

PERHITUNGAN KAPASITAS DUKUNG FONDASI TIANG TUNGGAL MENGGUNAKAN METODE *CLUSTERING* DATA SONDIR

R.Harya Dananjaya H I¹⁾; Noegroho Djarwanti²⁾; R.A. Dinasti Purnomo P S³⁾

1),2) Dosen Pembimbing Skripsi

3) Mahasiswa Teknik Sipil Reguler 2012

Jalan Ir. Sutami Nomor 36A Ketingan Surakarta 57126

Telepon (0271) 647069 Psw. 120,121, 08112633314 , Fax. (0271) 634524

Email : dinasti@student.uns.ac.id

Abstract

A building construction has been modified from horizontal to vertical building concept. A deep foundation such as pile foundation is needed, which can support and continue the great forces of vertical building to the hard layer of soil. The ability of the foundation to support forces called ultimate bearing capacity. Ultimate bearing capacity obtained from the result of sondir investigation. The more foundation needed, the more sondir data required. Sondir data that obtained can be used to predict the type of soil and the bearing capacity of single pile foundation around the area of the data available.

Prediction of soil from an existing sondir data uses the method of clustering. Clustering method categorizes type of land based on value resistance end of konus (q_c) sondir. Plotting q_c value into QGIS to do clustering q_c that obtained the cluster of soil types in Banjarsari and Laweyan. Prediction capacity of a single pile foundation support (Q_u) on the inner pillars based on data sondir used confidence interval. Confidence intervals predicts the Q_u and an unknown depth with an accuracy from 60% to 95%. The value of Q_u any depth (z) are calculated with a degree of confidence then connected using a graph based on the cluster. The graph of the relationship of Q_u with depth can be used to find out the value of a single pile foundations support capacity and depth of pillars on each cluster of soil types.

The analysis results of the QGIS subdistrict Banjarsari and Laweyan cluster has two types of soil silt and soil clays. The great accuracy level, result a small bearing capacity of single pile foundation. The difference of Q_u are small at the depth of less than eight meters between the accuracy level 60 %, 80% and 95%. At the depth of more than eight meters, the difference of Q_u are bigger. The difference between the great accuracy level caused by the average amount of data in each depth and a big standard deviation. The result of this case study by comparing the confidence interval method with the conventional method Meyerhof shows that the method could be used as a recommendation to predict a single pile foundation's bearing capacity (Q_u).

Keywords: single concrete slab foundations, clustering, sondir, QGIS

Abstrak

Pembangunan mengalami perubahan konsep dari bangunan horizontal ke bangunan vertikal yang menjulang tinggi keatas. Diperlukan fondasi dalam seperti fondasi tiang pancang yang dapat memikul dan meneruskan besar beban bangunan vertikal kelapisan tanah keras. Kemampuan fondasi dalam memikul berat disebut kapasitas dukung ultimit. Kapasitas dukung ultimit diperoleh dari hasil penyelidikan sondir. Data sondir yang dibutuhkan semakin banyak sesuai kebutuhan fondasi yang banyak. Data sondir yang ada dapat digunakan untuk memprediksi jenis tanah dan kapasitas dukung fondasi tiang pancang tunggal disekitar wilayah data yang ada.

Prediksi tanah dari data sondir yang ada menggunakan metode *clustering*. Metode *clustering* mengelompokkan jenis tanah berdasarkan nilai tahanan ujung konus (q_c) sondir. Nilai q_c diplotkan kedalam QGIS untuk dilakukan *clustering* q_c sehingga diperoleh *cluster* jenis tanah di Kecamatan Banjarsari dan Laweyan. Prediksi kapasitas dukung fondasi tiang tunggal (Q_u) pada kedalaman tiang berdasarkan data sondir digunakan *confidence interval*. *Confidence interval* memprediksi nilai Q_u dan kedalaman yang belum diketahui nilainya dengan tingkat kepercayaan 60%-95%. Nilai Q_u setiap kedalaman (z) yang dihitung dengan tingkat kepercayaan kemudian dihubungkan menggunakan grafik berdasarkan *cluster*. Grafik hubungan Q_u dengan kedalaman dapat digunakan untuk mengetahui nilai kapasitas dukung fondasi tiang tunggal dan kedalaman tiang pada setiap *cluster* jenis tanah.

