

**ANALISIS ZONASI TIPE PONDASI BERDASARKAN DATA
SONDIR DAN PEMODELAN SPASIAL MENGGUNAKAN QGIS
DI CITRALAND SAMPALI**

SKRIPSI

OLEH:

**PRISILLA VIKANANDA
228110009**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2026**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 3/8/26

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id) 3/8/26

ANALISIS ZONASI TIPE PONDASI BERDASARKAN DATA SONDIR DAN PEMODELAN SPASIAL MENGGUNAKAN QGIS DI CITRALAND SAMPALI

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh:

**PRISILLA VIKANANDA
228110009**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2026**

ii

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 3/8/26

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)3/8/26



HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 10 Maret 2026



Prisilla Vikananda
228110009

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

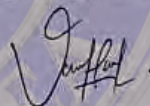
Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Prisilla Vikananda
NPM : 228110009
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Zonasi Tipe Pondasi Berdasarkan Data Sondir dan Pemodelan Spasial Menggunakan Qgis Di Citraland Sampali. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 10 Maret 2026
Yang menyatakan



(Prisilla Vikananda)

RIWAYAT HIDUP

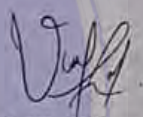
Penulis dilahirkan di Medan. Pada tanggal 15 Juli 2004 dari Ayah Irwan Syam dan Ibu Linawati. Penulis merupakan putri ke 3 dari 3 bersudara. Tahun 2022 Penulis lulus dari SMA Negeri 3 Medan dan pada tahun 2022 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Citraland Sampali.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Analisis Zonasi Tipe Pondasi Berdasarkan Data Sondir Dan Pemodelan Spasial Menggunakan Qgis Di Citraland Sampali. Terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Ir. Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan Ibu Ir. Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

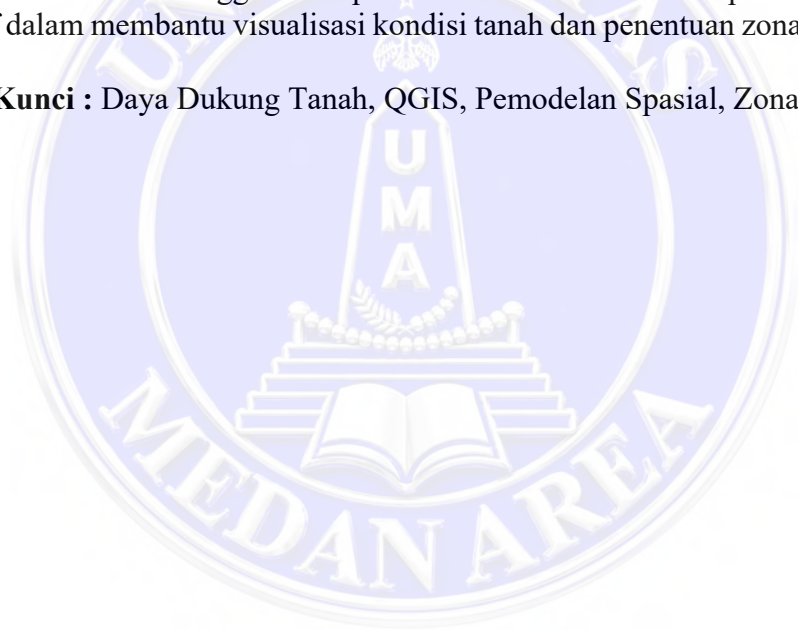
Penulis


(Prisilla Vikananda)

ABSTRAK

Analisis zonasi tipe pondasi memiliki peranan penting dalam bidang geoteknik untuk mendukung perencanaan struktur yang efektif dan andal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis zonasi tipe pondasi berdasarkan data uji sondir (Cone Penetration Test/CPT) yang diintegrasikan dengan pemodelan spasial menggunakan aplikasi QGIS. Data diperoleh dari 21 titik uji sondir yang diolah untuk mendapatkan nilai tahanan konus (qc) dan sebagai parameter utama dalam estimasi daya dukung tanah. Proses pemodelan spasial dilakukan dengan mengintegrasikan parameter geoteknik dan data elevasi ke dalam lingkungan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menghasilkan peta zonasi tipe pondasi secara kontinu. Selanjutnya dilakukan interpolasi menggunakan metode Inverse Distance Weighting (IDW) untuk menghasilkan peta sebaran kondisi tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah didominasi oleh tanah lunak hingga dengan daya dukung rendah, sedangkan lapisan tanah keras hanya muncul secara lokal dan berada pada kedalaman lebih dari 10 meter. Kondisi ini menunjukkan bahwa penggunaan pondasi dangkal kurang sesuai, sehingga secara teknis kawasan penelitian lebih direkomendasikan menggunakan pondasi dalam. Pemodelan spasial dengan QGIS efektif dalam membantu visualisasi kondisi tanah dan penentuan zonasi tipe pondasi.

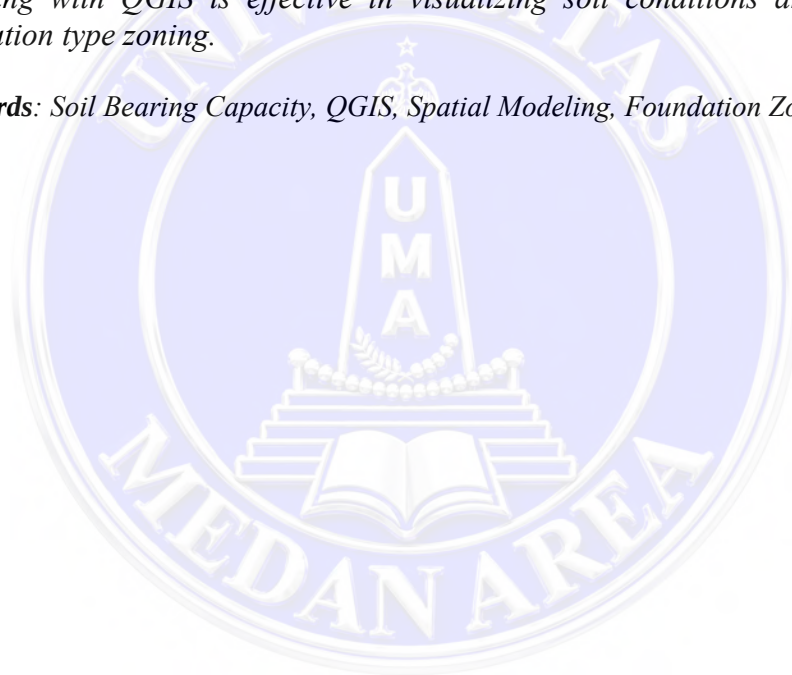
Kata Kunci : Daya Dukung Tanah, QGIS, Pemodelan Spasial, Zonasi Pondasi.



ABSTRACT

Foundation type zoning analysis plays a crucial role in geotechnical engineering, supporting effective and reliable structural planning. This study aims to analyze foundation type zoning based on Cone Penetration Test (CPT) data integrated with spatial modeling using QGIS. Data obtained from 21 CPT test points were processed to obtain cone resistance (q_c) values, which serve as the primary parameter in estimating soil bearing capacity. The spatial modeling process was carried out by integrating geotechnical parameters and elevation data into a Geographic Information System (GIS) environment to generate a continuous foundation type zoning map. Interpolation using the Inverse Distance Weighting (IDW) method was then performed to generate a soil condition distribution map. The results showed that most of the area was dominated by soft to low-bearing soil, while hard soil layers only occurred locally and were located at depths greater than 10 meters. This condition suggests that the use of shallow foundations is less appropriate, and therefore, technically, deep foundations are recommended for the study area. Spatial modeling with QGIS is effective in visualizing soil conditions and determining foundation type zoning.

Keywords: Soil Bearing Capacity, QGIS, Spatial Modeling, Foundation Zoning.



DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN COVER.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	Error! Bookmark not defined.
RIWAYAT HIDUP.....	iv
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Klasifikasi Tanah.....	8
2.2.1 Sistem Klasifikasi USCS.....	8
2.2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO.....	8
2.3 Penyelidikan Tanah	10
2.3.1 Uji Sondir	10
2.3.2 Uji Laboratorium	10
2.4 Daya Dukung Tanah.....	11
2.4.1 Metode Schmertmenn.....	12
2.5 Daya Dukung Pondasi	12
2.6 Tipe Pondasi	16
2.6.1 Pondasi Dangkal.....	17
2.6.2 Pondasi Dalam.....	18
2.6.3 Hubungan Data Sondir dengan Tipe Pondasi.....	19
2.7 Pemodelan Spasial Menggunakan QGIS.....	22
2.7.1 Dasar Teori	22
2.7.3 Prosedur Implementasi di QGIS.....	29
2.8 Data Sondir sebagai Dasar Analisis Geoteknik.....	32
2.9 Interpretasi Nilai qc dalam Penentuan Tipe Pondasi.....	34
2.10 Kriteria Penentuan Zonasi Tipe Pondasi Berbasis Data Sondir	36

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	39
3.1 Lokasi Penelitian	39
3.2 Metode Pengumpulan Data	40
3.2.1 Pengumpulan Data Primer.....	40
3.2.2 Pengumpulan Data Sekunder	41
3.3 Kerangka Berpikir	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Elevasi berdasarkan dem	44
4.2 Pemodelan Cone Resistant (CR)	57
4.3 Perhitungan dan Pemodelan Daya Dukung Tanah Pemilihan Pondasi	57
4.3.1 Perhitungan daya dukung dengan metode Schmertmenn..	57
4.3.2 Pemodelan Interpolasi Daya Dukung Tanah	60
4.3.3 Pemilihan Pondasi	61
4.3.3 Hasil Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Dengan Diameter Beragam	62
4.4 Pembahasan	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	66
5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	xiv
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Penelitian Terdahulu	6
Tabel 2. Klasifikasi AASHTO	9
Tabel 3. Kedalaman Tanah Keras Berdasarkan Qc	54
Tabel 4. Perhitungan daya dukung sondir pada titik S-2 dengan metode Schmertmenn	58
Tabel 5. Perhitungan daya dukung tiang tunggal dengan metode Schmertmenn	62



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Lokasi Penelitian (QGIS, 2026)	39
Gambar 2. Site Layout	42
Gambar 3. Kerangka Berpikir	43
Gambar 4. Elevasi Pada Segmen 1	45
Gambar 5. Elevasi Pada Segmen 2	46
Gambar 6. Elevasi Pada Segmen 3	47
Gambar 7. Elevasi Pada Segmen 4	48
Gambar 8. Elevasi Pada Segmen 5	49
Gambar 9. Elevasi Pada Segmen 6	50
Gambar 10. Elevasi Pada Segmen 7	51
Gambar 11. Elevasi Pada Segmen 8	52
Gambar 12. Data Parameter Qc	53
Gambar 13. Titik Sondir	54
Gambar 14. Hasil Interpolasi nilai tahanan konus (qc).....	55
Gambar 15. Grafik nilai tahanan konus (qc).....	56
Gambar 16. Interpolasi Daya Dukung Tanah	60

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam setiap perencanaan konstruksi, pondasi merupakan elemen struktural yang paling krusial karena berfungsi sebagai komponen utama yang menyalurkan beban dari bangunan ke lapisan tanah di bawahnya. Keamanan dan stabilitas struktur sangat bergantung pada ketepatan pemilihan jenis pondasi, yang harus disesuaikan dengan karakteristik dan kapasitas dukung tanah setempat. Akan tetapi, kondisi tanah secara alami memiliki sifat yang heterogen, sehingga pemahaman yang kurang memadai mengenai profil tanah dapat menyebabkan kegagalan struktur maupun ketidakefisienan biaya (Halibu, 2015). Oleh karena itu, investigasi geoteknik yang akurat menjadi tahapan awal yang tidak dapat diabaikan untuk memastikan keandalan suatu bangunan.

Salah satu metode investigasi tanah yang paling lazim digunakan adalah uji sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT). Metode ini memberikan data mengenai profil ketahanan tanah secara vertikal melalui parameter tahanan konus (*cone resistance*) dan tahanan selimut (*friction sleeve*) (Mulyati et al., 2025). Meskipun data yang dihasilkan sangat detail pada titik-titik pengujian, sifatnya yang diskret atau hanya mencakup titik tertentu menyulitkan visualisasi sebaran kondisi tanah secara menyeluruh pada area yang luas. Keterbatasan ini menimbulkan tantangan dalam memprediksi variasi tanah di lokasi-lokasi di antara titik sondir, yang dapat berdampak pada generalisasi yang kurang tepat dalam penentuan tipe pondasi.

Untuk mengatasi kendala tersebut, pemanfaatan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) menjadi solusi yang tepat dalam analisis geoteknik modern.

Melalui pemodelan spasial menggunakan perangkat lunak *open source* seperti QGIS, data hasil uji sondir dapat diolah dan divisualisasikan menjadi peta tematik yang menunjukkan variasi kondisi tanah secara kontinu. Teknik interpolasi spasial, seperti *Inverse Distance Weighting* (IDW), memungkinkan perencanaan untuk memprediksi nilai daya dukung tanah di lokasi-lokasi yang tidak memiliki data lapangan langsung, sehingga menghasilkan peta zonasi yang lebih komprehensif dan presisi (Zulkarnain, 2023).

Berdasarkan aspek tersebut, integrasi data uji sondir dengan pemodelan spasial berbasis QGIS menawarkan metodologi yang inovatif untuk analisis zonasi tipe pondasi. Penelitian ini berfokus pada pengembangan peta zonasi yang mengklasifikasikan area kajian ke dalam zona-zona spesifik berdasarkan kapasitas dukung tanah. Hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis yang jelas mengenai penggunaan pondasi dangkal maupun pondasi dalam, sehingga perencanaan struktur dapat dilakukan secara lebih efisien, aman, dan andal sesuai dengan kondisi geoteknik yang ada.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas maka diperoleh rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana pemodelan spasial menggunakan QGIS dapat digunakan untuk memetakan daya dukung tanah dan menyusun zonasi tipe pondasi berdasarkan karakteristik geoteknik di lokasi penelitian?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menggambarkan suatu metode analisis zonasi pondasi dengan mengintegrasikan data hasil uji sondir dan teknologi

Sistem Informasi Geografis (SIG), khususnya melalui pemanfaatan aplikasi QGIS. Pendekatan ini diharapkan dapat menghasilkan informasi spasial yang komprehensif mengenai daya dukung tanah serta memberikan rekomendasi tipe pondasi yang tepat bagi kawasan pengembangan Citraland Sampali. Sedangkan tujuan dari penelitian adalah melakukan pemodelan spasial menggunakan QGIS guna memetakan daya dukung tanah dan menyusun zonasi berdasarkan karakteristik geoteknik.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian tetap terfokus dan terarah, ruang lingkup penelitian dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Penggunaan data hanya terbatas pada hasil pengujian sondir (*Cone Penetration Test*) sebagai representasi karakteristik tanah.
2. Analisis spasial dilakukan menggunakan QGIS, tanpa melibatkan aplikasi pemetaan atau software geoteknik lainnya.
3. Penelitian ini hanya berfokus pada kesesuaian teknis antara jenis pondasi, pemodelan dan kondisi tanah.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Secara akademis:

Menambah referensi dalam bidang geoteknik dan pemetaan spasial, khususnya dalam integrasi data sondir dengan aplikasi QGIS.

