

PEMETAAN DAYA DUKUNG FONDASI DANGKAL DI WILAYAH UNIVERSITAS JEMBER BERBASIS CPT (*CONE PENETRATION TEST*)

Bagus Rahmad Hidayat¹, Paksitya Purnama Putra^{*2}, Hernu Suyoso²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Jember

² Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember

*Korespondensi: paksitya.putra@unej.ac.id

ABSTRACT

This research aims to make a bearing capacity distribution map of shallow foundations (footplate), which is to provide convenience in terms of examining substructure buildings planned by the consultant by the owner. Spatial concepts method, ArcGIS and kriging, are used to simplify the analysis stage in making bearing capacity maps. Bearing capacity distribution map of soil shows that most of the University of Jember area at two meters depth has hard soil consistency and has a bearing capacity of around 83.9 - 110.9 kg/cm². The results of comparative analysis of ArcGIS and CPT has a ratio of 0,758 for point 1 and 0,765 for point 2.

Keywords: ArcGIS, Bearing Capacity, CPT, Distribution Map, Kriging

1. PENDAHULUAN

Pembangunan di lingkup area Universitas Jember beberapa tahun ini sangatlah padat. Keinginan *owner* selaku pemilik bangunan untuk memiliki kualitas bangunan yang sangat baik menjadi tidak dapat terelakkan. Tidak hanya bagian up-struktur bangunan, kualitas bagian sub-struktur pun perlu diperhitungkan. Bersumber dari pengalaman, pembangunan infrastruktur senilai ±100 juta rupiah (gedung/infrastruktur sederhana) mayoritas dilaksanakan oleh kontraktor daerah yang banyak tidak melakukan penyelidikan tanah. Padahal, salah satu kualitas bangunan sub-struktur dapat dilihat dari lengkapnya dokumen penyelidikan tanah agar kualitas perencanaan dapat diketahui.

Tanah mempunyai karakteristik dan bentuk yang berbeda-beda, dari yang mempunyai daya dukung rendah sampai yang mempunyai daya dukung tinggi [1]. Hal tersebut diperkuat dengan melihat analisis data *Cone Penetration Test* (CPT/Sondir) dari beberapa proyek lampau diarea Universitas Jember. Metode Kriging dalam perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat digunakan untuk melakukan penaksiran dalam

sebaran daya dukung fondasi dangkal (*footplate*) diarea Universitas Jember dengan beberapa data Sondir yang ada. Kriging merupakan suatu metode analisis data geostatistika yang digunakan untuk menduga besarnya nilai yang mewakili suatu titik yang tidak tersampel berdasarkan titik tersampel yang berada disekitarnya dengan menggunakan model struktural semivariogram [2]. Pembuatan peta sebaran daya dukung fondasi dangkal ini diharapkan mampu memberikan gambaran kepada pihak *owner* dan perencana agar dapat mengevaluasi atau merencanakan Infrastruktur dengan kualitas sangat baik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fondasi *Footplate*

Penggunaan fondasi dangkal biasanya digunakan untuk rumah tinggal dan bangunan bertingkat biasa yang mempunyai beban kolom tidak terlalu besar, sering juga fondasi dangkal disebut juga sebagai fondasi langsung. Salah satu jenis fondasi dangkal (*shallow foundation*) adalah fondasi telapak atau *footplate*. Jenis konstruksi ini lazimnya menggunakan beton bertulang dengan ukuran dan detail penulangan tertentu [3]. *Footplate* ini dapat dibuat dalam bentuk melingkar dan

persegi. Jenis fondasi ini biasanya terbuat dari beton bertulang. Fungsi telapak pada fondasi ini digunakan untuk menyebarkan beban dari kolom. Banyak aspek yang perlu diperhatikan sebelum mendesain sebuah fondasi *footplate* salah satunya yaitu kondisi tanah. Hal ini memerlukan studi yang lebih terperinci terhadap sifat dan kondisi dasar tanah [4].

2.2 Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah merupakan salah satu kegiatan dalam bidang geoteknik yang dilakukan untuk memperoleh sifat dan karakteristik tanah untuk kepentingan desain rekayasa (*engineering*). Menurut SNI 8460-2017, Ada 2 jenis penyelidikan tanah yaitu, penyelidikan lapangan (*in situ test*) dan penyelidikan laboratorium (*Laboratory test*).