Hasil analisis QGIS Kecamatan Banjarsari dan Laweyan memiliki dua *cluster* jenis tanah yaitu tanah lempung kaku dan tanah lempung sangat kaku. Tingkat kepercayaan semakin besar, menghasilkan nilai kapasitas dukung fondasi tiang pancang tunggal (Q_u) semakin kecil. Selisih nilai Q_u kecil pada kedalaman kurang dari delapan meter antara tingkat kepercayaan 60%, 80% dan 95%. Selisih antar tingkat kepercayaan yang besar disebabkan rata-rata, jumlah data setiap kedalaman dan nilai standar deviasi yang besar. Hasil studi kasus membandingkan metode *clustering* dengan metode konvensional Meyerhof menunjukkan bahwa metode dapat digunakan sebagai rekomendasi dalam memprediksi kapasitas dukung fondasi tiang pancang tunggal (Q_u).

Kata Kunci :fondasi tiang pancang tunggal, *clustering*, sondir, QGIS

PENDAHULUAN

Bangunan vertikal sekarang menjadi pilihan terbaik dalam memenuhi kebutuhan pembangunan. Setiap bangunan yang ada bertumpu pada fondasi, begitu pun bangunan vertikal diperlukan fondasi yang kuat untuk memikul beban bangunan yang besar. Perencanaan fondasi dilakukan untuk memperhitungkan besar kapasitas dukung tanah dan beban yang bekerja pada fondasi.

Fondasi dalam merupakan jenis fondasi yang tepat untuk digunakan dalam konsep bangunan vertikal. Kemampuan fondasi untuk memikul beban biasa disebut kapasitas dukung ultimit (Q_u). Nilai Q_u ditentukan dari besarnya tahanan ujung (Q_b) dan tahanan friksi (Q_s). Tahanan friksi (Q_s) adalah kapasitas lekat tiang dengan tanah. Nilai Q_u ini dapat diperoleh dari data lapangan atau data laboratorium yang telah diolah menggunakan persamaan-persamaan yang ada. Data tanah yang digunakan pada penelitian berupa hasil uji *Cone Penetration Test (CPT)* atau biasa disebut uji sondir.

Hasil pengujian tanah berupa sondir yang ada dapat digunakan untuk desain awal penyelidikan tanah untuk memprediksi jenis tanah dan kapasitas dukung ultimit tiang pancang tunggal di wilayah sekitar sehingga tidak memerlukan banyak pengujian tanah. Data sondir yang ada dianalisis menggunakan metode *clustering* untuk memprediksi jenis tanah dan menghitung kapasitas dukung ultimit tiang pancang tunggal. Metode *clustering* mengelompokkan nilai yang mirip pada rentang tertentu sesuai klasifikasi tertentu. *Clustering* dilakukan dengan *software Quantum Geographic Information System* untuk memperoleh *cluster* jenis tanah berbentuk peta wilayah pada daerah penelitian. Untuk memperkirakan nilai kapasitas dukung fondasi tiang pancang tunggal dan kedalaman yang belum diketahui digunakan ilmu statistik *confidence interval* berdasarkan tingkat kepercayaan.

TUJUAN

Tujuan penelitian ini untuk memperoleh nilai kapasitas dukung fondasi tiang tunggal dengan menggunakan *clustering* data sondir sehingga metode *clustering* dapat digunakan untuk memprediksi nilai kapasitas dukung ultimit tiang pancang tunggal pada kedalaman tertentu.

METODE

Clustering

Clustering merupakan suatu metode menganalisa data untuk mengelompokkan data dengan karakteristik yang sama ke wilayah yang sama dan data dengan karakteristik berbeda ke wilayah lain. Penelitian menggunakan *clustering* dengan pendekatan partisi untuk mengelompokkan data. Data yang dikelompokkan berupa rata-rata nilai tahanan ujung kerucut (q_c) untuk dianalisis ke dalam *cluster-cluster*.

Tabel 1 Hubungan N dan q_c dengan konsistensi untuk tanah lempung (Terzaghi and Peck, 1948)

Konsistensi	N SPT	q_c (kg/cm ²)
Sangat lunak	0 - 2	0 - 8
Lunak	2 - 4	8 - 16
Sedang	4 - 8	16 - 32
Kaku	8 - 15	32 - 60
Sangat kaku	15 - 30	60 - 120
Keras	>30	>120

Menurut Hardiyatmo (2010) nilai N SPT dikonversikan ke nilai tahanan ujung kerucut (q_c) yang ditunjukkan pada persamaan 1.

$$q_c = 4 N \quad (1)$$

dengan:

q_c = Tahanan ujung konus (kg/cm²)

N = Angka penetrasi *standar penetration test* (SPT)