2. Secara teknis:

Menjadi panduan praktis dalam perencanaan pondasi bangunan berdasarkan peta daya dukung tanah dan zonasi pondasi yang tepat.

3. Bagi pengembang kawasan:

Membantu dalam merencanakan pembangunan secara lebih efisien, baik dari aspek teknis, biaya, maupun keselamatan struktur.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan referensi untuk penulis melakukan penelitiannya agar membantu dalam memperbanyak teori atau wawasan penelitian. Selama penelitian ini penulis tidak menemukan yang sejenis dengan judul ini, maka dari itu penulis hanya bisa mengambil penelitian terdahulu yang sedikit menyerupai judul penelitian penulis untuk menjadikan referensi atau perbandingan dengan penelitian terdahulu. Penelitian ini memiliki beberapa perbedaan signifikan jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu. Kedua, penelitian ini mengintegrasikan data sondir CPT dengan pemodelan spasial menggunakan QGIS untuk menghasilkan analisis zonasi tipe pondasi yang lebih presisi. Pendekatan ini membedakan penelitian ini dari penelitian sebelumnya yang lebih banyak menggunakan data sondir secara terpisah tanpa pemodelan spasial yang mendalam. Sebagai contoh, penelitian Kusumawati (2018) dan Halim (2021) menggunakan GIS tetapi tidak secara intensif menggabungkan data sondir dalam pembuatan peta zonasi pondasi.

Berikut ini merupakan jurnal yang berkaitan dengan judul saya seperti yang terlampir dibawah ini :

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Kesimpulan
1	Hamdani, D., Pratikso, P., & Arifin, Y. F. (2025)	<i>Geotechnical Zonation of Cone Penetration Test -Based Bearing Capacity Using GIS Interpolation and Pile Driving Analyzer Validation</i>	Menyusun peta zonasi daya dukung tanah berdasarkan data <i>Cone Penetration Test</i> (CPT) menggunakan pemodelan spasial berbasis GIS, serta mengevaluasi tingkat akurasi beberapa metode empiris perhitungan daya dukung tanah melalui validasi dengan hasil <i>Pile Driving Analyzer</i> (PDA).	Penelitian menggunakan data <i>Cone Penetration Test</i> (CPT) sebanyak 333 titik dan divalidasi dengan 5 titik <i>Pile Driving Analyzer</i> (PDA). Perhitungan daya dukung tanah dilakukan menggunakan metode Meyerhof, Schmertmann, LCPC, dan Begemann. Pemodelan spasial dilakukan dengan metode interpolasi <i>Inverse Distance Weighting</i> (IDW) dan <i>Ordinary Kriging</i> menggunakan GIS.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Schmertmann memiliki kesesuaian paling mendekati hasil PDA dibandingkan metode lainnya. Selain itu, metode Kriging menunjukkan tingkat akurasi yang lebih baik pada kedalaman yang lebih besar, sedangkan metode IDW cukup efektif pada kedalaman dangkal. Peta zonasi menunjukkan bahwa lapisan tanah keras berada pada kedalaman besar dan tidak merata.
2	R. Harya Dananjaya H.I, Noegroho Djarwanti, R.A. Dinasti Purnomo P.S	Perhitungan Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Tunggal Menggunakan Metode Clustering Data Sondir	Untuk memperoleh nilai kapasitas dukung fondasi tiang tunggal dengan metode <i>clustering</i> data sondir serta membandingkannya dengan metode konvensional	Clustering data nilai qc hasil uji sondir menggunakan QGIS, analisis statistik dengan <i>confidence interval</i> (60–95%), perbandingan dengan metode Meyerhof konvensional	Metode <i>clustering</i> menggunakan QGIS dapat digunakan untuk memprediksi kapasitas dukung ultimit fondasi tiang tunggal. Hasil menunjukkan akurasi tinggi terutama pada kedalaman <8 m dan perbedaan signifikan terjadi pada kedalaman >8 m. Dapat digunakan sebagai alternatif metode desain awal

3	Naim, Eka Priadi, Aprianto	Pemetaan Zonasi Geoteknik di Kota Pontianak Berdasarkan Data Konsistensi dan Sifat-Sifat Tanah dengan Sistem Informasi Geografis	Memberikan informasi awal kondisi lapisan tanah untuk perencanaan dan pemilihan jenis fondasi yang sesuai	Analisis data sekunder dari 74 titik sondir & 41 titik bor dalam; pemetaan konsistensi dan properti tanah (kadar air, berat volume, kohesi, sudut geser) dengan SIG pada kedalaman 4–35 m	Zona tanah dangkal (0–18 m) didominasi sangat lunak/lunak; tanah sedang–kaku pada 18–30 m; tanah keras pada >30 m. Kadar air menurun seiring kedalaman, berat volume dan kohesi meningkat, lalu menurun pada >30 m. Hasil bermanfaat untuk perencanaan fondasi dan infrastruktur di Pontianak
4	Vicky Alexander Assa dan Helen Grace Mantiri	Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dangkal dengan Data Sondir di Kelurahan Kairagi Dua – Manado	Menentukan kapasitas daya dukung pondasi dangkal dari hasil uji sondir pada 7 titik di Kelurahan Kairagi Dua; Menentukan beban maksimum yang mampu dipikul oleh pondasi dengan variasi dimensi dan kedalaman.	Analisis data hasil uji sondir pada 7 titik lokasi dengan kedalaman 1,0 m; 1,5 m; dan 2,0 m untuk dimensi pondasi 50x50 cm, 100x100 cm, dan 150x150 cm.	Lokasi Sumompo memiliki daya dukung paling besar. Beban maksimum pondasi tergantung dimensi dan kedalaman, dengan rentang beban 417 kg hingga 53.275 kg.
5	Nurly Gofar & Muhammad Ismail (2021)	Pemetaan Sebaran Jenis dan Kondisi Tanah berdasarkan data Sondir (CPT) menggunakan Sistem Informasi Geografis	Memetakan kondisi permukaan tanah, elevasi muka air tanah, kedalaman tanah keras, dan sebaran jenis tanah pada berbagai kedalaman di Kota Palembang berdasarkan data CPT.	Pengumpulan data CPT dari 77 titik, interpretasi jenis tanah berdasarkan <i>friction</i> (<i>ratio</i> (FR) dan nilai konus (<i>qc</i>), interpolasi dengan metode kriging, dan pemetaan menggunakan ArcGIS 10.3.	Hasil pemetaan menunjukkan sebaran elevasi muka tanah (0–20 mdpl), kedalaman tanah keras (6,8–33,8 m), dan jenis tanah yang didominasi lempung alluvial. Pemetaan ini dapat menjadi informasi awal untuk perencanaan pondasi.

2.2 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah suatu proses penting dalam geoteknik yang bertujuan untuk mengelompokkan jenis-jenis tanah berdasarkan sifat fisik dan mekaniknya. Klasifikasi ini membantu insinyur dalam merancang sistem pondasi yang sesuai dan memperkirakan potensi permasalahan tanah di masa mendatang (Mulyati et al., 2025).

2.2.1 Sistem Klasifikasi USCS

Unified Soil Classification System (USCS) merupakan salah satu sistem klasifikasi tanah yang paling umum digunakan di dunia teknik sipil. Sistem ini membagi tanah menjadi dua kelompok besar yaitu tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus (Fahriana et al., 2019). Tanah berbutir kasar meliputi kerikil (*gravel*) dan pasir (*sand*), sedangkan tanah berbutir halus terdiri dari lanau (*silt*) dan lempung (*clay*). Dalam sistem USCS, parameter penting yang digunakan meliputi distribusi ukuran butiran dan batas-batas Atterberg, yaitu batas cair (*liquid limit*) dan batas plastis (*plastic limit*) (Erdawaty et al., 2024). Identifikasi dilakukan melalui analisis saringan dan percobaan konsistensi tanah. Hasil klasifikasi tanah akan mempengaruhi pendekatan desain pondasi serta tindakan perbaikan tanah yang diperlukan jika ditemukan kondisi tanah yang lemah.

2.2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Selain USCS, sistem klasifikasi lain yang sering digunakan adalah *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO). Sistem ini lebih banyak digunakan dalam pekerjaan jalan raya, namun prinsipnya

juga relevan dalam perencanaan pondasi bangunan. Klasifikasi AASHTO mengelompokkan tanah ke dalam beberapa kelas mulai dari A-1 hingga A-7 berdasarkan ukuran partikel dan sifat plastisitasnya (Lubis, 2024). Masing-masing kelompok juga diberikan indeks kelompok atau *group index* (GI) yang menunjukkan kualitas tanah dalam mendukung struktur. Tanah dengan nilai GI tinggi dianggap kurang baik sebagai dasar pondasi, sehingga memerlukan penguatan atau pemilihan sistem pondasi yang lebih kokoh seperti pondasi dalam.

$$GI = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10)$$

Keterangan:

F = Persentase Lolos Saringan No.200

LL = Batas Cair (*Liquid Limit*)

PI = Indeks Plastisitas

Tabel 2. Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)							Tanah lanau - lempung (lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
Klasifikasi Kelompok	A-1		A-2					A-4			A-7
	A-1a	A-1b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5* A-7-6**
Analisis ayakan (% lolos)											
No. 10	Maks 50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 40	Maks 30	Maks 50	Min 51	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40											
Batas Cair (LL)	---	---	---	Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41
Indek Plastisitas (PI)	Maks 6	---	NP	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11

Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir	Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung	Tanah berlanau	Tanah berlempung
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik			Biasa sampai jelek	
Keterangan : * Untuk A-7-5, $PI \leq LL - 30$					
** Untuk A-7-6, $PI > LL - 30$					

2.3 Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah merupakan tahapan awal dan esensial dalam proses perencanaan teknik sipil. Tujuannya adalah untuk memperoleh data mengenai kondisi bawah permukaan suatu area agar dapat dilakukan analisis geoteknik secara menyeluruh (Wiranata & Sinarta, 2024). Penyelidikan ini meliputi pengujian lapangan dan pengujian laboratorium.

2.3.1 Uji Sondir

Uji sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT) adalah metode pengujian tanah yang cepat dan efisien untuk mengetahui karakteristik tanah secara vertikal. Dalam uji ini, sebuah konus logam didorong ke dalam tanah secara perlahan dan terus menerus, lalu dicatat besarnya tahanan ujung (*cone resistance*) dan tahanan selimut (*sleeve friction*) (Apriliani, 2022).

2.3.2 Uji Laboratorium

Selain pengujian lapangan, uji laboratorium diperlukan untuk memperoleh parameter mekanik tanah yang lebih akurat. Beberapa jenis uji laboratorium meliputi analisis saringan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran, pengujian batas Atterberg untuk menilai konsistensi tanah, serta uji

pemadatan dan kuat geser tanah (Triani, 2025). Parameter-parameter tersebut penting untuk menentukan stabilitas tanah, kapasitas daya dukung, dan potensi penurunan (*settlement*) struktur di atasnya. Uji laboratorium juga mendukung validitas data hasil pengujian lapangan dan memberikan dasar dalam pemilihan desain pondasi yang optimal (Kurniatullah, 2019).

2.4 Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah dalam menahan beban dari struktur di atasnya tanpa mengalami keruntuhan atau penurunan berlebihan. Daya dukung ini sangat penting untuk diperhitungkan dalam perencanaan pondasi. Teori daya dukung yang paling dasar dikembangkan oleh Terzaghi, yang memberikan rumus untuk menghitung daya dukung ultimit dari pondasi dangkal (Marpaung, 2024). Rumus ini mempertimbangkan parameter seperti kohesi, berat jenis tanah, dan kedalaman pondasi. Seiring waktu, teori ini dikembangkan lebih lanjut oleh Meyerhof, Hansen, dan Vesic dengan menambahkan faktor koreksi untuk bentuk pondasi, kedalaman, serta kondisi beban. Dalam praktiknya, daya dukung ultimit yang dihitung dari teori harus dibagi dengan faktor keamanan tertentu untuk memperoleh daya dukung izin atau *allowable bearing capacity* (Ghozi, 2022). Nilai ini yang kemudian dijadikan dasar untuk menentukan apakah pondasi yang dirancang mampu menopang beban bangunan secara aman.

2.4.1 Metode Schmertmenn

Rumus:

$$Q_p = A_p \cdot CR-r$$

$$Q_s = TSF \cdot A_k$$

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_i = \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{5}$$

Keterangan:

Q_u = Daya dukung ultimate (kg atau ton)

Q_i = Daya dukung izin (kg atau ton)

Q_p = Daya dukung (kg atau ton)

Q_s = Daya dukung lekat (*friction*) kg atau ton

TSF = Jumlah hambatan lekat (*total skin friction*) kg/cm

CR-r = Perlawanan konus (*Cone Resistant*) rata-rata 4 D keatas dan 4 D kebawah (D = diameter tiang)

FK1 = Faktor keamanan daya dukung ujung tiang (dipakai 3)

FK2 = Faktor keamanan hambatan lekat tiang (dipakai 5)

2.5 Daya Dukung Pondasi

Daya dukung pondasi merupakan kelanjutan dari konsep daya dukung tanah. Pada tahap ini, insinyur menghitung berapa besar beban struktur yang dapat ditransfer ke tanah melalui sistem pondasi tertentu. Daya dukung pondasi ditentukan tidak hanya oleh jenis tanah, tetapi juga oleh tipe pondasi, bentuk pondasi, dan kondisi lingkungan sekitar. Dua jenis penurunan atau *settlement* yang umum diperhitungkan adalah penurunan langsung (*immediate settlement*) yang

terjadi segera setelah beban diterapkan, dan penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*) yang terjadi secara bertahap karena air di dalam pori tanah keluar (Purba, 2024). Dalam kasus yang lebih kompleks, seperti bangunan tinggi atau struktur dengan perbedaan beban yang besar, penurunan diferensial juga harus diantisipasi karena dapat menyebabkan keretakan struktural yang serius.

Daya dukung tanah adalah salah satu elemen penting dalam perencanaan fondasi. Daya dukung tanah ini dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah di area proyek, seperti tahanan geser tanah, kedalaman air tanah, dan kepadatan tanah. Dalam kasus ini, penelitian dilakukan dengan menggunakan uji sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT) untuk menentukan daya dukung tanah di lokasi Stadion Kebun Bunga. Menurut Zhang dan Tumay (2012), *Cone Penetration Test* merupakan metode yang sangat efektif dalam memberikan data tahanan ujung (q_c) dan tahanan gesek selimut (f_s), yang keduanya berperan penting dalam perhitungan daya dukung fondasi. Dengan data CPT, pengujian lapangan dapat menentukan karakteristik tanah diberbagai kedalaman secara lebih akurat, yang memungkinkan perhitungan daya dukung fondasi dapat dilakukan dengan tepat. Hubungan antara fondasi dan tanah sangat erat, di mana tanah menjadi alat pendukung yang harus mampu menopang beban bangunan tanpa menyebabkan kegagalan struktural atau penurunan berlebihan. Das menjelaskan bahwa tanah adalah bahan granular alami yang terdiri dari partikel-partikel mineral, air, dan udara. Tanah memiliki peran penting dalam perancangan fondasi karena sifat mekanisnya yang mempengaruhi kekuatan dan daya dukung struktur (Das, 2010). Pemahaman mengenai karakteristik tanah sangat penting dalam perancangan fondasi. Kaitan ini meliputi beberapa aspek :

1. Daya dukung tanah untuk menahan beban dari fondasi tanpa mengalami kerusakan atau penurunan yang berlebihan. Daya dukung tanah yang lebih besar memungkinkan penggunaan fondasi dangkal, sedangkan tanah dengan daya dukung rendah mungkin memerlukan fondasi dalam.