2.3 Pengujian Sondir atau CPT

Menurut SNI-2827-2008, Dalam desain struktur tanah fondasi sering dilakukan analisis stabilitas dan perhitungan desain fondasi bangunan dengan menggunakan parameter tanah baik tegangan total maupun tegangan efektif. Parameter perlawanan penetrasi dapat diperoleh dengan berbagai cara. Salah satunya dengan melakukan uji Sondir atau CPT (*Cone Penetration Test*).

Tujuan pengujian sondir atau CPT adalah untuk memperoleh parameter-parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan (penetrasi quasi statik). Parameter tersebut berupa perlawanan konus (q_c), perlawanan geser (f_s), angka banding geser (R_f), dan geseran total tanah (T_f).

Parameter tanah setiap lapisannya dapat dengan mudah diperoleh dan dianalisis dengan melakukan pengujian sondir atau CPT [5]. Nilai-nilai tahanan kerucut statis atau hambatan konus (q_c) yang diperoleh dari pengujian dapat langsung dikorelasikan dengan kapasitas dukung tanah [6].

2.3.1 Hambatan konus (q_c)

Tahanan atau perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya per satuan luas. Nilai q_c secara langsung dapat digunakan untuk mengestimasi nilai *relative density*, D_r , serta nilai *undrained strength*, c_u untuk tanah kohesi. Secara tidak langsung, nilai q_c digunakan untuk menentukan kapasitas daya dukung ultimit, q_{ult} dari suatu lapisan tanah berdasarkan variasi model dan

persamaan.

2.3.2 Gesekan selimut (f_s)

Perlawanan geser tanah terhadap selubung bikonus (*sleeve friction*) dalam gaya persatuan panjang. Tahanan lekat didapatkan dari hasil pengurangan nilai bikonus dan nilai konus.

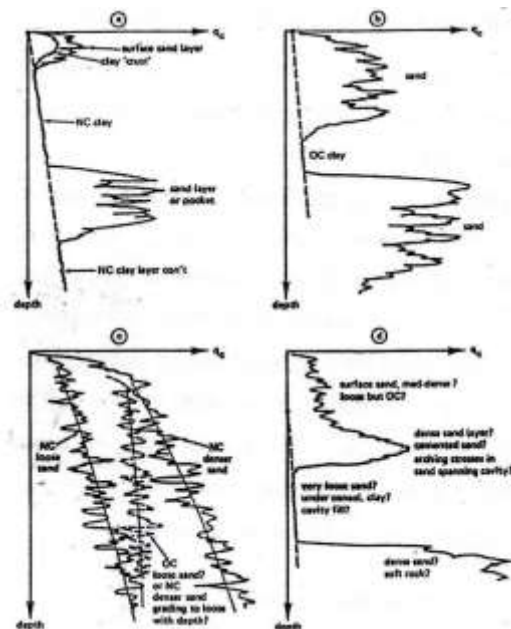
2.3.3 Rasio Friksi (R_f)

Rasio tahanan lekatan (f_s) dan tahanan ujung (q_c) yang dikenal dengan nama rasio gesekan (R_f) yang dapat digunakan untuk membedakan tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar [9].

Dari beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah berbutir kasar mempunyai nilai R yang kecil ($<2\%$), sementara untuk tanah berbutir halus (lanau dan lempung) nilai R_f lebih tinggi.

