekarno, Bengkulu”. *Agregat* Vol.3, No.2, November 2018. Surabaya