2. Jenis tanah

a. Tanah pasir

Tanah pasir mempunyai karakteristik :

- 1) Memiliki daya dukung yang baik dan kuat
- 2) Tidak mudah terendam oleh air
- 3) Rawan terhadap pergeseran dan kurang kohesif

b. Tanah Lempung Ciri-ciri tanah lempung adalah :

- 1) Memiliki kohesi yang tinggi dan daya dukung yang cukup.
- 2) Memiliki kemampuan tinggi untuk menyerap air, yang dapat memicu konsolidasi.
- 3) Rentan terhadap perubahan volume saat dalam kondisi basah atau kering.

c. Tanah Lanau Tanah Lanau mempunyai karakteristik :

- 1) Memiliki sifat antara pasir dan lempung, baik dari aspek konsolidasi maupun kohesi.
- 2) Dapat menyerap air dengan baik tetapi umumnya mengalami penurunan
- 3) Mempunyai daya dukung yang bervariasi tergantung pada kadar air.

d. Tanah kerikil Karakteristik tanah kerikil meliputi :

- 1) Memiliki daya dukung yang sangat baik.
- 2) Stabil dan tidak mudah mengalami penurunan
- 3) Cocok untuk fondasi yang membutuhkan daya dukung yang tinggi.

e. Tanah organik Karakteristik tanah organik meliputi :

1. Mengandung bahan organik, seperti humus dan sisa sisa tanaman
2. Memiliki daya dukung yang rendah
3. Umumnya tidak sesuai untuk fondasi
4. Rentan terhadap penurunan, yang dapat mengakibatkan permasalahan stabilitas pada fondasi.

f. Tanah jenuh Karakteristik tanah jenuh meliputi :

1. Memiliki daya dukung yang sangat rendah
2. Rentan terhadap penurunan dan pergerakan tanah

Tanah yang dengan daya dukung yang baik akan mampu menahan beban fondasi secara konsisten dan mencegah penurunan (*settlement*) yang bisa menyebabkan kegagalan struktural. Ada dua kategori daya dukung tanah yang penting dalam perencanaan fondasi :

1. Daya dukung *ultimate*, merupakan beban terbesar yang dapat ditahan oleh tanah sebelum mengalami keruntuhan.
2. Daya dukung izin, merupakan daya dukung tanah yang diizinkan dengan memperhitungkan faktor keamanan, untuk memastikan tanah dapat menopang beban dengan aman.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya dukung tanah antara lain:

1. Jenis tanah : Tanah berbutir besar (seperti pasir dan kerikil) cenderung memiliki daya dukung yang lebih baik dibandingkan tanah berbutir kecil (seperti lempung dan lanau).

2. Kepadatan tanah : Tanah yang lebih padat memiliki kemampuan daya dukung yang lebih baik karena partikel-partikel tanahnya lebih rapat dan kuat.
3. Kandungan air : Tanah jenuh air biasanya menunjukkan daya dukung yang lebih rendah disebabkan oleh peningkatan tekanan air pori yang dapat mengurangi gesekan antara butir tanah.
4. Kedalaman fondasi : Dengan semakin dalam fondasi, daya dukung tanah cenderung meningkat karena lapisan tanah yang lebih dalam biasanya lebih kuat.
5. Beban struktur : Tipe, distribusi, dan besar beban struktur mempengaruhi bagaimana tanah mendistribusikan tekanan di bawah fondasi

2.6 Tipe Pondasi

Pemilihan tipe pondasi merupakan keputusan penting dalam proses desain struktur bangunan. Pondasi dapat dibedakan menjadi dua kelompok besar, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemilihan jenis pondasi sangat dipengaruhi oleh kondisi geoteknik tanah, hasil investigasi lapangan seperti sondir atau boring, serta kebutuhan struktural bangunan (Baene, 2023). Dalam konteks penelitian ini, pemilihan pondasi dikaitkan langsung dengan nilai daya dukung tanah yang diperoleh dari uji sondir dan divisualisasikan melalui pemetaan spasial menggunakan QGIS.

Pondasi dapat diklasifikasikan berdasarkan kedalamannya terhadap permukaan tanah. Dua klasifikasi utama yang digunakan secara umum adalah:

1. Pondasi Dangkal (*Shallow Foundation*)

2. Pondasi Dalam (*Deep Foundation*)

Kedua tipe ini memiliki prinsip kerja, kedalaman instalasi, metode konstruksi, serta tingkat kompleksitas yang berbeda. Pondasi dangkal mentransfer beban struktur langsung ke tanah permukaan atau sedikit di bawahnya, sedangkan pondasi dalam menyalurkan beban ke lapisan tanah yang lebih dalam dan lebih stabil.

2.6.1 Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal adalah jenis pondasi yang kedalamannya tidak melebihi dua sampai tiga kali lebar pondasi itu sendiri. Umumnya, pondasi dangkal diletakkan pada kedalaman < 3 meter dari permukaan tanah. Prinsip dasar pondasi dangkal adalah menyalurkan beban struktur ke tanah yang terletak tidak jauh dari permukaan, dengan asumsi bahwa lapisan tanah tersebut cukup kuat dan stabil (Aisah & Dhiniati, 2023).

Pemilihan pondasi dangkal dilakukan apabila:

1. Tanah pada kedalaman dangkal memiliki daya dukung yang mencukupi.
2. Penurunan total dan penurunan diferensial masih dalam batas toleransi.
3. Tidak terdapat tanah organik, tanah ekspansif, atau lapisan lunak tebal.
4. Kondisi air tanah rendah, sehingga galian tidak mudah tergenang.

2.6.2 Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang dipasang pada kedalaman lebih besar dibandingkan pondasi dangkal, dan umumnya digunakan ketika lapisan tanah keras terletak jauh di bawah permukaan. Pondasi dalam dirancang untuk menyalurkan beban struktur ke lapisan tanah atau batuan yang memiliki kapasitas dukung tinggi (Wilar, 2016). Selain itu, pondasi dalam juga efektif dalam mengurangi penurunan bangunan dan meningkatkan stabilitas lateral.

1. Tiang Pancang (*Driven Pile*)

Terbuat dari beton pracetak, baja, atau kayu yang dipancang ke dalam tanah menggunakan hammer. Tiang ini dapat bekerja berdasarkan friksi sepanjang permukaannya (*skin friction*), ujung tiang (*end bearing*), atau kombinasi keduanya.

2. Tiang Bor (*Bored Pile*)

Dibuat dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, kemudian mengisi lubang bor dengan beton bertulang. Tiang bor umum digunakan di area perkotaan karena tidak menimbulkan getaran besar.

3. Pondasi Sumuran (*Caisson*)

Digunakan untuk struktur berat seperti menara atau jembatan di atas sungai. Dibuat dengan menggali lubang besar seperti sumur yang kemudian diperkuat dan diisi dengan beton.

2.6.3 Hubungan Data Sondir dengan Tipe Pondasi

Dalam studi geoteknik, uji sondir (*Cone Penetration Test/CPT*) merupakan metode investigasi tanah yang sangat berguna untuk menentukan karakteristik tanah tanpa mengambil sampel. Salah satu parameter penting yang diperoleh dari CPT adalah nilai *cone resistance* (q_c), yang berbanding lurus dengan daya dukung tanah (Abdinata, 2025). Nilai q_c yang tinggi menunjukkan bahwa tanah relatif padat dan cocok untuk pondasi dangkal. Sebaliknya, nilai q_c rendah menunjukkan tanah lunak, sehingga pondasi dalam lebih disarankan (Meti, 2021).

Hasil CPT ini dapat digunakan untuk menentukan klasifikasi tanah, menghitung daya dukung, serta menyusun zonasi pondasi secara spasial dengan bantuan aplikasi seperti QGIS, yang memungkinkan visualisasi sebaran q_c pada suatu kawasan pembangunan.

Pengujian sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT) merupakan salah satu metode investigasi tanah yang banyak digunakan dalam bidang geoteknik untuk mengetahui karakteristik tanah secara langsung di lapangan. Melalui pengujian ini diperoleh beberapa parameter penting, salah satunya adalah nilai tahanan konus (*cone resistance* atau q_c) yang menggambarkan tingkat kekuatan tanah terhadap penetrasi alat sondir. Nilai q_c yang diperoleh dari pengujian ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis tanah serta memperkirakan daya dukung tanah yang akan digunakan sebagai dasar dalam perencanaan pondasi (Das, 2010).

Hubungan antara data sondir dengan tipe pondasi sangat erat karena nilai q_c dapat memberikan gambaran mengenai kondisi tanah di bawah

permukaan. Tanah dengan nilai q_c yang tinggi umumnya menunjukkan kondisi tanah yang lebih padat dan memiliki daya dukung yang lebih besar, sehingga memungkinkan penggunaan pondasi dangkal seperti pondasi telapak atau pondasi jalur. Sebaliknya, tanah dengan nilai q_c yang rendah biasanya menunjukkan kondisi tanah yang lunak atau kurang padat sehingga tidak mampu menahan beban struktur secara langsung. Pada kondisi tersebut, penggunaan pondasi dalam seperti tiang pancang atau bore pile seringkali diperlukan untuk menyalurkan beban struktur ke lapisan tanah yang lebih keras di kedalaman tertentu (Bowles, 1997).

Selain digunakan untuk mengidentifikasi jenis tanah, data sondir juga dapat dimanfaatkan untuk menghitung daya dukung tanah secara empiris. Beberapa metode perhitungan daya dukung yang sering digunakan dalam analisis geoteknik antara lain metode Karl Terzaghi, metode Meyerhof G. G., serta metode Hansen Brinch. Metode-metode tersebut menggunakan parameter tanah yang diperoleh dari hasil pengujian lapangan maupun laboratorium untuk memperkirakan kemampuan tanah dalam menahan beban struktur. Dalam beberapa kasus, nilai q_c dari hasil sondir juga dapat dikorelasikan secara langsung dengan daya dukung tanah sehingga mempermudah proses evaluasi kondisi tanah.

Dalam praktik perencanaan pondasi, interpretasi data sondir tidak hanya dilakukan pada satu titik pengujian saja, tetapi juga perlu mempertimbangkan distribusi nilai q_c pada seluruh area penelitian. Hal ini dikarenakan kondisi tanah pada suatu lokasi dapat bervariasi secara lateral maupun vertikal. Oleh karena itu, analisis spasial terhadap data sondir

menjadi penting untuk memahami variasi karakteristik tanah pada suatu wilayah. Dengan memanfaatkan teknologi *Geographic Information System*, data sondir dari beberapa titik dapat diolah dan divisualisasikan dalam bentuk peta distribusi parameter tanah sehingga mempermudah proses interpretasi kondisi tanah secara menyeluruh.

Melalui analisis tersebut, hubungan antara data sondir dan tipe pondasi dapat ditentukan dengan lebih sistematis. Daerah yang memiliki nilai qc tinggi atau daya dukung tanah yang besar dapat dikategorikan sebagai zona yang memungkinkan penggunaan pondasi dangkal. Sementara itu, daerah dengan nilai qc rendah atau daya dukung tanah yang kecil dapat dikategorikan sebagai zona yang lebih sesuai menggunakan pondasi dalam. Dengan demikian, pemanfaatan data sondir tidak hanya berfungsi untuk mengetahui kondisi tanah pada satu titik pengujian, tetapi juga dapat digunakan untuk menentukan zonasi tipe pondasi pada suatu wilayah secara lebih komprehensif.

Dalam penelitian ini, data hasil pengujian sondir digunakan sebagai dasar untuk melakukan analisis zonasi tipe pondasi melalui pendekatan pemodelan spasial. Nilai qc yang diperoleh dari setiap titik sondir dianalisis untuk mengetahui variasi kekuatan tanah di lokasi penelitian. Selanjutnya, melalui proses pemodelan spasial menggunakan QGIS, data tersebut diolah untuk menghasilkan peta distribusi parameter tanah yang dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan tipe pondasi yang paling sesuai dengan kondisi tanah pada wilayah penelitian.

2.7 Pemodelan Spasial Menggunakan QGIS

Pemodelan spasial merupakan salah satu metode analisis berbasis data geospasial yang bertujuan untuk menggambarkan, memvisualisasikan, dan menginterpretasikan fenomena permukaan bumi berdasarkan data yang memiliki referensi geografis. Dalam konteks perencanaan pondasi bangunan, pemodelan spasial memegang peranan penting untuk membantu memahami kondisi tanah secara menyeluruh melalui integrasi data lapangan, seperti hasil uji sondir, ke dalam sebuah peta tematik yang memudahkan pengambilan keputusan teknis. Software yang umum digunakan dalam pemodelan spasial salah satunya adalah QGIS (*Quantum Geographic Information System*).

QGIS merupakan aplikasi *open-source* yang dirancang untuk mengolah, memanipulasi, menganalisis, dan memvisualisasikan data spasial baik dalam format vektor maupun raster. Dalam penelitian ini, QGIS berperan sebagai platform utama untuk mengintegrasikan titik-titik data uji sondir dengan koordinat geografis lokasi studi di Citraland Sampali. Data hasil pengujian sondir, yang berisi nilai-nilai daya dukung tanah dan karakteristik lapisan tanah pada kedalaman tertentu, diproyeksikan ke dalam sistem koordinat geografis sehingga dapat divisualisasikan dalam bentuk peta zonasi tipe pondasi yang direkomendasikan.

2.7.1 Dasar Teori

Sistem Informasi Geografis atau *Geographic Information System* (SIG) merupakan sistem berbasis komputer yang digunakan untuk mengelola data yang memiliki referensi lokasi di permukaan bumi. SIG memungkinkan pengguna untuk melakukan proses pengumpulan,

penyimpanan, pengolahan, analisis, serta penyajian data spasial sehingga dapat menghasilkan informasi yang berkaitan dengan fenomena geografis secara lebih komprehensif. Menurut Paul A. Longley, SIG merupakan sistem yang dirancang untuk menangani berbagai jenis data yang memiliki referensi geografis serta memungkinkan analisis hubungan spasial antara berbagai objek di permukaan bumi.

Dalam SIG, data yang digunakan umumnya terdiri dari dua komponen utama yaitu data spasial dan data atribut. Data spasial merupakan data yang menggambarkan posisi atau lokasi suatu objek di permukaan bumi yang biasanya direpresentasikan dalam bentuk titik (*point*), garis (*line*), maupun area (*polygon*). Sementara itu, data atribut merupakan informasi tambahan yang menjelaskan karakteristik dari objek spasial tersebut. Menurut Ian Heywood, data atribut berfungsi untuk memberikan informasi deskriptif mengenai objek spasial sehingga memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis yang lebih mendalam terhadap fenomena yang diteliti.