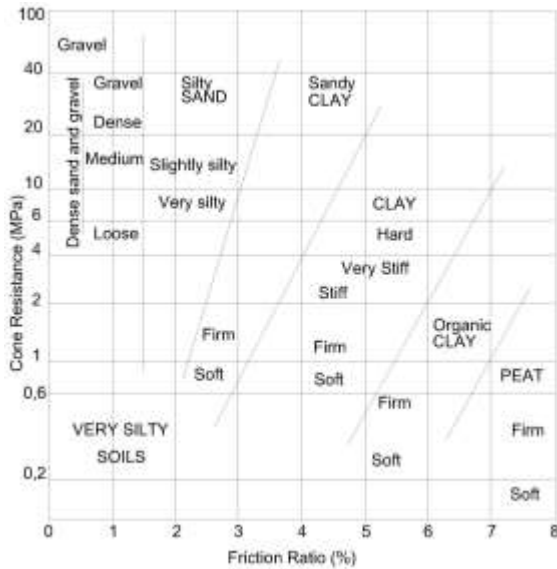
2.4 Interpretasi Data Sondir atau CPT

Pengujian sondir secara umum adalah untuk mengetahui kekuatan tanah setiap kedalaman serta stratifikasi tanah secara pendekatan. Hasil pengujian sondir atau CPT dapat digunakan untuk menginterpretasikan jenis tanah serta parameter geoteknik tanah.



Gambar 1. Interpretasi Hasil Uji Sondir [7]

Berdasarkan parameter pengujian sondir, pengidentifikasian tanah dapat dilakukan menggunakan pendekatan yang dikembangkan oleh Schmertmann tahun 1978.



Gambar 2. Korelasi qc dengan Rf [8]

2.5 Daya Dukung ultimit tanah (q_{ult})

Menurut Schmertmann (1978), daya dukung kritis (*ultimate*) fondasi dangkal (bujur sangkar) dengan rasio $D/B \leq 1,5$ dihitung berdasarkan tahanan konus (q_c) dari hasil pengujian sondir atau CPT (Cone Penetration Test) sesuai dengan persamaan berikut:

$$q_{ult} = 5 + 0,34q_c \quad (1)$$

$$q_{ult} = 48 - 0,009(300 - q_c)1,5 \quad (2)$$

Dengan:

- q_{ult} = kapasitas dukung kritis (*ultimate*),
- q_c = tahanan konus (kg/cm^2),
- D = kedalaman fondasi (m), dan
- B = lebar fondasi (m).

2.6 Daya Dukung Izin Footplate (Q_{all})

Kapasitas daya dukung *ultimate* fondasi *footplate* dapat di hitung dengan perumusan berikut:

$$Q_{all} = \frac{q_{ult} \times A}{SF} \quad (3)$$

Dengan:

- Q_{all} = kapasitas dukung izin (*Allowed*)
- q_{ult} = daya dukung ultimit tanah (kg/cm^2)
- A = luas telapak fondasi (cm^2)
- SF = Safety Factor (SF), digunakan 3

2.7 Pemetaan Wilayah

Pemetaan merupakan sebuah proses pengumpulan data yang selanjutnya digunakan sebagai parameter *input* pembuatan peta.

Pemetaan adalah pengelompokan suatu kumpulan wilayah yang berkaitan dengan letak geografis wilayah meliputi dataran tinggi, pegunungan, sumber daya dan potensi penduduk yang berpengaruh terhadap sosial kultural yang memiliki ciri khas khusus dalam penggunaan skala yang tepat [9].

Terdapat 3 tahapan proses pemetaan yang harus di lakukan yaitu Pengumpulan data, penyajian data, dan penggunaan peta [10].