Kapasitas dukung ultimit didefinisikan sebagai beban maksimum per satuan luas, dimana tanah masih dapat mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan. Perhitungan kapasitas dukung fondasi tiang tunggal (Q_{ult}) menurut Metode Meyerhof (1976):

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s \quad (2)$$

dengan:

Q_{ult} = Kapasitas dukung tiang pancang tunggal (kg)

Q_b = Tahanan ujung ultimit tiang (kg)

Q_s = Tahanan gesek dinding tiang (kg)

$$Q_b = A_b q_c \quad (3)$$

dengan:

Q_b = Tahanan ujung ultimit tiang (kg)

A_b = Luas penampang tiang (cm²)

q_c = Tahanan ujung sondir (kg/cm²)

nilai q_c diperoleh dari q_c rata-rata yang dihitung dari $8d$ diatas dasar tiang sampai $4d$ dibawah dasar tiang.

Tahanan gesek dinding tiang dinyatakan oleh persamaan 4:

$$Q_s = A_s f_s \quad (4)$$

dengan:

Q_s = Tahanan gesek dinding tiang (kg)

A_s = Luas selimut tiang (cm²)

f_s = Tahanan gesek dinding satuan (kg/cm²)

Tahanan gesek satuan antara dinding dan tanah (f_s) secara empiris untuk tiang pancang beton dan kayu oleh Meyerhof (1956),

$$f_s \cong \frac{q_c}{200} \quad (5)$$

dengan:

f_s = Tahanan gesek dinding tiang ultimit per satuan luas (kg/cm²)

q_c = Tahanan ujung sondir (kg/cm²)

Confidence Interval

Confidence Interval atau interval kepercayaan merupakan suatu interval antara dua angka, dimana nilai parameter suatu populasi yang belum diketahui dipercaya terletak diantara interval tersebut. Idealnya selang dianggap terbaik dan mempunyai tingkat kepercayaan paling tinggi dalam mengestimasi suatu parameter adalah interval yang paling pendek dengan derajat kepercayaan tinggi.

Interval kepercayaan memiliki derajat kepercayaan yang ditulis dengan α . Derajat kepercayaan adalah besarnya kesalahan hasil dugaan yang dapat diterima atau ditolerir, dimana $0 < \alpha < 1$. Besarnya nilai α bergantung pada keberanian pembuat keputusan dalam hal ini peneliti. Besarnya kesalahan disebut sebagai daerah kritis pengujian atau daerah penolakan.

Pada penelitian digunakan uji satu pihak yaitu pihak kiri untuk menguji dugaan sementara.

$$\bar{x} - z_{\alpha} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \quad (6)$$

dengan:

\bar{x} = Rata-rata sampel

α = Derajat kepercayaan (batas toleransi kesalahan)

$z_{\frac{\alpha}{2}}$ = Angka baku (berasaldari tabel distribusi normal kritis)