Salah satu kemampuan utama dari SIG adalah melakukan analisis spasial. Analisis spasial merupakan proses pengolahan data yang bertujuan untuk memperoleh informasi baru melalui hubungan antar data yang memiliki referensi lokasi. Melalui analisis ini, data yang awalnya hanya berupa titik-titik pengukuran dapat diolah menjadi informasi yang lebih luas seperti peta distribusi parameter tertentu, model permukaan, maupun pola sebaran suatu fenomena. Menurut Tomlinson Roger, analisis spasial dalam SIG memungkinkan pengguna untuk memahami hubungan antara lokasi,

jarak, dan distribusi suatu objek sehingga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi penelitian dan perencanaan wilayah (Tomlinson, 2013).

Dalam implementasinya, SIG memanfaatkan berbagai perangkat lunak yang dirancang untuk mengelola dan menganalisis data spasial. Salah satu perangkat lunak SIG yang banyak digunakan dalam penelitian dan pemetaan adalah QGIS. QGIS merupakan perangkat lunak SIG berbasis *open source* yang menyediakan berbagai fitur pengolahan data spasial, analisis geospasial, serta visualisasi peta tematik. Menurut QGIS *Development Team*, QGIS mampu mengintegrasikan berbagai jenis data geospasial baik dalam bentuk raster maupun vektor sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan analisis spasial secara efektif.

Dalam penelitian ini, konsep SIG digunakan untuk mengintegrasikan data hasil pengujian sondir dengan data spasial wilayah penelitian. Data koordinat titik pengujian sondir dimasukkan sebagai data spasial dalam bentuk *layer* titik, sedangkan nilai parameter tanah seperti tahanan konus dan daya dukung tanah dimasukkan sebagai data atribut. Melalui analisis spasial menggunakan QGIS, data tersebut kemudian diolah untuk menghasilkan peta distribusi parameter tanah yang menggambarkan kondisi tanah secara spasial di wilayah penelitian.

Penggunaan SIG dalam penelitian geoteknik memberikan keuntungan dalam memahami variasi karakteristik tanah secara lebih menyeluruh. Dengan memanfaatkan SIG, data hasil pengujian tanah yang awalnya hanya tersedia pada titik-titik tertentu dapat diinterpretasikan menjadi informasi yang lebih luas mengenai kondisi tanah pada suatu

wilayah. Oleh karena itu, penerapan SIG dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai distribusi parameter tanah sehingga dapat mendukung analisis zonasi tipe pondasi yang sesuai dengan kondisi tanah pada lokasi penelitian.

2.7.2 Alur Pemodelan Spasial

Pemodelan spasial merupakan suatu proses analisis yang digunakan untuk menggambarkan, menganalisis, serta menginterpretasikan fenomena yang memiliki keterkaitan dengan lokasi atau ruang. Dalam konteks penelitian geoteknik, pemodelan spasial digunakan untuk memahami distribusi parameter tanah pada suatu wilayah berdasarkan data pengujian lapangan yang tersedia. Melalui pemodelan ini, data yang awalnya hanya berupa informasi pada titik-titik tertentu dapat diolah menjadi gambaran kondisi tanah secara lebih luas dan sistematis. Pemodelan spasial dalam Sistem Informasi Geografis memungkinkan integrasi berbagai data geospasial sehingga dapat menghasilkan informasi baru yang lebih informatif untuk keperluan analisis dan pengambilan keputusan (Goodchild, 2010).

Dalam penelitian yang memanfaatkan data geoteknik, proses pemodelan spasial umumnya dimulai dengan tahap pengumpulan data. Data yang digunakan dapat berupa koordinat titik pengujian tanah, nilai parameter tanah hasil pengujian lapangan, serta data topografi wilayah penelitian. Data tersebut kemudian dimasukkan ke dalam sistem informasi geografis sebagai data spasial yang memiliki referensi koordinat tertentu.

Melalui proses ini, setiap titik pengujian tanah dapat ditampilkan secara visual dalam peta sehingga mempermudah proses analisis distribusi data di lapangan.

Tahap selanjutnya dalam pemodelan spasial adalah proses pengolahan dan integrasi data. Pada tahap ini, data atribut yang diperoleh dari hasil pengujian tanah, seperti nilai tahanan konus (q_c) maupun nilai daya dukung tanah, dihubungkan dengan data spasial berupa koordinat titik pengujian. Integrasi antara data spasial dan data atribut ini memungkinkan setiap titik pengujian memiliki informasi parameter tanah yang dapat dianalisis secara spasial. Menurut Paul A. Longley, integrasi antara data spasial dan atribut merupakan salah satu keunggulan utama Sistem Informasi Geografis karena memungkinkan analisis hubungan antar data berdasarkan lokasi geografisnya (Longley et al., 2015).

Setelah data terintegrasi, proses berikutnya adalah analisis spasial untuk menghasilkan model distribusi parameter tanah pada wilayah penelitian. Salah satu teknik yang sering digunakan dalam pemodelan spasial adalah metode interpolasi. Metode ini digunakan untuk memperkirakan nilai suatu parameter pada lokasi yang tidak memiliki data pengukuran secara langsung berdasarkan nilai yang tersedia pada titik-titik pengamatan di sekitarnya. Dengan menggunakan metode interpolasi, data hasil pengujian tanah yang terbatas pada beberapa titik dapat diubah menjadi peta distribusi parameter tanah yang mencakup seluruh wilayah penelitian.

Dalam penelitian ini, proses pemodelan spasial dilakukan menggunakan QGIS yang merupakan salah satu aplikasi Sistem Informasi Geografis berbasis *open source*. QGIS menyediakan berbagai alat analisis spasial yang memungkinkan pengguna untuk mengolah data geospasial baik dalam bentuk vektor maupun raster. Melalui fitur analisis yang tersedia dalam QGIS, data hasil pengujian sondir dapat diolah menjadi peta distribusi parameter tanah seperti nilai qc dan daya dukung tanah.

Hasil dari proses pemodelan spasial tersebut kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta tematik yang menggambarkan variasi kondisi tanah pada wilayah penelitian. Peta ini dapat digunakan untuk memahami pola distribusi kekuatan tanah serta mengidentifikasi zona-zona tertentu yang memiliki karakteristik tanah yang berbeda. Dengan demikian, pemodelan spasial tidak hanya berfungsi sebagai alat visualisasi data, tetapi juga sebagai sarana analisis yang membantu dalam interpretasi kondisi tanah secara lebih menyeluruh.

Dalam penelitian ini, alur pemodelan spasial dilakukan secara sistematis mulai dari pengumpulan data sondir, pengolahan data spasial, integrasi data atribut, proses interpolasi, hingga penyajian hasil dalam bentuk peta zonasi parameter tanah. Melalui tahapan tersebut diharapkan dapat diperoleh gambaran distribusi kondisi tanah secara lebih komprehensif sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam analisis zonasi tipe pondasi yang sesuai dengan kondisi tanah pada wilayah penelitian

Proses pemodelan spasial menggunakan QGIS umumnya terdiri dari beberapa tahapan utama, antara lain:

1. Pengumpulan dan Persiapan Data

Tahap awal melibatkan pengumpulan data hasil sondir (*cone penetration test/CPT*) yang telah dilengkapi dengan informasi koordinat lokasi pengujian. Data ini biasanya berupa tabel yang memuat titik pengujian, kedalaman, nilai tahanan konus (q_c), hambatan lekat (f_s), dan perhitungan daya dukung tanah. Data kemudian diformat menjadi *spreadsheet* atau *shapefile* agar dapat dibaca oleh QGIS.

2. Input Data ke QGIS

Data yang sudah disiapkan diimpor ke QGIS dalam bentuk titik (*point layer*) yang mewakili lokasi uji sondir. Setiap titik memiliki atribut yang berisi informasi hasil pengujian tanah, termasuk nilai daya dukung tanah yang nantinya menjadi dasar dalam menentukan jenis pondasi.

3. Interpolasi Spasial

Interpolasi digunakan untuk memperkirakan nilai daya dukung tanah di lokasi-lokasi yang tidak memiliki data sondir secara langsung. Dalam QGIS, metode interpolasi yang umum digunakan antara lain *Inverse Distance Weighting (IDW)* atau *Kriging*. Proses ini menghasilkan peta kontur daya dukung tanah yang bersifat kontinu, memberikan gambaran distribusi kekuatan tanah di seluruh area studi.

4. Penentuan Zonasi Tipe Pondasi

Berdasarkan hasil interpolasi dan nilai daya dukung tanah yang diperoleh, area studi diklasifikasikan ke dalam beberapa zona yang

merepresentasikan jenis pondasi yang sesuai. Misalnya, zona dengan daya dukung tinggi dapat menggunakan pondasi dangkal, sedangkan zona dengan daya dukung rendah memerlukan pondasi dalam seperti tiang pancang atau bored pile. Klasifikasi ini dilakukan menggunakan fungsi *Raster Calculator* atau *Vector Analysis* pada QGIS.

5. Pembuatan Peta Tematik

Hasil pemodelan kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta tematik yang menunjukkan zonasi tipe pondasi di Citraland Sampali. Peta ini dilengkapi dengan legenda, skala, koordinat, dan informasi pendukung lainnya agar dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan konstruksi.

Penggunaan QGIS dalam pemodelan spasial memberikan keunggulan berupa kemudahan dalam mengintegrasikan data lapangan dengan data geografis, kemampuan melakukan analisis spasial secara cepat, serta menghasilkan visualisasi yang informatif. Dengan demikian, pemodelan spasial ini menjadi sarana penting dalam pengambilan keputusan terkait pemilihan tipe pondasi yang optimal pada proyek pembangunan di Citraland Sampali.

2.7.3 Prosedur Implementasi di QGIS

Proses analisis spasial dalam penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak QGIS sebagai alat untuk mengolah, memvisualisasikan, dan menganalisis data geospasial. QGIS merupakan perangkat lunak sistem informasi geografis berbasis open source yang banyak digunakan dalam

berbagai penelitian karena kemampuannya dalam mengintegrasikan berbagai jenis data spasial serta menyediakan berbagai alat analisis geospasial yang lengkap. Dalam penelitian ini, QGIS digunakan untuk memproses data hasil pengujian sondir, melakukan interpolasi spasial, serta menghasilkan peta tematik yang menggambarkan distribusi nilai parameter tanah di wilayah penelitian.

Tahapan awal dalam implementasi QGIS adalah proses persiapan data (data preparation). Pada tahap ini, data yang digunakan dalam penelitian dikumpulkan dan disesuaikan dengan format yang dapat diolah dalam QGIS. Data utama yang digunakan meliputi koordinat titik pengujian sondir, nilai tahanan konus (qc), serta data elevasi yang diperoleh dari Digital Elevation Model (DEM). Data koordinat titik sondir dimasukkan ke dalam QGIS dalam bentuk layer titik (point layer) dengan atribut yang memuat nilai qc dan parameter tanah lainnya. Selain itu, data DEM juga dimasukkan sebagai layer raster untuk menggambarkan kondisi topografi wilayah penelitian.

Setelah data dimasukkan ke dalam QGIS, tahapan berikutnya adalah proses pengolahan data spasial. Pada tahap ini dilakukan pengecekan kesesuaian sistem koordinat agar seluruh data yang digunakan berada pada sistem referensi yang sama. Keseragaman sistem koordinat sangat penting untuk memastikan bahwa posisi setiap data spasial dapat ditampilkan secara akurat pada peta. Selanjutnya dilakukan pengaturan atribut data sondir sehingga setiap titik memiliki informasi parameter tanah yang dapat digunakan dalam analisis selanjutnya.

Tahapan berikutnya adalah proses analisis spasial yang dilakukan dengan memanfaatkan fitur interpolasi pada QGIS. Metode interpolasi digunakan untuk memperkirakan nilai parameter tanah pada lokasi yang tidak memiliki data pengukuran secara langsung. Dengan menggunakan metode interpolasi, nilai qc dari titik-titik pengujian sondir dapat diubah menjadi permukaan kontinu yang menggambarkan distribusi nilai tersebut di seluruh wilayah penelitian. Hasil interpolasi ini kemudian disajikan dalam bentuk peta tematik yang menunjukkan variasi nilai qc secara spasial.

Selain analisis interpolasi, QGIS juga digunakan untuk melakukan analisis elevasi menggunakan data DEM. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kondisi topografi wilayah penelitian serta mengidentifikasi variasi ketinggian permukaan tanah. Informasi elevasi ini penting sebagai data pendukung dalam analisis geoteknik karena kondisi topografi dapat mempengaruhi karakteristik tanah dan perencanaan pondasi.

Tahapan akhir dari proses implementasi QGIS adalah visualisasi dan penyajian hasil analisis. Hasil pengolahan data spasial yang telah diperoleh kemudian ditampilkan dalam bentuk peta tematik yang menggambarkan distribusi parameter tanah, peta elevasi, serta hasil pemodelan spasial lainnya. Peta-peta tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam melakukan analisis zonasi tipe pondasi pada wilayah penelitian. Dengan menggunakan QGIS, proses analisis spasial dapat dilakukan secara sistematis dan menghasilkan informasi yang lebih komprehensif mengenai kondisi tanah di lokasi penelitian. Melalui tahapan implementasi tersebut, penggunaan QGIS dalam penelitian ini memungkinkan integrasi antara data

geoteknik dan data spasial sehingga dapat menghasilkan pemodelan yang lebih representatif terhadap kondisi sebenarnya di lapangan. Hasil analisis yang diperoleh dari QGIS selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menentukan zonasi tipe pondasi yang sesuai dengan karakteristik tanah pada wilayah penelitian.

Tahapan detail implementasi di QGIS dapat mencakup:

1. *Import* data sondir (CSV atau *shapefile*) sebagai *layer point* dengan koordinat dan atribut qc.
2. Setting sistem koordinat (*reference system*) yang sesuai.
3. Gunakan plugin atau *tool Interpolation*: IDW untuk pendekatan jarak, *Kriging* untuk model statistik.
4. Terapkan *clustering* qc menu QGIS atau plugin seperti “*Processing → Toolbox → Cluster analysis*”.
5. Gunakan *Raster Calculator* untuk mengonversi raster daya dukung menjadi peta zonasi tipe pondasi berdasarkan nilai ambang qc.
6. Susun peta akhir: *overlay* peta zonasi dengan peta lapisan administrasi, jalan, dan titik sondir, lengkapi elemen kartografis seperti legenda dan skala.

2.8 Data Sondir sebagai Dasar Analisis Geoteknik

Uji sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT) merupakan metode penyelidikan tanah yang digunakan untuk mengetahui karakteristik mekanik tanah berdasarkan tahanan penetrasi konus terhadap lapisan tanah. Metode ini banyak digunakan dalam perencanaan pondasi karena mampu memberikan data kontinu

terhadap kedalaman, sehingga profil lapisan tanah dapat diketahui secara lebih detail dibandingkan metode bor konvensional.