2.8 ArcGIS

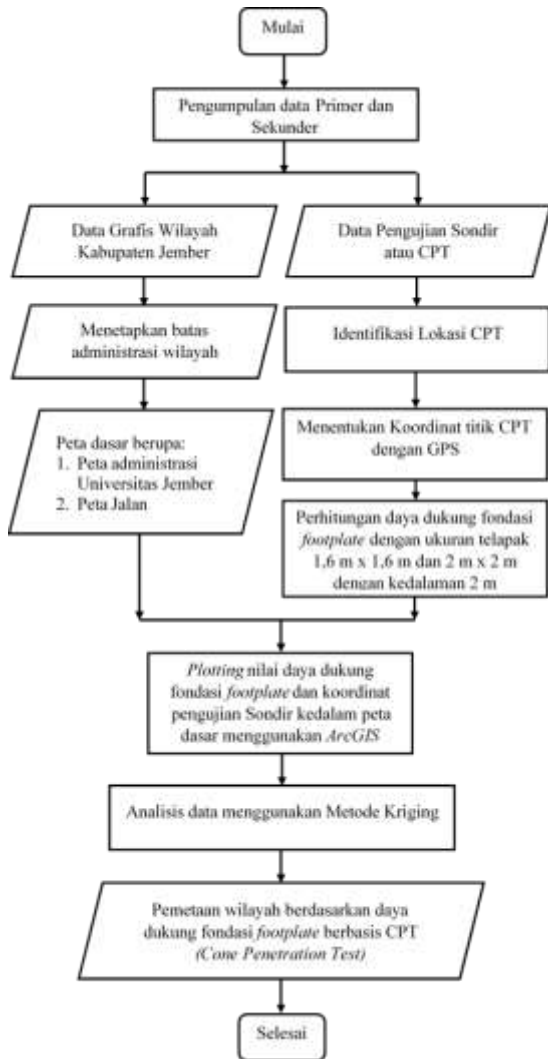
ArcGIS merupakan paket perangkat lunak yang terdiri dari produk perangkat lunak sistem informasi geografis (SIG) yang dikembangkan oleh ESRI (*Environment Science & Research Institue*). Pada *ArcGIS* terdapat *ArcMap* dan *ArcCatalog*. *ArcMap* merupakan aplikasi pembuat peta yang komprehensif di dalam software *ArcGIS* dan pemetaan dalam komputer. *ArcMap* mempunyai kemampuan utama yaitu visualisai, membangun *database* spasial, *editing*, dan memilih, analisis data, desain peta, serta pembuatan tampilan akhir. Sedangkan *ArcCatalog* merupakan alat untuk menjelajah, mengatur, dan membagi, dan menampilkan data spasial maupun metadata dan menyimpan data SIG. *ArcCatalog* membantu dalam mengelola dan mengeksplorasi data spasial.

2.9 Kriging

Geostatika terdiri dari berbagai metode penaksiran, salah satunya yaitu metode *kriging*. Salah satu metode penaksiran dalam geostatistika yang sering digunakan adalah metode *Kriging* [11]. *Kriging* merupakan suatu metode analisis data geostatistika yang digunakan untuk menduga besarnya nilai yang mewakili suatu titik yang tidak tersampel berdasarkan titik tersampel yang berada disekitarnya dengan menggunakan model struktural semivariogram. Estimasi *kriging* memberikan hasil yang lebih baik pada jarak terdekat dibanding dengan jarak lebih jauh.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Tahap awal dari penelitian ini yaitu melakukan studi literatur serta mengumpulkan data penunjang penelitian. Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Data primer berupa koordinat titik pengujian sondir atau CPT yang diperoleh dengan pengukuran langsung menggunakan GPS (*Global Positioning System*), sedangkan data sekunder yaitu berupa peta google earth kabupaten Jember dan hasil pengujian Sondir atau CPT (*Cone Penetration Test*) di beberapa titik di wilayah Universitas Jember yang di kumpulkan dari Laboratorium Geoteknik, Fakultas Teknik Universitas Jember dan bagian Perencanaan Universitas Jember.

Selanjutnya data yang diperoleh di identifikasi dan di analisis agar menghasilkan data yang valid. Perhitungan daya dukung fondasi *footplate* ukuran 1,6 m x 1,6 m dan 2,0 m x 2,0 m kedalaman masing - masing 2 meter dapat dihitung menggunakan metode Schmertmann (1978). Selanjutnya pembuatan peta dasar seperti peta batas administrasi dan peta jalan. Hasil perhitungan daya dukung serta

koordinat pengujian sondir digunakan sebagai parameter input pada *software ArcGIS*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Wilayah Penelitian

Universitas Jember terletak di Jl. Kalimantan No. 37. Krajan Timur, Sumbersari, Kabupaten Jember.



Gambar 4. Lokasi Penelitian

4.2 Jenis tanah, q_c , dan q_{ult}

Berdasarkan hasil pengujian Sondir atau CPT, karakteristik tanah setiap lapisan dapat diidentifikasi dengan cara mengkorelasikan nilai tahanan konus (q_c) dengan nilai rasio friksi (rf). Serta menggunakan pendekatan yang dikembangkan oleh Schmertmann (1978).