σ = Standar deviasi sampel

n = Banyaknya sampel

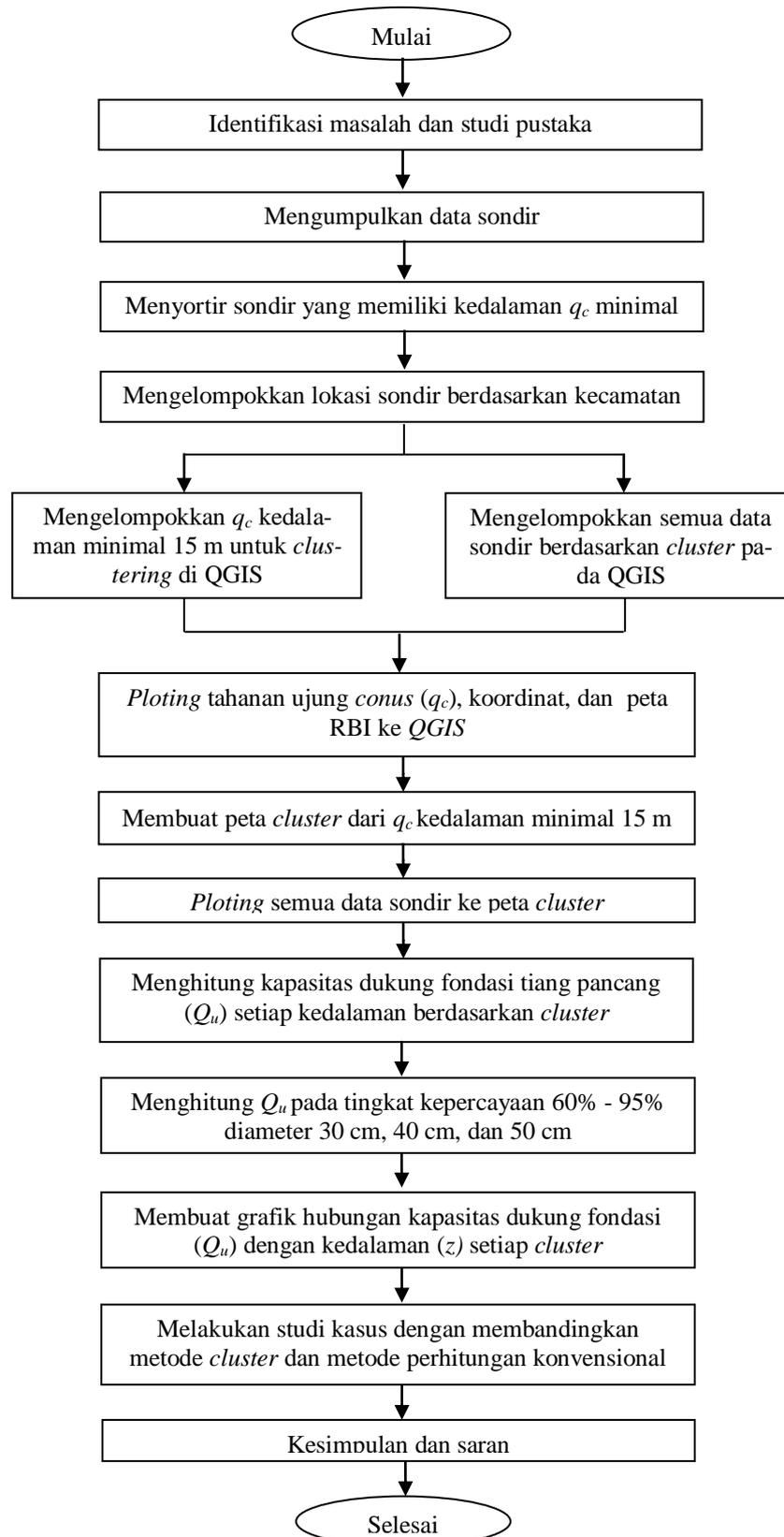
Quantum Geographic Information Sytem (QGIS)

Suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumber kapasitas manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk menangkap, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisis, dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis. Pemetaan sistem informasi geografis sudah berkembang di berbagai bidang, seperti pemetaan kadaster, pemetaan jaklanraya, perencanaan kota dan wilayah, pemilihan rute jalan raya, jalur pipa, dan jalur transmisi, bidang teknik sipil, kesehatan serta proses kartografi. Informasi spasial memakai lokasi, dalam suatu sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya. QGIS memiliki kemampuan untuk menghubungkan data, menggabungkan, menganalisis dan memetakan. Aplikasi QGIS dapat digunakan untuk menjawab pertanyaan lokasi, kondisi, pola, serta pemodelan. Selain itu, QGIS memiliki ukuran file kecil dan memerlukan RAM kecil sehingga dapat digunakan di berbagai jenis komputer. Penggunaan QGIS pada penelitian ini untuk memudahkan pemetaan

clustering kapasitas dukung fondasi tiang tunggal. Fungsi ini menginterpolasi sebuah garis yang menghubungkan lokasi-lokasi dengan besaran yang sama.