Data utama yang dihasilkan dari uji sondir adalah nilai tahanan ujung konus (q_c) dan tahanan selimut (f_s). Nilai q_c menunjukkan besarnya perlawanan tanah terhadap penetrasi konus, sedangkan nilai f_s menggambarkan gesekan tanah terhadap selimut batang sondir. Dalam perencanaan pondasi, parameter yang paling dominan digunakan adalah nilai q_c karena berkaitan langsung dengan kepadatan dan kekuatan tanah.

Keunggulan penggunaan data sondir dalam analisis geoteknik antara lain sebagai berikut:

1. Memberikan data kontinu terhadap kedalaman

Data q_c diperoleh secara terus-menerus dari permukaan hingga kedalaman tertentu, sehingga profil lapisan tanah dapat dianalisis secara detail.

2. Cepat dan efisien

Pelaksanaan uji sondir relatif cepat dibandingkan metode boring, sehingga cocok digunakan untuk pemetaan kondisi tanah dalam area yang luas.

3. Langsung berkaitan dengan daya dukung tanah

Nilai q_c dapat dikorelasikan secara langsung dengan daya dukung tanah tanpa memerlukan banyak parameter tambahan.

4. Mudah dikombinasikan dengan analisis spasial

Data sondir sangat sesuai untuk diolah menggunakan perangkat lunak SIG seperti QGIS karena memiliki koordinat lokasi yang jelas.

Dalam penelitian ini, data sondir yang digunakan terdiri dari 21 titik pengujian yang tersebar di kawasan Citraland Sampali. Setiap titik sondir memiliki informasi nilai

qc terhadap kedalaman tertentu yang kemudian diolah untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah. Data tersebut menjadi dasar utama dalam seluruh proses analisis, mulai dari perhitungan daya dukung hingga pemodelan spasial zonasi tipe pondasi.

Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa data sondir merupakan tulang punggung penelitian ini, karena seluruh kesimpulan dan rekomendasi tipe pondasi sepenuhnya bergantung pada kualitas dan interpretasi data CPT yang digunakan.

2.9 Interpretasi Nilai qc dalam Penentuan Tipe Pondasi

Nilai tahanan ujung konus (q_c) merupakan parameter utama dalam uji sondir yang menunjukkan tingkat kepadatan dan kekuatan tanah. Semakin besar nilai q_c , maka semakin besar pula kemampuan tanah dalam menahan beban struktur. Oleh karena itu, interpretasi nilai q_c menjadi langkah kunci dalam penentuan tipe pondasi yang sesuai.

Interpretasi nilai q_c tidak hanya dilakukan dengan melihat besar kecilnya nilai secara tunggal, tetapi juga memperhatikan pola distribusi nilai terhadap kedalaman dan antar titik. Tanah dengan nilai q_c tinggi namun hanya muncul secara lokal tidak dapat langsung dijadikan dasar penggunaan pondasi dangkal, terutama apabila lapisan tersebut berada di bawah lapisan tanah lunak yang tebal.

Secara umum, nilai q_c dapat diinterpretasikan untuk keperluan pondasi sebagai berikut:

1. Q_c rendah (tanah lunak)

Tanah dengan nilai q_c rendah menunjukkan daya dukung kecil dan tingkat

kompresibilitas tinggi. Kondisi ini tidak direkomendasikan untuk pondasi dangkal dan lebih sesuai menggunakan pondasi dalam.

2. Qc sedang (tanah sedang)

Tanah dengan nilai qc sedang memiliki daya dukung yang cukup, namun masih perlu dianalisis secara hati-hati. Pondasi dangkal dapat dipertimbangkan untuk bangunan ringan, sedangkan bangunan permanen sebaiknya menggunakan pondasi dalam.

3. Qc tinggi (tanah keras)

Tanah dengan nilai qc tinggi memiliki kepadatan tinggi dan daya dukung besar. Pada kondisi ini, pondasi dangkal dapat digunakan dengan aman apabila lapisan keras bersifat kontinu.

Dalam penelitian ini, hasil uji sondir menunjukkan bahwa nilai qc pada lapisan permukaan di kawasan Citraland Sampali umumnya berada pada kategori rendah hingga sedang. Nilai qc tinggi baru muncul pada kedalaman yang relatif besar dan tidak tersebar merata di seluruh wilayah. Kondisi ini mengindikasikan bahwa lapisan tanah keras bersifat diskontinu dan tidak dapat dijadikan dasar perencanaan pondasi dangkal secara umum.

Oleh karena itu, interpretasi nilai qc pada penelitian ini mengarah pada kesimpulan bahwa secara teknis kawasan Citraland Sampali lebih sesuai menggunakan pondasi dalam, karena mampu menyalurkan beban bangunan ke lapisan tanah yang lebih keras dan stabil.

2.10 Kriteria Penentuan Zonasi Tipe Pondasi Berbasis Data Sondir

Zonasi tipe pondasi merupakan proses pengelompokan wilayah berdasarkan kesesuaian jenis pondasi yang dapat digunakan pada masing-masing zona. Dalam penelitian ini, zonasi tipe pondasi dilakukan dengan mengacu pada nilai tahanan ujung konus (q_c) hasil uji sondir yang telah dikonversi menjadi nilai daya dukung tanah. Pendekatan ini dipilih karena nilai q_c secara langsung merepresentasikan kekuatan tanah terhadap beban struktur.

Penentuan zonasi tidak hanya didasarkan pada satu titik pengujian, tetapi mempertimbangkan pola sebaran nilai q_c secara spasial di seluruh wilayah penelitian. Dengan demikian, zonasi yang dihasilkan tidak bersifat lokal, melainkan merepresentasikan kondisi area secara menyeluruh.

Secara umum, kriteria penentuan zonasi tipe pondasi dalam penelitian ini didasarkan pada beberapa aspek utama, yaitu:

1. Besar kecilnya nilai q_c

Nilai q_c menjadi indikator utama dalam menentukan kemampuan tanah menahan beban. Semakin tinggi nilai q_c , maka semakin besar pula daya dukung tanah.

2. Kedalaman lapisan tanah keras

Lapisan tanah keras yang berada dekat permukaan memungkinkan penggunaan pondasi dangkal, sedangkan lapisan keras yang berada pada kedalaman besar memerlukan penggunaan pondasi dalam.

3. Kontinuitas lapisan tanah keras

Lapisan tanah keras yang bersifat kontinu lebih aman dijadikan dasar pondasi dibandingkan lapisan yang bersifat lokal dan terputus-putus.

4. Sebaran nilai qc secara spasial

Distribusi nilai qc antar titik menjadi dasar dalam pembentukan zona yang relatif homogen.

Berdasarkan kriteria tersebut, wilayah penelitian kemudian diklasifikasikan ke dalam beberapa zona tipe pondasi, yaitu:

1. Zona Pondasi Dangkal

Zona ini merupakan wilayah yang memiliki nilai qc relatif tinggi pada lapisan permukaan dan lapisan tanah keras berada pada kedalaman yang dangkal. Pada zona ini, tanah memiliki daya dukung yang cukup besar sehingga mampu menahan beban bangunan secara langsung. Penggunaan pondasi dangkal seperti pondasi telapak, pondasi jalur, atau pondasi rakit dapat direkomendasikan.

2. Zona Pondasi Menengah

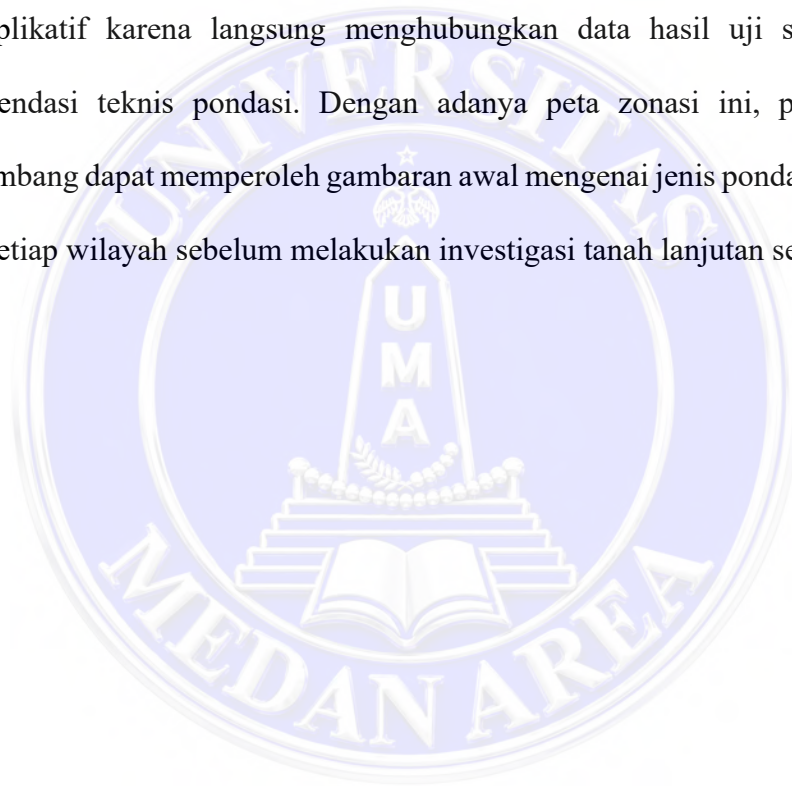
Zona ini memiliki nilai qc sedang dan menunjukkan adanya lapisan tanah keras pada kedalaman menengah. Pada kondisi ini, penggunaan pondasi dangkal masih dapat dipertimbangkan untuk bangunan ringan, namun untuk bangunan bertingkat atau beban besar lebih disarankan menggunakan pondasi dalam dengan kedalaman terbatas.

3. Zona Pondasi Dalam

Zona ini didominasi oleh nilai qc rendah pada lapisan permukaan dan lapisan tanah keras berada pada kedalaman yang relatif besar. Kondisi ini tidak memenuhi syarat teknis untuk penggunaan pondasi dangkal. Oleh karena itu, penggunaan pondasi dalam seperti bored pile atau tiang pancang menjadi pilihan utama.

Dalam penelitian ini, hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Citraland Sampali termasuk ke dalam zona pondasi dalam. Hal ini disebabkan oleh dominasi nilai qc rendah hingga sedang pada lapisan permukaan serta kedalaman lapisan tanah keras yang relatif besar dan tidak merata. Hanya sebagian kecil wilayah yang menunjukkan karakteristik tanah yang memungkinkan penggunaan pondasi dangkal.

Zonasi tipe pondasi yang dihasilkan melalui pendekatan ini bersifat praktis dan aplikatif karena langsung menghubungkan data hasil uji sondir dengan rekomendasi teknis pondasi. Dengan adanya peta zonasi ini, perencana dan pengembang dapat memperoleh gambaran awal mengenai jenis pondasi yang sesuai pada setiap wilayah sebelum melakukan investigasi tanah lanjutan secara detail.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan Citraland Sampali, yang terletak di Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara. Wilayah ini merupakan kawasan yang sedang berkembang pesat dengan pembangunan permukiman dan infrastruktur yang intensif. Oleh karena itu, diperlukan pemahaman geoteknik secara menyeluruh, terutama terkait kondisi tanah dan daya dukungnya untuk perencanaan pondasi bangunan.

Waktu pelaksanaan penelitian berlangsung dari bulan Juli 2025, meliputi tahap pengumpulan data sondir, pengolahan data laboratorium, pemodelan spasial menggunakan QGIS, dan analisis zonasi daya dukung tanah serta rekomendasi tipe pondasi.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (QGIS, 2026)

3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang disesuaikan dengan tujuan untuk memperoleh data geoteknik dan spasial yang dibutuhkan dalam analisis zonasi tipe pondasi. Adapun data yang dikumpulkan berasal dari studi dokumen dan literatur terkait.

3.2.1 Pengumpulan Data Primer

Data primer diperoleh melalui pengamatan dan pengujian langsung di lokasi penelitian, dengan rincian sebagai berikut:

1. Uji Sondir (*Cone Penetration Test/CPT*)

Uji sondir merupakan salah satu metode pengujian tanah di lapangan yang digunakan untuk mengetahui karakteristik lapisan tanah secara vertikal. Proses ini dilakukan dengan menekan konus baja ke dalam tanah dengan kecepatan konstan, kemudian dicatat nilai tahanan ujung (q_c) dan tahanan selimut (f_s) (Putri, 2023). Nilai-nilai ini nantinya digunakan untuk menghitung daya dukung tanah secara empirik.

2. Pengambilan Koordinat Lokasi

Titik-titik pengujian sondir dicatat menggunakan perangkat GPS guna memperoleh data posisi dalam sistem koordinat geografis (*latitude* dan *longitude*). Data ini akan digunakan sebagai input dalam perangkat lunak QGIS untuk keperluan pemodelan spasial (Yanto, 2012).

3. Pengamatan Lapangan

Selain pengujian teknis, dilakukan pula observasi visual terhadap kondisi sekitar lokasi uji sondir, seperti topografi, drainase, serta

penggunaan lahan. Data ini digunakan untuk mendukung interpretasi teknis dan pemilihan jenis pondasi.

3.2.2 Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung yang diperoleh dari sumber lain yang relevan, antara lain:

1. Peta Topografi dan Tata Guna Lahan

Digunakan untuk memahami kondisi geografi wilayah penelitian serta sebagai dasar dalam pembuatan peta spasial.

2. Laporan Penyelidikan Tanah Sebelumnya

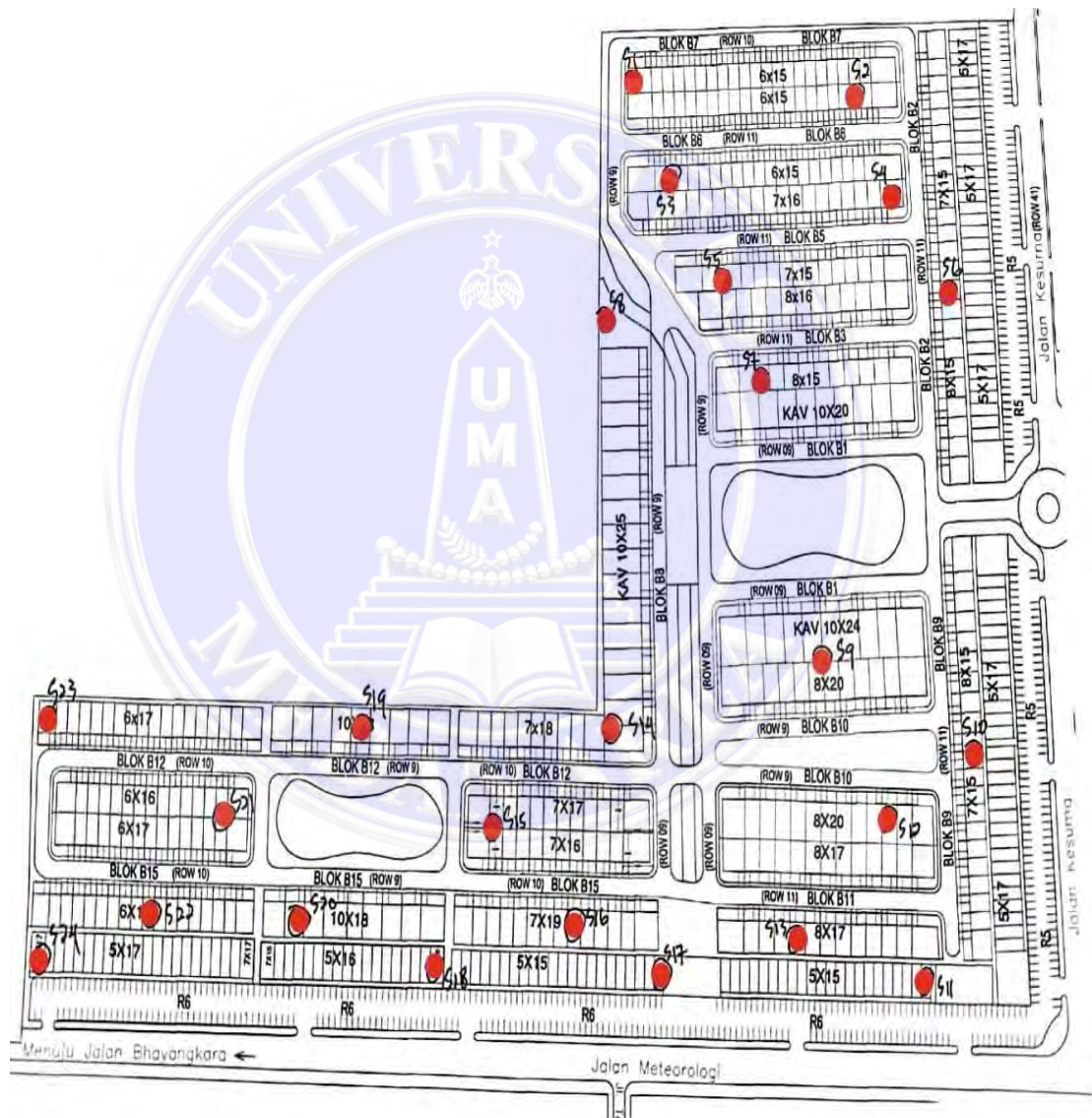
Jika tersedia, laporan ini akan digunakan sebagai pembanding terhadap data hasil uji lapangan saat ini.