Rekapitulasi jenis tanah, q_c , dan q_{ult} pada kedalaman 2 meter setiap titik dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Rekapitulasi Jenis Tanah, q_c , dan q_{ult}

No	Lokasi	Jenis Tanah	q_c (kg/cm ²)	q_{ult} (kg/cm ²)
1	FEB 1	Pasir	134,4	28,821
		Pasir	144	30,464
		Pasir	249,6	44,780
2	FKIP	Pasir	134,4	28,821
		Pasir	192	37,899
3	FH	Lempung	13	9,420
		Lempung	11	8,740
4	FKM	Lempung	160	59,400
5	Natural medicine	Pasir	85	19,627
		Pasir	150	31,466
		Pasir	120	26,265

No	Lokasi	Jenis Tanah	q _c (kg/cm ²)	q _{ult} (kg/cm ²)
6	<i>Engineering biotechnology</i>	Pasir	150	31,466
		Pasir	150	31,466
		Pasir	112	24,800
7	<i>Laboratory for health science</i>	Pasir	135	28,925
		Pasir	150	31,466
8	<i>Science policy</i>	Pasir	150	31,466
		Pasir	83	19,231
		Lempung	75	30,500
9	<i>Natural science</i>	Pasir	112	24,800
		Pasir	68	16,197
		Pasir	70	16,607
10	Auditorium	Pasir	150	31,466
		Pasir	85	19,627
11	FAPERTA	Pasir	77	18,029
		Lempung	15,36	10,222
12	FEB 2	Pasir	124,8	27,129
		Pasir	220,8	41,656
13	FIB	Pasir	201,6	39,215
		Pasir	249,6	44,780
		Pasir	163,2	33,600
14	FISIP	Pasir	153,6	32,058
		Lempung	5	6,700
15	FK	Lempung	5	6,700
		Pasir	220,8	41,656
16	FKG	Pasir	96	21,777
		Lempung	43,2	19,688
		Lempung	70	28,800
17	FMIPA	Lempung	60	25,400
		Pasir	140	29,785
18	<i>Agroteknopark</i>	Pasir	57,6	14,034
		Pasir	249,6	44,780
		Pasir	96	21,777
19	Masjid Unej	Lempung	25	13,500
		Lempung	35	16,900
20	Gd. KWU	Pasir	80	18,632
		Pasir	115	25,354
21	FASILKOM	Pasir	95	21,584
		Lempung	10	8,400

No	Lokasi	Jenis Tanah	q _c (kg/cm ²)	q _{ult} (kg/cm ²)
		Pasir	124,8	27,129

4.3 Daya dukung izin fondasi *footplate*

Perhitungan daya dukung izin fondasi *footplate* dapat dihitung dengan rumus 3.

Rekapitulasi daya dukung izin fondasi *footplate* ukuran 1,6 m x 1,6 m dan ukuran 2,0 m x 2,0 m dapat dilihat pada **Tabel 2**.

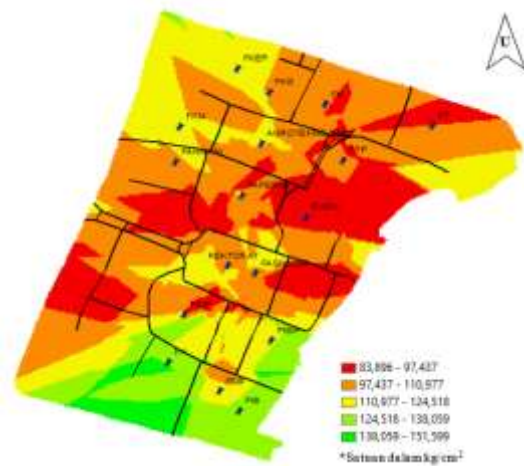
Tabel 2. Rekapitulasi daya dukung izin fondasi *footplate*