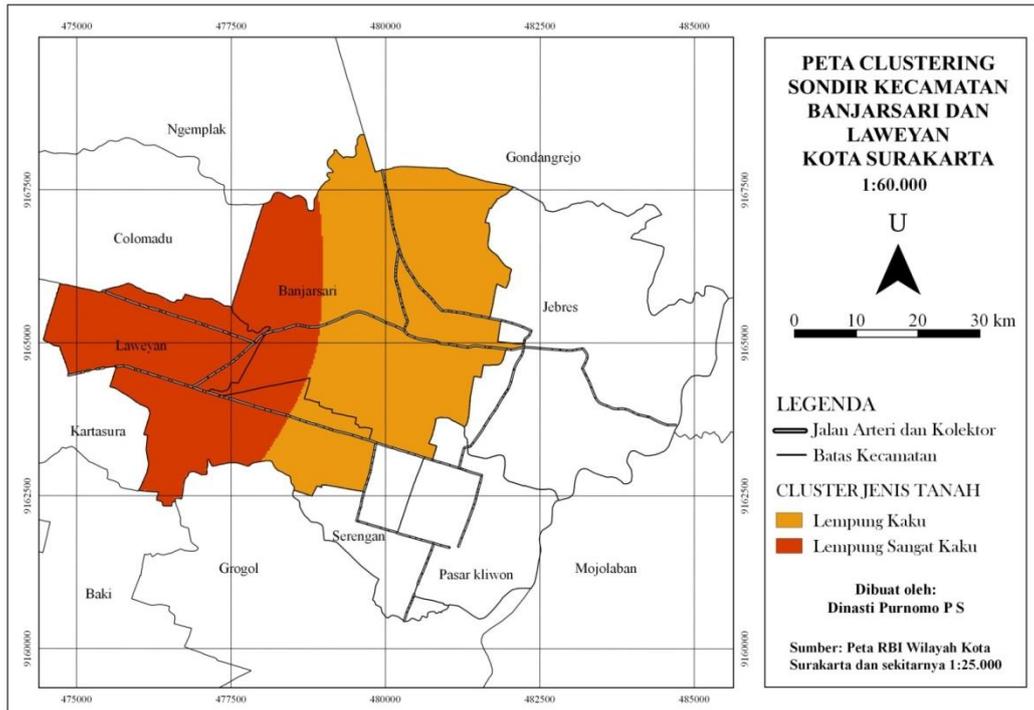
Alur Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan dari penelitian, seperti berikut:



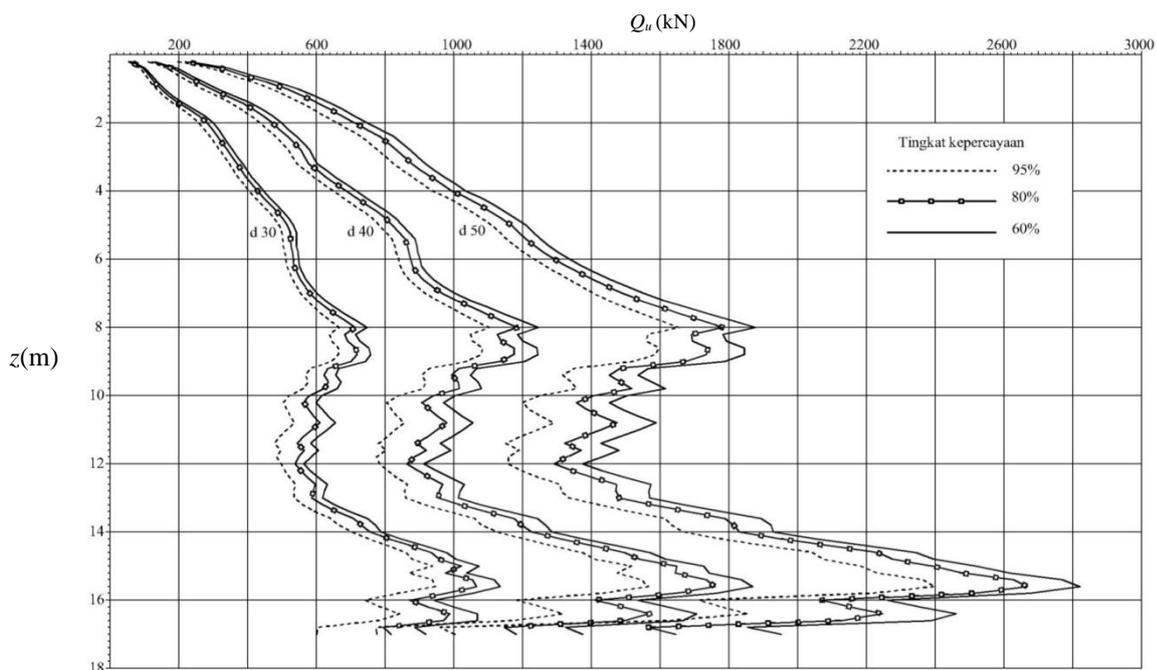
Gambar 1 Tahapan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