3. Literatur dan Referensi Teknis

Meliputi buku teks teknik sipil, jurnal ilmiah, dan standar-standar teknis terkait seperti SNI, ASTM, dan peraturan geoteknik lainnya. Literatur ini digunakan sebagai landasan teori dan referensi dalam perhitungan serta penentuan parameter-parameter teknis.

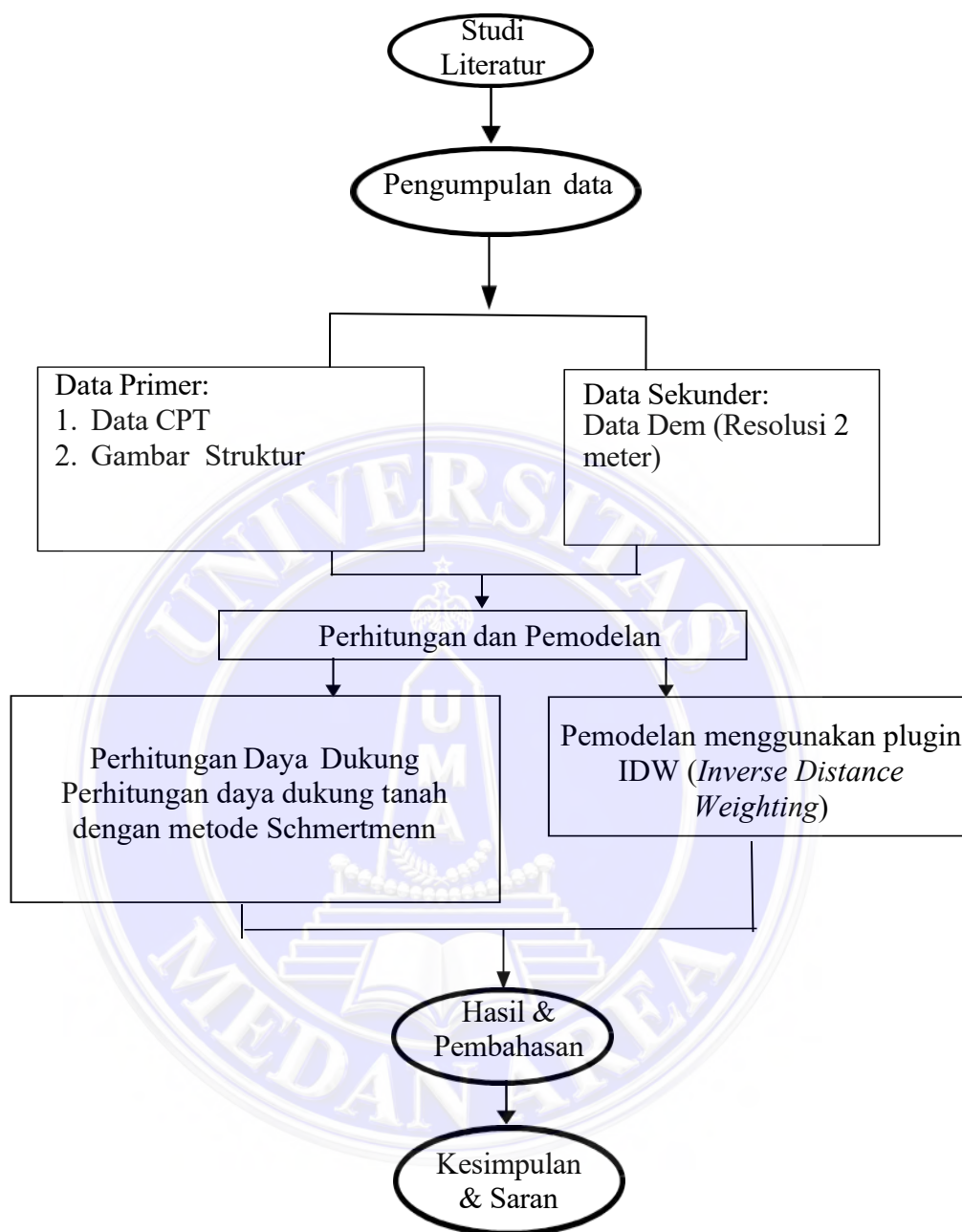
3.3 Site Layout

Site layout digunakan untuk menunjukkan tata letak area penelitian serta posisi titik-titik pengujian sondir yang menjadi sumber data utama dalam penelitian ini. Melalui layout ini, penyebaran titik sondir di lokasi penelitian dapat terlihat dengan jelas sehingga memudahkan dalam memahami distribusi data yang digunakan dalam analisis.



Gambar 2. *Site Layout*

3.4 Kerangka Berpikir



Gambar 3. Kerangka Berpikir

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Analisis data sondir dan pemodelan spasial menggunakan QGIS memperlihatkan bahwa kondisi topografi kawasan Citraland Sampali yang diperoleh dari data *Digital Elevation Model* (DEM) cenderung datar hingga landai dengan perubahan elevasi yang tidak terlalu signifikan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa wilayah penelitian secara topografi cukup stabil untuk pengembangan konstruksi, meskipun karakteristik tanah bawah permukaan tetap memiliki variasi pada setiap titik pengujian. Pengujian sondir memperlihatkan nilai tahanan konus (*cone resistance/qc*) berkisar antara 12–180 kg/cm² dengan dominasi nilai qc rendah hingga sedang. Kondisi tersebut menandakan bahwa lapisan tanah dangkal di kawasan Citraland Sampali umumnya berupa tanah lunak hingga tanah sedang. Lapisan tanah keras hanya ditemukan pada beberapa titik tertentu dan berada pada kedalaman lebih dari 10 meter sehingga penyebarannya tidak merata di seluruh wilayah penelitian.

Pemodelan spasial menggunakan metode interpolasi *Inverse Distance Weighting* (IDW) menunjukkan distribusi nilai qc yang tidak seragam. Area dengan nilai qc rendah mendominasi wilayah penelitian, sedangkan zona dengan nilai qc tinggi hanya muncul secara lokal dan tidak membentuk lapisan yang kontinu. Variasi tersebut menunjukkan bahwa karakteristik tanah pada kawasan penelitian memiliki perbedaan daya dukung yang cukup besar antar lokasi sehingga perlu diperhatikan dalam perencanaan pondasi. Perhitungan daya dukung tanah menggunakan metode Schmertmann menunjukkan bahwa lapisan tanah dengan kapasitas dukung yang lebih baik berada pada kedalaman lebih dari 9 meter. Pondasi tiang pancang dengan

diameter 30–50 cm mampu menahan beban lebih dari 100 ton sehingga dinilai lebih sesuai digunakan pada kawasan penelitian. Penggunaan pondasi dangkal kurang direkomendasikan karena variasi daya dukung tanah yang cukup besar dapat menyebabkan *differential settlement* atau penurunan tanah yang tidak merata. Oleh sebab itu, pondasi dalam lebih direkomendasikan karena mampu menyalurkan beban struktur menuju lapisan tanah yang lebih keras dan stabil.

5.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan agar jumlah titik uji sondir diperbanyak sehingga hasil pemodelan spasial menjadi lebih akurat dan representatif terhadap kondisi lapangan. Selain itu, penelitian berikutnya sebaiknya mengombinasikan data sondir dengan data boring dan uji laboratorium agar parameter tanah yang diperoleh lebih lengkap dan valid.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdinata, D. J. (2025). *Analisis Modulus Geser Tanah Berdasarkan Data Cone Penetration Test pada Proyek Rumah Sakit Madani Medan*. Universitas Medan Area.
- Aisah, E., & Dhiniati, F. (2023). Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dangkal dengan Teori Terzaghi dan Mayerhof. *Konstruksia*, 15(1), 127–136.
- Apriliani, T. (2022). *Pengaruh Variabel Bebas dalam Analisis Kapasitas Dukung dan Penurunan Fondasi Tiang Menggunakan Correlation Based Feature Selection (CFS)*.
- BAENE, S. G. (2023). *Analisis Perbandingan Pondasi Bore Pile dan Pondasi Tapak Terhadap Daya Dukung Tanah Pada Pembangunan Gereja Inkulturatif GBKP Bukit*.
- Erdawaty, E., Rachim, F., Utanaka, A., Mahyuni, E. T., Taliding, T. U., Basri, M. S., Budhi, W. S., Mursalim, M., & Mahyuddin, M. (2024). *Mekanika Tanah untuk Teknik*. Yayasan Kita Menulis.
- Fahriana, N., Ismida, Y., Lydia, E. N., & Ariesta, H. (2019). Analisis klasifikasi tanah dengan metode USCS (Meurandeh Kota Langsa). *JURUTERA-Jurnal Umum Teknik Terapan*, 6(02), 5–13.
- GHOZI, M. N. (2022). *Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Struktur Bawah Jembatan Galeh Berdasarkan Sni 1725-2016 Dan Beban Gempa Sni 2833-2016 (Analysis Of Bearing Capacity And Settlement Of Bottom Structure On Galeh Bridge Based On Sni 1725-2016 And Earthquake Load Sni 2833-2016)*.
- Halibu, E. Z. (2015). *Perencanaan pondasi bored pile dan metode pelaksanaan pada proyek pembangunan gedung Rsj Prof Dr. VL Ratumbusang Manado*. Politeknik Negeri Manado.
- KURNIATULLAH, D. A. (2019). *Studi Eksperimental Perkuatan Tanah Lunak dengan Geogrid Kolom Granular Buatan= Experimental Study of Soft Soil EInforcement with Geogrid Artificial Granular Column*. Universitas Hasanuddin.
- Lubis, R. R. A. (2024). *PENGUJIAN NILAI CBR LABORATORIUM GRANULAR SELECTED SEBAGAI LAPISAN PENOPANG (CAPPING LAYER) PADA RUAS JALAN TOL INDRAPURA–KUALA TANJUNG (Studi Penelitian)*.

- Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara.
- MARPAUNG, T. R. (2024). *Analisis Daya Dukung Pondasi Spun Pile Berdasarkan Data N-SPT Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Indrapura-Kisaran (Studi Kasus)*. Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara.
- METI, M. (2021). *UJI KAPASITAS DUKUNG MODEL PONDASI RAKITAN BAN BEKAS PADA LAPISAN TANAH KOHESIF= TEST OF BEARING CAPACITY OF WASTE TIRE ASSEMBLY FOUNDATION MODEL ON COHESIVE SOIL LAYER*. Universitas Hasanuddin.
- Mulyati, E., Rosyad, F., Meilani, N., Simangunsong, Y. F., Pratama, T. I., Wahyuni, R., & Salsabila, N. (2025). *Dasar-Dasar Teknik Sipil*. CV. Ekdanta Press.
- PURBA, F. D. (2024). *PERBANDINGAN ALTERNATIF PENANGANAN TANAH PASCA LONGSOR PADA TIMBUNAN JALAN TOL*.
- Putri, M. T. H. (2023). *ANALISA PERBANDINGAN DAYA DUKUNG PONDASI BOREDPILE BERDASARKAN DATA SONDIR DAN PILE DRIVING ANALYZER TEST PADA PROYEK PENGEMBANGAN GEDUNG J- UNIVERSITAS KRISTEN PETRA SURABAYA*.
- Syukira, N. S., Utomo, S. S., Rakhmayanti, D., Herdyan, R. D., Rohmat, X. A., Rifki, M. F. N., Saputra, A., Fatiyah, S., & Liyanton, L. (2024). Pemetaan Lahan Pertanian Berbasis Data Spasial Menggunakan Aplikasi QGIS di Desa Mojorembun Kecamatan Rejoso. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*, 6(2), 146–154.
- Triani, D. (2025). *HUBUNGAN NILAI CBR LABORATORIUM DAN DCP PADA TANAH YANG DIPADATKAN PADA PEMBANGUNAN JALAN TOL TEBING TINGGI-PARAPAT (Studi Kasus)*. Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara.
- Wicaksono, G. (2023). PEMANFAATAN QGIS DALAM PENGEMBANGAN KOTA DIGITAL BERBASIS ANALISIS SPASIAL: STUDI KASUS SURAKARTA SEBAGAI SMART CITY. *JoDA Journal of Digital Architecture*, 3(1), 21–26.
- Wilar, B. (2016). *Pelaksanaan pondasi sumuran pada proyek pembangunan gedung kuliah jurusan farmasi Politeknik Kesehatan Manado*. Politeknik Negeri Manado.