No.	Lokasi	Ukuran (m)	
		1,6 x 1,6	2,0 x 2,0
		Q _{all} (ton)	Q _{all} (ton)
1	FEB 1	245,937	384,276
		259,960	406,187
		382,121	597,063
2	FKIP	245,937	384,276
		323,402	505,316
3	FH	80,384	125,600
		74,581	116,533
4	FKM	506,880	792,000
		167,487	261,698
5	<i>Natural medicine</i>	268,509	419,546
		224,132	350,206
		268,509	419,546
6	<i>Engineering biotechnology</i>	268,509	419,546
		211,631	330,673
		246,825	385,664
7	<i>Laboratory for health science</i>	268,509	419,546
		268,509	419,546
		268,509	419,546
8	<i>Science policy</i>	268,509	419,546
		164,100	256,407
		260,267	406,667
9	<i>Natural science</i>	211,631	330,673
		138,210	215,954
		141,712	221,425
10	Auditorium	268,509	419,546
		167,487	261,698
		153,848	240,388

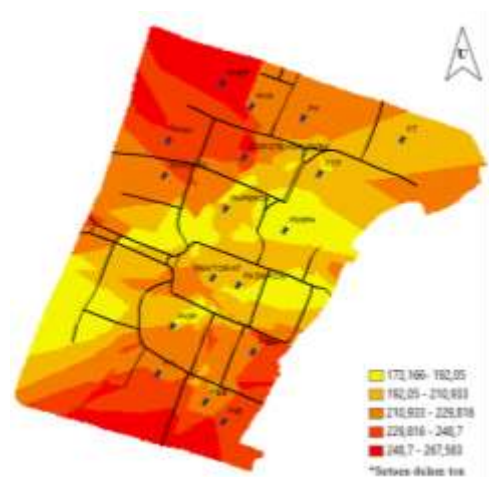
No.	Lokasi	Ukuran (m)	
		1,6 x 1,6	2,0 x 2,0
		Q _{all} (ton)	Q _{all} (ton)
11	FAPERTA	87,231	136,299
		231,501	361,720
12	FEB 2	355,469	555,420
		334,636	522,868
13	FIB	382,121	597,063
		286,717	447,996
14	FISIP	273,558	427,434
		57,173	89,333
15	FK	57,173	89,333
		355,469	555,420
16	FKG	185,828	290,356
		168,004	262,507
17	FMIPA	245,760	384,000
		216,747	338,667
18	Agroteknopark	254,168	397,137
		119,759	187,123
19	Masjid Unej	382,121	597,063
		185,828	290,356
20	Gd. KWU	115,200	180,000
		144,213	225,333
21	FASILKOM	158,992	248,425
		216,350	338,047
		184,180	287,782
		71,680	112,000
		373,907	584,229
		231,501	361,720

4.4 Peta sebaran daya dukung fondasi

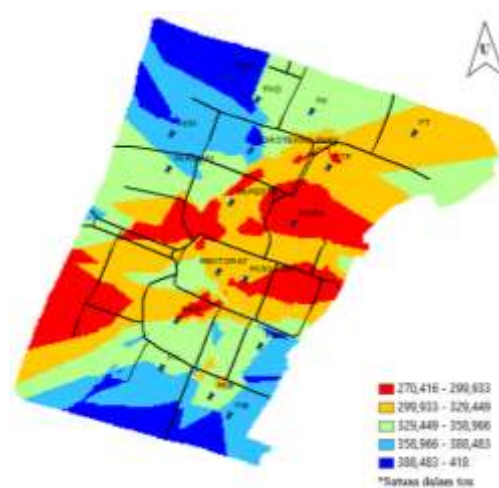
Pembuatan peta sebaran daya dukung fondasi footplate menggunakan program bantu *ArcGIS*. Koodinat pengujian sondir serta nilai daya dukung fondasi *footplate* digunakan sebagai parameter input pada program *ArcGIS*. Selanjutnya data dianalisis menggunakan metode *Kriging*. Peta sebaran daya dukung tanah seperti yang terlihat pada **Gambar 5**, **Gambar 6**, dan **Gambar 7**.