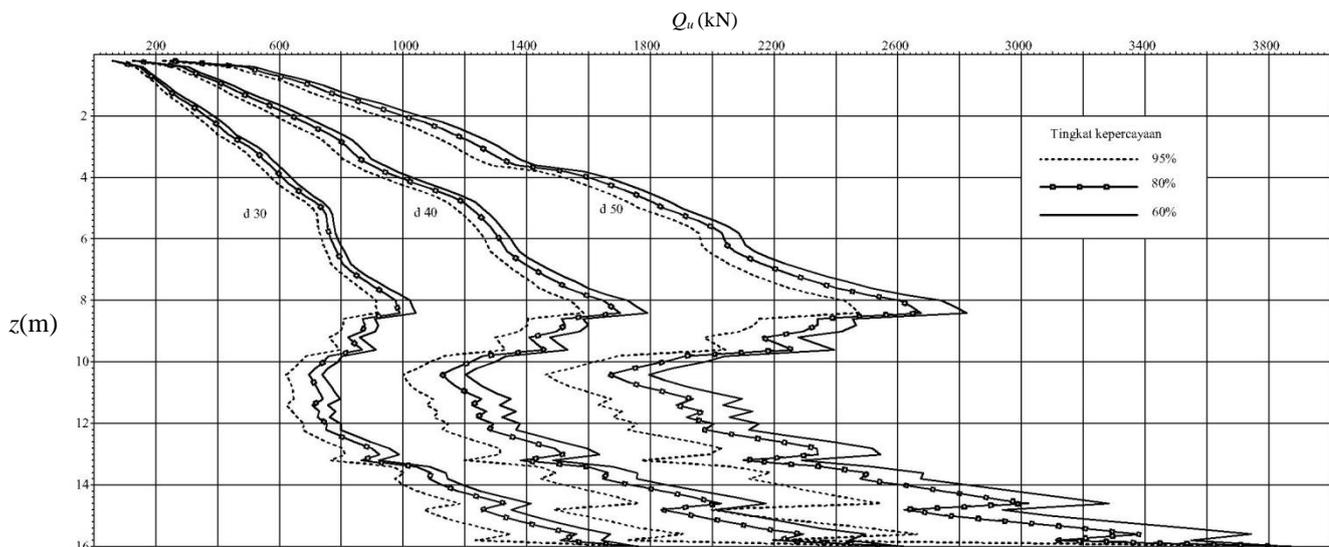


Gambar 2 Peta *Clustering* Data Sondir Kecamatan Banjarsari dan Laweyan

Hasil interpolasi rata-rata q_c dan *input* data-data spasial administrasi serta jalan arteri kolektor yang dibuat sedemikian rupa hingga menjadi sebuah peta *cluster* jenis tanah Kecamatan Banjarsari dan Laweyan. Peta di atas menunjukkan wilayah dengan warna coklat muda memiliki jenis tanah lempung kaku karena nilai rata-rata q_c berada diantara 32 - 60 kg/cm². Wilayah dengan warna coklat tua merupakan wilayah jenis tanah lempung sangat kaku karena nilai rata-rata q_c berada diantara 60 - 120 kg/cm². Wilayah yang berwarna putih polos dengan batas garis hitam merupakan batas administrasi kecamatan lain. Data sondir seluruhnya berjumlah 70 titik tersebar di Kecamatan Banjarsari dan Laweyan, terdapat 37 titik sondir berada pada *cluster* lempung kaku dan 33 titik pada *cluster* lempung sangat kaku. Titik sondir yang berada setiap *cluster* tersebut kemudian dianalisis dan dibuat grafik hubungan kapasitas dukung fondasi tiang pancang dengan kedalaman.



Gambar 3 Grafik hubungan kapasitas dukung ultimit tiang (Q_u) dengan kedalaman (z) pada *cluster* lempung kaku



Gambar 4 Grafik hubungan kapasitas dukung ultimit tiang (Q_u) dengan kedalaman (z) pada *cluster* lempung sangat kaku