LAMPIRAN

Test No : S-4						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	4	4	754.10	0.7541	150.89	0.1509
0.40	7	8	1508.08	1.5081	301.73	0.3017
0.60	12	18	3392.71	3.3927	678.74	0.6787
0.80	70	48	9051.99	9.0520	1811.57	1.8116
1.00	130	88	16595.53	16.5955	3321.28	3.3213
1.20	75	118	22240.62	22.2406	4449.38	4.4494
1.40	60	148	27890.74	27.8907	5579.15	5.5792
1.60	45	168	31656.85	31.6569	6332.12	6.3321
1.80	32	188	35423.22	35.4232	7085.18	7.0852
2.00	10	198	37304.46	37.3045	7461.06	7.4611
2.20	8	204	38434.60	38.4346	7687.05	7.6871
2.40	5	208	39187.83	39.1878	7837.65	7.8376
2.60	7	212	39941.68	39.9417	7988.45	7.9885
2.80	6	216	40695.15	40.6952	8139.13	8.1391
3.00	6	220	41448.75	41.4488	8289.85	8.2899
3.20	8	226	42579.40	42.5794	8516.01	8.5160
3.40	7	230	43332.88	43.3329	8666.69	8.6667
3.60	12	240	45217.51	45.2175	9043.70	9.0437
3.80	10	250	47101.26	47.1013	9420.42	9.4204
4.00	15	270	50869.88	50.8699	10174.23	10.1742
4.20	20	280	52754.51	52.7545	10551.24	10.5512
4.40	30	296	55770.17	55.7702	11154.54	11.1545
4.60	48	316	59540.43	59.5404	11908.89	11.9089
4.80	110	356	67084.22	67.0842	13418.69	13.4187
5.00	155	396	74625.87	74.6259	14927.77	14.9278
5.20	185	436	82165.64	82.1656	16436.23	16.4362
5.40	200	476	89703.52	89.7035	17944.05	17.9441

Test No : S-6						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	3	4	753.98	0.7540	150.85	0.1508
0.40	5	10	1884.63	1.8846	377.01	0.3770
0.60	8	16	3015.40	3.0154	603.21	0.6032
0.80	17	26	4900.54	4.9005	980.39	0.9804
1.00	135	66	12451.36	12.4514	2492.53	2.4925
1.20	40	86	16207.42	16.2074	3242.15	3.2422
1.40	22	96	18089.16	18.0892	3618.20	3.6182
1.60	10	106	19971.66	19.9717	3994.50	3.9945
1.80	8	114	21478.60	21.4786	4295.85	4.2959
2.00	6	120	22608.75	22.6088	4521.85	4.5219
2.20	9	126	23739.53	23.7395	4748.06	4.7481
2.40	12	138	26000.71	26.0007	5200.34	5.2003
2.60	20	148	27885.71	27.8857	5577.48	5.5775
2.80	18	160	30146.26	30.1463	6029.55	6.0296
3.00	15	170	32029.88	32.0299	6406.23	6.4062
3.20	10	180	33913.26	33.9133	6782.82	6.7828
3.40	8	188	35420.20	35.4202	7084.17	7.0842
3.60	8	194	36550.60	36.5506	7310.25	7.3103
3.80	12	204	38435.11	38.4351	7687.22	7.6872
4.00	10	214	40318.86	40.3189	8063.94	8.0639
4.20	30	234	44089.37	44.0894	8818.38	8.8184
4.40	38	254	47858.37	47.8584	9572.31	9.5723
4.60	50	274	51627.88	51.6279	10326.41	10.3264
4.80	70	304	57282.39	57.2824	11457.65	11.4577
5.00	90	344	64820.90	64.8209	12965.69	12.9657
5.20	110	384	72359.42	72.3594	14473.73	14.4737
5.40	145	424	79899.81	79.8998	15982.39	15.9824
5.60	180	464	87440.21	87.4402	17491.06	17.4911
5.80	200	504	94978.72	94.9787	18999.09	18.9991

Test No : S-7						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	4	6	1130.90	1.1309	226.25	0.2262
0.40	7	12	2261.68	2.2617	452.45	0.4525
0.60	12	24	4523.11	4.5231	904.82	0.9048
0.80	65	54	10181.76	10.1818	2037.44	2.0374
1.00	50	74	13947.88	13.9479	2790.41	2.7904
1.20	55	104	19600.51	19.6005	3921.02	3.9210
1.40	35	124	23366.00	23.3660	4673.79	4.6738
1.60	18	136	25624.66	25.6247	5125.23	5.1252
1.80	15	146	27508.28	27.5083	5501.91	5.5019
2.00	12	156	29391.91	29.3919	5878.58	5.8786
2.20	8	162	30521.80	30.5218	6104.49	6.1045
2.40	6	168	31651.95	31.6520	6330.49	6.3305
2.60	22	178	33537.96	33.5380	6707.96	6.7080
2.80	15	188	35421.08	35.4211	7084.47	7.0845
3.00	10	198	37304.46	37.3045	7461.06	7.4611
3.20	7	204	38434.48	38.4345	7687.01	7.6870
3.40	9	210	39565.13	39.5651	7913.18	7.9132
3.60	20	220	41450.51	41.4505	8290.44	8.2904
3.80	38	238	44843.97	44.8440	8969.43	8.9694
4.00	65	268	50499.36	50.4994	10100.96	10.1010
4.20	75	298	56152.62	56.1526	11231.78	11.2318
4.40	70	328	61803.99	61.8040	12361.97	12.3620
4.60	60	358	67454.74	67.4547	13491.95	13.4920
4.80	50	378	71221.48	71.2215	14245.13	14.2451
5.00	72	408	76876.24	76.8762	15376.45	15.3765
5.20	110	448	84417.02	84.4170	16885.25	16.8852
5.40	150	488	91958.04	91.9580	18394.12	18.3941
5.60	60	518	97598.74	97.5987	19520.75	19.5208
5.80	12	524	98723.11	98.7231	19744.82	19.7448
6.00	8	532	100229.80	100.2298	20046.09	20.0461
6.20	60	562	105888.34	105.8883	21178.67	21.1787
6.40	17	576	108520.54	108.5205	21704.39	21.7044
6.60	15	586	110404.28	110.4043	22081.11	22.0811
6.80	9	592	111533.93	111.5339	22306.94	22.3069
7.00	6	596	112287.15	112.2872	22457.53	22.4575
7.20	7	602	113417.68	113.4177	22683.65	22.6837
7.40	8	610	114925.00	114.9250	22985.13	22.9851
7.60	8	616	116055.40	116.0554	23211.21	23.2112

7.80	10	626	117939.66	117.9397	23588.10	23.5881
8.00	18	638	120201.46	120.2015	24040.59	24.0406
8.20	22	650	122462.76	122.4628	24492.92	24.4929
8.40	35	670	126232.40	126.2324	25247.07	25.2471
8.60	45	690	130001.65	130.0017	26001.08	26.0011
8.80	40	710	133769.02	133.7690	26754.47	26.7545
9.00	30	726	136782.17	136.7822	27356.94	27.3569
9.20	15	736	138664.28	138.6643	27733.11	27.7331
9.40	12	748	140924.71	140.9247	28185.14	28.1851
9.60	7	752	141677.68	141.6777	28335.65	28.3357
9.80	7	758	142808.08	142.8081	28561.73	28.5617
10.00	9	764	143938.73	143.9387	28787.90	28.7879
10.20	8	772	145445.80	145.4458	29089.29	29.0893
10.40	8	778	146576.20	146.5762	29315.37	29.3154
10.60	5	782	147329.43	147.3294	29465.97	29.4660
10.80	10	792	149214.06	149.2141	29842.98	29.8430
11.00	18	804	151475.86	151.4759	30295.47	30.2955
11.20	30	820	154491.77	154.4918	30898.86	30.8989
11.40	15	830	156373.88	156.3739	31275.03	31.2750
11.60	115	870	163922.44	163.9224	32786.41	32.7864
11.80	168	910	171465.10	171.4651	34295.83	34.2958
12.00	200	950	179005.12	179.0051	35804.37	35.8044

Test No : S-8						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	3	4	753.98	0.7540	150.85	0.1508
0.40	5	8	1507.83	1.5078	301.65	0.3016
0.60	5	14	2638.23	2.6382	527.73	0.5277
0.80	4	18	3391.70	3.3917	678.41	0.6784
1.00	8	24	4522.60	4.5226	904.65	0.9047
1.20	15	34	6407.48	6.4075	1281.75	1.2817
1.40	18	46	8668.66	8.6687	1734.03	1.7340
1.60	12	56	10551.91	10.5519	2110.58	2.1106
1.80	9	62	11681.93	11.6819	2336.54	2.3365
2.00	30	78	14698.97	14.6990	2940.30	2.9403
2.20	25	88	16582.34	16.5823	3316.89	3.3169
2.40	32	108	20351.22	20.3512	4070.78	4.0708
2.60	10	118	22232.46	22.2325	4446.66	4.4467
2.80	8	126	23739.40	23.7394	4748.01	4.7480
3.00	8	132	24869.80	24.8698	4974.09	4.9741
3.20	6	136	25623.15	25.6232	5124.73	5.1247
3.40	7	142	26753.68	26.7537	5350.85	5.3509
3.60	6	148	27883.95	27.8840	5576.89	5.5769
3.80	9	154	29014.73	29.0147	5803.10	5.8031
4.00	12	166	31275.91	31.2759	6255.38	6.2554
4.20	15	176	33160.28	33.1603	6632.31	6.6323
4.40	28	188	35422.72	35.4227	7085.01	7.0850
4.60	35	208	39191.60	39.1916	7838.91	7.8389
4.80	55	228	42962.11	42.9621	8593.34	8.5933
5.00	40	248	46728.22	46.7282	9346.31	9.3463
5.20	110	288	54273.02	54.2730	10856.45	10.8564
5.40	30	304	57277.37	57.2774	11455.98	11.4560
5.60	45	324	61047.25	61.0473	12210.20	12.2102
5.80	12	336	63303.91	63.3039	12660.98	12.6610
6.00	8	344	64810.60	64.8106	12962.25	12.9623
6.20	6	348	65563.95	65.5640	13112.89	13.1129
6.40	6	354	66694.35	66.6944	13338.97	13.3390
6.60	9	360	67825.13	67.8251	13565.18	13.5652
6.80	15	370	69709.88	69.7099	13942.23	13.9422
7.00	12	380	71593.51	71.5935	14318.90	14.3189
7.20	8	388	73100.20	73.1002	14620.17	14.6202
7.40	6	394	74230.35	74.2304	14846.17	14.8462
7.60	7	400	75360.88	75.3609	15072.29	15.0723

7.80	5	404	76114.23	76.1142	15222.93	15.2229
8.00	5	410	77244.63	77.2446	15449.01	15.4490
8.20	6	414	77998.35	77.9984	15599.77	15.5998
8.40	4	418	78751.70	78.7517	15750.41	15.7504
8.60	8	424	79882.60	79.8826	15976.65	15.9767
8.80	12	436	82143.91	82.1439	16428.98	16.4290
9.00	18	448	84405.46	84.4055	16881.39	16.8814
9.20	15	458	86289.08	86.2891	17258.07	17.2581
9.40	7	464	87418.48	87.4185	17483.81	17.4838
9.60	6	470	88548.75	88.5488	17709.85	17.7099
9.80	8	476	89679.40	89.6794	17936.01	17.9360
10.00	8	484	91186.60	91.1866	18237.45	18.2375
10.20	10	494	93070.86	93.0709	18614.34	18.6143
10.40	15	504	94955.48	94.9555	18991.35	18.9913
10.60	26	520	97971.27	97.9713	19594.69	19.5947
10.80	40	540	101741.02	101.7410	20348.87	20.3489
11.00	90	580	109283.30	109.2833	21858.17	21.8582
11.20	40	600	113045.02	113.0450	22609.67	22.6097
11.40	22	612	115303.56	115.3036	23061.08	23.0611
11.60	95	652	122848.73	122.8487	24571.34	24.5713
11.80	140	692	130390.38	130.3904	26080.42	26.0804
12.00	75	722	136034.22	136.0342	27208.10	27.2081
12.20	80	762	143570.85	143.5708	28715.51	28.7155
12.40	70	792	149221.59	149.2216	29845.49	29.8455
12.60	165	822	154885.52	154.8855	30979.87	30.9799
12.80	175	862	162422.78	162.4228	32487.49	32.4875
13.00	200	902	169961.92	169.9619	33995.73	33.9957

Test No : S-9						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	3	4	753.98	0.7540	150.85	0.1508
0.40	5	10	1884.63	1.8846	377.01	0.3770
0.60	8	16	3015.40	3.0154	603.21	0.6032
0.80	12	28	5276.71	5.2767	1055.54	1.0555
1.00	40	48	9048.22	9.0482	1810.31	1.8103
1.20	25	58	10930.34	10.9303	2186.49	2.1865
1.40	60	88	16586.74	16.5867	3318.35	3.3184
1.60	50	108	20353.48	20.3535	4071.53	4.0715
1.80	35	128	24119.60	24.1196	4824.51	4.8245
2.00	40	148	27888.22	27.8882	5578.31	5.5783
2.20	28	154	29017.12	29.0171	5803.89	5.8039
2.40	15	164	30899.48	30.8995	6180.15	6.1801
2.60	12	176	33159.91	33.1599	6632.18	6.6322
2.80	10	186	35043.66	35.0437	7008.90	7.0089
3.00	7	190	35796.88	35.7969	7159.49	7.1595
3.20	8	198	37304.20	37.3042	7460.97	7.4610
3.40	6	202	38057.55	38.0576	7611.61	7.6116
3.60	6	208	39187.95	39.1880	7837.69	7.8377
3.80	5	212	39941.43	39.9414	7988.37	7.9884
4.00	7	218	41072.08	41.0721	8214.53	8.2145
4.20	10	228	42956.46	42.9565	8591.46	8.5915
4.40	32	248	46727.22	46.7272	9345.98	9.3460
4.60	50	268	50497.48	50.4975	10100.33	10.1003
4.80	42	300	56525.28	56.5253	11305.76	11.3058
5.00	35	320	60292.40	60.2924	12059.07	12.0591
5.20	30	336	63306.17	63.3062	12661.74	12.6617
5.40	25	346	65189.54	65.1895	13038.33	13.0383
5.60	30	366	68958.17	68.9582	13792.14	13.7921
5.80	48	386	72728.43	72.7284	14546.49	14.5465
6.00	30	406	76494.17	76.4942	15299.34	15.2993
6.20	35	426	80262.80	80.2628	16053.15	16.0531
6.40	42	446	84031.68	84.0317	16807.04	16.8070
6.60	50	466	87800.68	87.8007	17560.97	17.5610
6.80	55	486	91569.31	91.5693	18314.78	18.3148
7.00	40	506	95335.42	95.3354	19067.75	19.0678
7.20	35	524	98726.00	98.7260	19745.79	19.7458
7.40	20	534	100608.11	100.6081	20121.96	20.1220
7.60	15	544	102491.48	102.4915	20498.55	20.4985