Gambar 5. Sebaran Daya Dukung Tanah (q_c)



Gambar 6. Peta Sebaran Daya Dukung *Footplate* Ukuran 1,6 m x 1,6 m



Gambar 7. Peta Sebaran Daya dukung *footplate* ukuran 2,0 m x 2,0 m

Berdasarkan hasil analisis kriging pada **Gambar 5** menunjukkan bahwa sebagian besar tanah di wilayah Universitas Jember berkonsistensi keras (*hard soil*) serta memiliki daya dukung sekitar $83,9 \text{ kg/cm}^2$ - $110,9 \text{ kg/cm}^2$. Daya dukung tanah maksimum berada di Fakultas Kesehatan Masyarakat dengan nilai 160 kg/cm^2 (*Hard soil*). Sedangkan daya dukung tanah minimum berada di Fakultas Ilmu Sosial dan Politik dengan nilai 5 kg/cm^2 (*Soft soil*). Beberapa lokasi lainnya yang memiliki konsentrasi *very stiff* adalah wilayah *Agrotechno Park* dengan nilai q_c 25 kg/cm^2 dan 35 kg/cm^2 , wilayah Fakultas Hukum memiliki konsentrasi tanah *stiff* dengan nilai q_c 13 kg/cm^2 dan 11 kg/cm^2 , wilayah Fakultas Ilmu Sosial dan Politik dan Gedung Kewirausahaan memiliki konsentrasi tanah *medium stiff* dengan nilai q_c $5 - 10 \text{ kg/cm}^2$.

Selain itu dari **Gambar 6** dan **Gambar 7** dapat diketahui bahwa sebagian besar wilayah Universitas Jember memiliki daya dukung fondasi *footplate* ukuran $1,6 \text{ m} \times 1,6 \text{ m}$ dan $2,0 \times 2,0 \text{ m}$ dengan kedalaman masing-masing 2 m sebesar $173,166 - 210,933 \text{ ton}$ dan $270,416 - 329,449 \text{ ton}$. Wilayah bagian Utara (FKEP, FKM, FKG, dan FK) dan bagian Selatan (FIB, FEB, FH, dan FISIP) memiliki daya dukung fondasi *footplate* $210,933 - 267,583 \text{ ton}$ dan $329,449 - 418 \text{ ton}$. Sedangkan wilayah bagian timur (FMIPA dan FASILKOM) dan wilayah bagian barat (FARMASI, Gedung Sutarjo, dan Lapangan Universitas Jember) memiliki daya dukung fondasi *footplate* $173,166 - 229,816 \text{ ton}$ dan $270,416 - 358,966 \text{ ton}$.

4.5 Hasil analisis ArcGIS dan CPT

Hasil analisis peta sebaran daya dukung fondasi *footplate* selanjutnya digunakan sebagai pembandingan dengan pengujian Sondir di lapangan. Pengujian sondir dilakukan di lapangan parkir FMIPA Universitas Jember. Jumlah pengujian sondir sebanyak 2 titik. Diagram perbandingan hasil Analisis ArcGIS dengan Sondir Lapangan dapat dilihat pada **Gambar 8** dan **Gambar 9**.



Gambar 8. Diagram Perbandingan Analisis ArcGIS Dengan Sondir Lapangan Untuk *Footplate* Ukuran $1,6 \text{ m} \times 1,6 \text{ m}$



Gambar 9. Diagram Perbandingan Analisis ArcGIS Dengan Sondir Lapangan Untuk *Footplate* Ukuran $2,0 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$

Berdasarkan **Gambar 8** diatas menunjukkan bahwa daya dukung fondasi *footplate* ukuran $1,6 \text{ m} \times 1,6 \text{ m}$ pada titik sondir 1 yaitu sebesar $207,330 \text{ ton}$ untuk hasil analisis ArcGIS dan $273,558 \text{ ton}$ untuk hasil pengujian sondir lapangan. Sedangkan pada titik sondir 2 yaitu sebesar $198,910 \text{ ton}$ untuk hasil analisis ArcGIS dan $259,960 \text{ ton}$ untuk hasil pengujian sondir lapangan.

Sedangkan berdasarkan **Gambar 9** diatas menunjukkan bahwa daya dukung fondasi *footplate* ukuran $2,0 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$ pada titik sondir 1 yaitu sebesar $323,830 \text{ ton}$ untuk hasil analisis ArcGIS dan $427,434 \text{ ton}$ untuk hasil pengujian sondir lapangan. Sedangkan pada titik sondir 2 yaitu sebesar $310,666 \text{ ton}$ untuk hasil analisis ArcGIS dan $406,187 \text{ ton}$ untuk hasil pengujian sondir lapangan.