Studi kasus Kecamatan Banjarsari

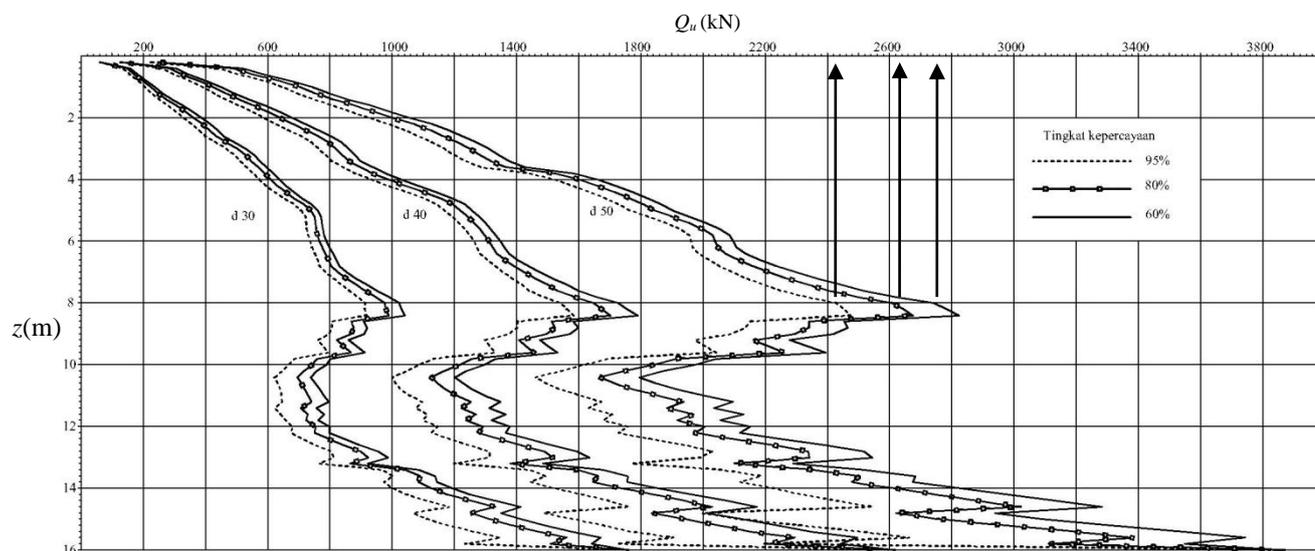
Data sampel yang berlokasi di Kecamatan Banjarsari dengan asumsi diameter tiang pancang tunggal 30 cm dan panjang tiang 8 m untuk mencari nilai daya dukung fondasi tiang tunggal titik tersebut.

Analisis metode Meyerhof konvensional dilakukan dengan mencari tahanan ultimit tiang (Q_b). Data sekunder sondir dihitung nilai tahanan ujung (q_c) rata-rata 8D diatas ujung tiang sampai 4D dibawah ujung tiang diperoleh nilai 111,85 kg/cm². Luas penampang fondasi (Ab) diperoleh nilai Ab diperoleh nilai 1963,50 cm². Nilai q_c rata-rata dan Ab digunakan untuk menghitung tahanan ultimit tiang (Q_b) diperoleh nilai Q_b menggunakan persamaan 3 diperoleh nilai 219607,61 kg. Tahanan gesek dinding tiang (Q_s) dihitung nilai tahanan gesek dinding tiang ultimit per satuan luas (f_s) menggunakan persamaan 4 diperoleh nilai 0,41 kg/cm², kemudian menghitung luas selimut tiang (A_s) dan diperoleh nilai 12663,71 cm². Nilai f_s dan A_s digunakan untuk mendapatkan nilai tahanan gesek dinding tiang (Q_s) menggunakan Persamaan 4 diperoleh nilai 51836,28 kg. Nilai Q_s dan Q_b digunakan untuk menghitung kapasitas ukung ultimit tiang pancang tunggal (Q_u) berdasarkan persamaan 2 diperoleh nilai Q_u sebesar 271443,89 kg atau 2661,96 kN.

Tabel 2 Rekapitulasi hasil studi kasus

Titik	Cluster	Q_u (kN) Konvensional	Q_u (kN) Clustering		
			60%	80%	95%
1 (Banjarsari)	Lempung Sangat kaku	2661,96	2700	2620	2420
2 (Banjarsari)	Lempung Sangat kaku	2590,30	2700	2620	2420
3 (Laweyan)	Lempung Kaku	1712,29	1880	1785	1660

Hasil Q_u perhitungan konvensional pada studi kasus Titik 1 lebih besar dari hasil *clustering* pada tingkat kepercayaan 80% (kesalahan 20%) dan 95% (kesalahan 5%), dan hasil perhitungan konvensional lebih kecil dari hasil *clustering* pada tingkat kepercayaan 60% (kesalahan 40%). Titik 2 dan Titik 3 hasil perhitungan konvensional lebih kecil dari hasil *clustering* pada tingkat kepercayaan 60% dan 80%, sedangkan hasil perhitungan konvensional lebih besar dari hasil *clustering* pada tingkat kepercayaan 95%.