Hasil perbandingan analisis *ArcGIS* dan Sondir lapangan untuk semua dimensi *footplate* memiliki rasio 0,758 untuk titik sondir 1 dan 0,765 untuk titik sondir 2.

5. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil analisis kriging menunjukkan bahwa sebagian besar tanah di wilayah Universitas Jember berkonsistensi keras (*hard soil*) serta memiliki daya dukung sekitar $83,9 \text{ kg/cm}^2$ - $110,9 \text{ kg/cm}^2$. Beberapa lokasi lainnya yang memiliki konsentrasi *very stiff* adalah wilayah Agrotechno Park dengan nilai q_c 25 kg/cm^2 dan 35 kg/cm^2 , wilayah Fakultas Hukum memiliki konsentrasi tanah *stiff* dengan nilai q_c 13 kg/cm^2 dan 11 kg/cm^2 , wilayah Fakultas Ilmu Sosial dan Politik dan Gedung Kewirausahaan memiliki konsentrasi tanah *medium stiff* dengan nilai q_c $5 - 10 \text{ kg/cm}^2$.
2. Sebagian besar wilayah Universitas Jember memiliki daya dukung *footplate* ukuran $1,6 \text{ m} \times 1,6 \text{ m}$ dengan kedalaman 2 m sekitar $173,166 - 210,933 \text{ ton}$. Sedangkan untuk fondasi *footplate* ukuran $2,0 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$ dengan kedalaman 2 m sekitar $270,416 - 329,449 \text{ ton}$.
3. Hasil analisis *ArcGIS* menunjukkan hasil yang relatif lebih kecil daripada hasil pengujian sondir lapangan. Kecenderungan tersebut disebabkan oleh kondisi lahan yang difungsikan sebagai lahan parkir mobil, memungkinkan tanah mengalami pemampatan sehingga menyebabkan tanah lebih padat dan keras. Selain itu lokasi pengujian yang relatif berjauhan dengan titik referensi juga berpengaruh terhadap hasil analisis *ArcGIS*. Hasil perbandingan analisis *ArcGIS* dan Sondir lapangan memiliki rasio 0,758 untuk titik sondir 1 dan

0,765 untuk titik sondir 2.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bernanton, Analisis parameter daya dukung tanah berdasarkan Korelasi nilai standardpenetration test (SPT) dan Cone penetration test (CPT), 3, 2017, 15
- [2] Yado, R, Penerapan Metode Ordinary Kriging pada Pendugaan Kriminalitas di Kota Pekanbaru Riau, 3, 2019, 15.
- [3] Wahyudi, Herman, Daya dukung pondasi dangkal, (E-book), ITSPress, Surabaya, 2014.
- [4] Martini, Analisis Daya Dukung Tanah Pondasi Dangkal Dengan Beberapa Metode, Majalah Ilmiah Mektek Tahun XI No. 2, Mei 2009
- [5] Lulie, Y., Suryadharma, Y.H., Kapasitas Fondasi tiang dari metode langsung Cone Penetrometer Test, Laporan penelitian, Program studi teknik sipil, Fakultas teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2007.
- [6] Hardiyatmo, H. C, Analisis dan Perancangan Fondasi Bagian I, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2010.
- [7] Rahardjo, P. P., Penyelidikan Geoteknik dengan Uji In-situ, GEC UK Parahyangan, Bandung.2008.
- [8] Brouwer J.J. Guide To Cone Penetration Test, 2002.
- [9] Permanasari, Intan, Aplikasi SIG Untuk Penyusunan Basisdata Jaringan Jalan Di Kota Magelang. Tugas Akhir Program Survey dan Pemetaan Wilayah Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Semarang. 2007.
- [10] Rahardjo, P. P., Penyelidikan Geoteknik dengan Uji In-situ, GEC UK Parahyangan, Bandung.2008.
- [11] Budhiprameswari, T.D. Estimasi kandungan cbm tertinggi dengan metode Ordinary krigingdi daerah mangunjaya dan Sekitarnya