Gambar 5 Grafik *cluster* lempung sangat kaku untuk studi kasus

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan untuk mendapat nilai kapasitas daya dukung fondasi tiang tunggal diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kecamatan Banjarsari dan Laweyan dominan memiliki jenis tanah lempung kaku dan tanah lempung sangat kaku.
2. Tingkat kepercayaan semakin besar menghasilkan kapasitas dukung fondasi tiang pancang tunggal (Q_u) semakin kecil. Jika diambil diameter 30 cm kedalaman 8 m *cluster* lempung sangat kaku, maka hasil pembacaan grafik menunjukkan nilai Q_u tingkat kepercayaan 60% = 2700 kN, 80% = 2620 kN, dan 95% = 2420 kN.
3. Selisih nilai Q_u kecil pada kedalaman kurang dari delapan meter antara tingkat kepercayaan 60%, 80% dan 95%, jika diambil diameter 30 cm kedalaman 4 m *cluster* lempung sangat kaku, selisih nilai Q_u 95% sampai 60% adalah 110 kN. Kedalaman lebih besar dari 8 m memiliki selisih perubahan nilai Q_u yang besar jika diambil 30 cm kedalaman 10 m *cluster* lempung sangat kaku, selisih nilai Q_u 95% sampai 60% adalah 123 kN. Selisih antar tingkat kepercayaan yang besar disebabkan rata-rata, jumlah data setiap kedalaman dan nilai standar deviasi yang besar.
4. Lapisan tanah yang semakin sangat kaku menghasilkan kapasitas dukung ultimit yang lebih besar. Hal ini ditunjukkan oleh nilai Q_u *cluster* lempung kaku lebih kecil daripada *cluster* lempung sangat kaku jika diambil diameter 50 cm dan kedalaman 10 m dengan tingkat kepercayaan 60% diperoleh nilai Q_u sebesar 1880 kN pada *cluster* lempung kaku dan nilai Q_u sebesar 2820 kN pada *cluster* lempung sangat kaku.
5. Hasil studi kasus membandingkan metode *clustering* dengan metode konvensional Meyerhof menunjukkan bahwa metode dapat digunakan sebagai rekomendasi dalam memprediksi kapasitas dukung fondasi tiang pancang tunggal (Q_u).

REKOMENDASI

Perlunya penelitian dengan metode statistik lain untuk mengatasi persebaran data yang tidak merata. Penelitian selanjutnya dapat mencoba menggunakan bantuan pemrograman komputer.

REFERENSI

- Alfredo H-S Ang, W. H, (1975), *Konsep-konsep Probabilitas dalam Perencanaan dan Perancangan Rekayasa Prinsip-prinsip Dasar Jilid 1*, Jakarta: Erlangga.
- Arganata, O. F, (2015), Korelasi Daya Dukung Pondasi Tiang Bor Dengan Metode Reese and O'Neill terhadap Metode Terzaghi and Peck Berdasarkan Hasil Uji SPT, *Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret*.
- Bowles, J. E, (1998), *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 2*, Jakarta: Erlangga.
- Bowles, J. E, (1997), *Analisa dan Desain Pondasi Jilid 1*, Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (1994), *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)*, Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (2006), *Principles Of Geotechnical Engineering*, US: The University of Texas.
- Gultom, E. B, (2010), Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Tunggal pada Proyek Pembangunan PLTU 2 Sumatera Utara 2x200 MW Pangkalan Susu-Sumatera Utara, *Jurusan Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara*.

- Hardiyatmo, H. C, (2010), *Mekanika Tanah 1*, Fakultas Teknik Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C, (2010), *Mekanika Tanah 2*, Fakultas Teknik Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C, (2008), *Teknik Pondasi 2*, Fakultas Teknik Gadjah Mada University Press.
- Maharani, G. (2015), Komparasi Nilai Daya Dukung Tiang Tunggal Pondasi Bor Menggunakan Data SPT, Hasil PDA Test, dan Hasil Loading Test pada Tanah Granuler, *Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret*.
- Maulana, M. A, (2005), Pemetaan Geoteknik Surakarta Berbasis CPT , *Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret*.
- Puspitasari, D, (2015), Analisis Pondasi Tiang Bor Menggunakan Metode Probabilitas, *Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Ridho, R. (2010), Uji Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang Kelompok Ujung Tertutup Pada Tiang Pasir Berlempung dengan Variasi Jumlah Tiang, *Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret*.
- Santosa, H. W, (2015), Korelasi Kapasitas Dukung Aksial Pondasi Tiang Menggunakan Persamaan Empiris dan Gaya Tekan Dongkrak Mesin Jack-in Pile, *Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret*.
- Sihotang, I. E, (2009), Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gedung Kanwil DJP dan Sumbagut I Jalan Suka Mulia Medan, *Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara*.
- Terenggana, A. A, (2014), Analisa Perhitungan Pile-Raft Foundation Pada Proyek The 18 Office Park Jakarta, *Jurusan Teknik Sipil, Universitas Srinwijaya*.
- Yanto, F. H, (2012), Sistem Informasi Geoteknik Berbasis Data CPT dengan Bantuan ArcGIS 9.2. *Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret*.