7.80	9	550	103621.13	103.6211	20724.38	20.7244
8.00	7	556	104751.28	104.7513	20950.37	20.9504
8.20	10	566	106635.66	106.6357	21327.30	21.3273
8.40	28	578	108898.72	108.8987	21780.21	21.7802
8.60	50	598	112669.48	112.6695	22534.73	22.5347
8.80	32	618	116435.22	116.4352	23287.58	23.2876
9.00	25	628	118318.34	118.3183	23664.09	23.6641
9.20	60	658	123974.74	123.9747	24795.95	24.7960
9.40	25	668	125854.34	125.8543	25171.29	25.1713
9.60	10	678	127736.46	127.7365	25547.46	25.5475
9.80	12	690	129997.51	129.9975	25999.70	25.9997
10.00	20	700	131882.51	131.8825	26376.84	26.3768
10.20	25	710	133767.14	133.7671	26753.85	26.7538
10.40	18	722	136027.06	136.0271	27205.71	27.2057
10.60	12	734	138287.11	138.2871	27657.62	27.6576
10.80	8	742	139793.80	139.7938	27958.89	27.9589
11.00	10	752	141678.06	141.6781	28335.78	28.3358
11.20	25	762	143563.94	143.5639	28713.21	28.7132
11.40	32	782	147332.82	147.3328	29467.10	29.4671
11.60	65	812	152988.96	152.9890	30598.88	30.5989
11.80	140	852	160534.38	160.5344	32109.22	32.1092
12.00	80	862	162410.85	162.4108	32483.51	32.4835
12.20	40	882	166173.82	166.1738	33235.43	33.2354
12.40	35	902	169941.20	169.9412	33988.83	33.9888
12.60	50	922	173711.08	173.7111	34743.05	34.7431
12.80	60	952	179364.34	179.3643	35873.87	35.8739
13.00	65	982	185016.96	185.0170	37004.48	37.0045
13.20	70	1012	190669.59	190.6696	38135.09	38.1351
13.40	60	1042	196320.34	196.3203	39265.07	39.2651
13.60	55	1062	200087.71	200.0877	40018.46	40.0185
13.80	40	1082	203853.82	203.8538	40771.43	40.7714
14.00	35	1102	207621.20	207.6212	41524.83	41.5248
14.20	50	1122	211391.08	211.3911	42279.05	42.2791
14.40	30	1138	214402.97	214.4030	42881.10	42.8811
14.60	18	1150	216662.26	216.6623	43332.75	43.3328
14.80	15	1160	218545.88	218.5459	43709.43	43.7094
15.00	10	1170	220429.26	220.4293	44086.02	44.0860
15.20	15	1180	222313.88	222.3139	44463.03	44.4630
15.40	18	1192	224575.06	224.5751	44915.31	44.9153
15.60	22	1204	226836.36	226.8364	45367.64	45.3676
15.80	16	1216	229096.41	229.0964	45819.55	45.8195
16.00	20	1226	230980.91	230.9809	46196.52	46.1965
16.20	25	1236	232865.54	232.8655	46573.53	46.5735

16.40	32	1256	236634.42	236.6344	47327.42	47.3274
16.60	50	1276	240404.68	240.4047	48081.77	48.0818
16.80	55	1296	244173.31	244.1733	48835.58	48.8356
17.00	70	1326	249827.19	249.8272	49966.61	49.9666
17.20	90	1366	257365.70	257.3657	51474.65	51.4746
17.40	65	1396	263014.56	263.0146	52604.00	52.6040
17.60	70	1436	270551.19	270.5512	54111.41	54.1114
17.80	70	1476	278087.19	278.0872	55618.61	55.6186
18.00	110	1496	281860.22	281.8602	56373.89	56.3739
18.20	135	1536	289399.36	289.3994	57882.13	57.8821
18.40	170	1576	296939.75	296.9398	59390.80	59.3908
18.60	200	1626	306363.52	306.3635	61276.05	61.2761



Test No : S-10						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	5	4	754.23	0.7542	150.93	0.1509
0.40	8	10	1885.00	1.8850	377.13	0.3771
0.60	22	22	4147.56	4.1476	829.88	0.8299
0.80	85	62	11691.48	11.6915	2339.72	2.3397
1.00	135	102	19233.76	19.2338	3849.01	3.8490
1.20	55	122	22991.71	22.9917	4599.26	4.5993
1.40	28	134	25249.12	25.2491	5050.29	5.0503
1.60	20	144	27132.11	27.1321	5426.76	5.4268
1.80	18	156	29392.66	29.3927	5878.83	5.8788
2.00	25	166	31277.54	31.2775	6255.93	6.2559
2.20	12	178	33536.71	33.5367	6707.54	6.7075
2.40	8	184	34666.60	34.6666	6933.45	6.9335
2.60	6	190	35796.75	35.7968	7159.45	7.1595
2.80	9	196	36927.53	36.9275	7385.66	7.3857
3.00	10	206	38811.66	38.8117	7762.50	7.7625
3.20	12	218	41072.71	41.0727	8214.74	8.2147
3.40	8	226	42579.40	42.5794	8516.01	8.5160
3.60	14	238	44840.96	44.8410	8968.43	8.9684
3.80	22	250	47102.76	47.1028	9420.92	9.4209
4.00	50	270	50874.28	50.8743	10175.69	10.1757
4.20	140	310	58421.58	58.4216	11686.66	11.6867
4.40	55	330	62178.91	62.1789	12436.70	12.4367
4.60	22	342	64435.56	64.4356	12887.48	12.8875
4.80	20	352	66319.31	66.3193	13264.20	13.2642
5.00	40	372	70089.82	70.0898	14018.63	14.0186
5.20	10	384	72346.86	72.3469	14469.54	14.4695
5.40	12	396	74607.91	74.6079	14921.78	14.9218
5.60	18	408	76869.46	76.8695	15374.19	15.3742
5.80	14	430	81013.76	81.0138	16202.99	16.2030
6.00	10	440	82897.26	82.8973	16579.62	16.5796
6.20	20	452	85159.31	85.1593	17032.20	17.0322
6.40	70	482	90817.59	90.8176	18164.69	18.1647
6.60	55	502	94583.71	94.5837	18917.66	18.9177
6.80	40	522	98349.82	98.3498	19670.63	19.6706
7.00	30	538	101362.97	101.3630	20273.10	20.2731
7.20	15	558	105129.08	105.1291	21026.07	21.0261
7.40	12	570	107389.51	107.3895	21478.10	21.4781
7.60	8	578	108896.20	108.8962	21779.37	21.7794

7.80	6	584	110026.35	110.0264	22005.37	22.0054
8.00	8	590	111157.00	111.1570	22231.53	22.2315
8.20	10	600	113041.26	113.0413	22608.42	22.6084
8.40	7	606	114171.28	114.1713	22834.37	22.8344
8.60	12	618	116432.71	116.4327	23286.74	23.2867
8.80	32	638	120203.22	120.2032	24041.18	24.0412
9.00	40	658	123972.22	123.9722	24795.11	24.7951
9.20	90	698	131514.50	131.5145	26304.41	26.3044
9.40	35	718	135275.60	135.2756	27055.71	27.0557
9.60	20	728	137157.71	137.1577	27431.88	27.4319
9.80	18	740	139418.26	139.4183	27883.95	27.8840
10.00	28	754	142057.12	142.0571	28411.89	28.4119
10.20	100	794	149602.16	149.6022	29922.11	29.9221
10.40	55	814	153364.51	153.3645	30673.82	30.6738
10.60	18	826	155620.66	155.6207	31124.43	31.1244
10.80	22	838	157881.96	157.8820	31576.76	31.5768
11.00	30	858	161650.97	161.6510	32330.70	32.3307
11.20	35	878	165419.60	165.4196	33084.51	33.0845
11.40	30	894	168433.37	168.4334	33687.18	33.6872
11.60	25	904	170316.74	170.3167	34063.77	34.0638
11.80	18	916	172576.66	172.5767	34515.63	34.5156
12.00	15	926	174460.28	174.4603	34892.31	34.8923
12.20	50	946	178232.68	178.2327	35647.37	35.6474
12.40	75	976	183887.82	183.8878	36778.82	36.7788
12.60	130	1016	191430.73	191.4307	38288.32	38.2883
12.80	200	1056	198975.52	198.9755	39798.45	39.7985

Test No : S-11						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	7	6	1131.28	1.1313	226.37	0.2264
0.40	12	18	3392.71	3.3927	678.74	0.6787
0.60	25	28	5278.34	5.2783	1056.09	1.0561
0.80	60	58	10934.74	10.9347	2187.95	2.1880
1.00	85	98	18473.88	18.4739	3696.20	3.6962
1.20	58	118	22238.48	22.2385	4448.67	4.4487
1.40	25	128	24118.34	24.1183	4824.09	4.8241
1.60	20	138	26001.71	26.0017	5200.68	5.2007
1.80	28	150	28263.52	28.2635	5653.17	5.6532
2.00	22	160	30146.76	30.1468	6029.72	6.0297
2.20	15	170	32029.88	32.0299	6406.23	6.4062
2.40	8	176	33159.40	33.1594	6632.01	6.6320
2.60	10	186	35043.66	35.0437	7008.90	7.0089
2.80	25	196	36929.54	36.9295	7386.33	7.3863
3.00	20	206	38812.91	38.8129	7762.92	7.7629
3.20	28	156	29393.92	29.3939	5879.25	5.8793
3.40	33	176	33162.54	33.1625	6633.06	6.6331
3.60	75	206	38819.82	38.8198	7765.22	7.7652
3.80	70	236	44471.19	44.4712	8895.41	8.8954
4.00	85	276	52009.08	52.0091	10403.24	10.4032
4.20	110	316	59548.22	59.5482	11911.49	11.9115
4.40	80	356	67080.45	67.0804	13417.43	13.4174
4.60	65	386	72730.56	72.7306	14547.20	14.5472
4.80	70	426	80267.19	80.2672	16054.61	16.0546
5.00	90	466	87805.70	87.8057	17562.65	17.5626
5.20	75	506	95339.82	95.3398	19069.22	19.0692
5.40	155	546	102885.87	102.8859	20579.77	20.5798
5.60	110	586	110416.22	110.4162	22085.09	22.0851
5.80	65	616	116062.56	116.0626	23213.60	23.2136
6.00	115	656	123604.84	123.6048	24722.89	24.7229
6.20	120	696	131141.47	131.1415	26230.30	26.2303
6.40	95	736	138674.33	138.6743	27736.46	27.7365
6.60	70	776	146207.19	146.2072	29242.61	29.2426
6.80	45	796	149972.05	149.9721	29995.16	29.9952
7.00	15	806	151852.28	151.8523	30370.71	30.3707
7.20	12	818	154112.71	154.1127	30822.74	30.8227
7.40	8	824	155242.60	155.2426	31048.65	31.0487

7.60	6	828	155995.95	155.9960	31199.29	31.1993
7.80	7	832	156749.68	156.7497	31350.05	31.3501
8.00	10	842	158634.06	158.6341	31726.98	31.7270
8.20	15	852	160518.68	160.5187	32103.99	32.1040
8.40	18	864	162779.86	162.7799	32556.27	32.5563
8.60	26	876	165041.67	165.0417	33008.77	33.0088
8.80	38	896	168811.17	168.8112	33762.87	33.7629
9.00	55	916	172581.31	172.5813	34517.18	34.5172
9.20	110	956	180124.22	180.1242	36026.69	36.0267
9.40	50	976	183884.68	183.8847	36777.77	36.7778
9.60	35	996	187650.80	187.6508	37530.75	37.5307
9.80	22	1008	189909.96	189.9100	37982.36	37.9824
10.00	40	1028	193680.22	193.6802	38736.71	38.7367
10.20	30	1044	196693.37	196.6934	39339.18	39.3392
10.40	28	1056	198953.92	198.9539	39791.25	39.7913
10.60	50	1076	202724.68	202.7247	40545.77	40.5458
10.80	85	1116	210265.08	210.2651	42054.44	42.0544
11.00	110	1156	217804.22	217.8042	43562.69	43.5627
11.20	115	1196	225340.84	225.3408	45070.09	45.0701
11.40	125	1236	232878.10	232.8781	46577.71	46.5777
11.60	90	1276	240409.70	240.4097	48083.45	48.0834
11.80	75	1306	246059.82	246.0598	49213.22	49.2132
12.00	170	1346	253607.75	253.6078	50724.40	50.7244
12.20	45	1366	257360.05	257.3601	51472.76	51.4728
12.40	65	1396	263014.56	263.0146	52604.00	52.6040
12.60	50	1416	266780.68	266.7807	53356.97	53.3570
12.80	75	1446	272435.82	272.4358	54488.42	54.4884
13.00	100	1486	279974.96	279.9750	55996.67	55.9967
13.20	150	1526	287517.24	287.5172	57505.96	57.5060
13.40	35	1546	291270.80	291.2708	58254.75	58.2547
13.60	145	1586	298820.61	298.8206	59766.55	59.7666
13.80	70	1626	306347.19	306.3472	61270.61	61.2706
14.00	45	1646	310112.05	310.1121	62023.16	62.0232
14.20	22	1658	312369.96	312.3700	62474.36	62.4744
14.40	28	1670	314631.52	314.6315	62926.77	62.9268
14.60	25	1680	316515.14	316.5151	63303.45	63.3034
14.80	30	1696	319530.17	319.5302	63906.54	63.9065
15.00	32	1716	323298.42	323.2984	64660.22	64.6602
15.20	100	1756	330842.96	330.8430	66170.27	66.1703
15.40	135	1796	338383.36	338.3834	67678.93	67.6789
15.60	65	1826	344026.56	344.0266	68806.40	68.8064
15.80	42	1846	347791.68	347.7917	69559.04	69.5590
16.00	30	1866	351558.17	351.5582	70312.14	70.3121

16.20	28	1878	353818.72	353.8187	70764.21	70.7642
16.40	20	1888	355701.71	355.7017	71140.68	71.1407
16.60	32	1908	359471.22	359.4712	71894.78	71.8948
16.80	40	1928	363240.22	363.2402	72648.71	72.6487
17.00	70	1968	370779.99	370.7800	74157.17	74.1572
17.20	85	2008	378317.88	378.3179	75665.00	75.6650
17.40	110	2048	385857.02	385.8570	77173.25	77.1732
17.60	125	2088	393394.90	393.3949	78681.07	78.6811
17.80	155	2128	400934.67	400.9347	80189.53	80.1895
18.00	135	2168	408468.16	408.4682	81695.89	81.6959
18.20	180	2208	416009.81	416.0098	83204.98	83.2050
18.40	200	2248	423548.32	423.5483	84713.01	84.7130



Test No : S-12						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	5	4	754.23	0.7542	150.93	0.1509
0.40	9	10	1885.13	1.8851	377.18	0.3772
0.60	18	22	4147.06	4.1471	829.71	0.8297
0.80	60	52	9804.34	9.8043	1961.87	1.9619
1.00	85	92	17343.48	17.3435	3470.12	3.4701
1.20	150	132	24887.64	24.8876	4980.04	4.9800
1.40	55	152	28643.71	28.6437	5729.66	5.7297
1.60	38	172	32409.57	32.4096	6482.55	6.4826
1.80	30	192	36176.57	36.1766	7235.82	7.2358
2.00	22	204	38436.36	38.4364	7687.64	7.6876
2.20	65	234	44093.76	44.0938	8819.84	8.8198
2.40	36	254	47858.12	47.8581	9572.23	9.5722
2.60	28	266	50117.92	50.1179	10024.05	10.0241
2.80	25	276	52001.54	52.0015	10400.73	10.4007
3.00	20	286	53884.91	53.8849	10777.32	10.7773
3.20	25	296	55769.54	55.7695	11154.33	11.1543
3.40	28	308	58030.72	58.0307	11606.61	11.6066
3.60	30	324	61045.37	61.0454	12209.58	12.2096
3.80	60	354	66701.14	66.7011	13341.23	13.3412
4.00	65	384	72353.76	72.3538	14471.84	14.4718
4.20	125	424	79897.30	79.8973	15981.55	15.9816
4.40	75	454	85543.02	85.5430	17109.86	17.1099
4.60	80	494	93079.65	93.0796	18617.27	18.6173
4.80	160	534	100625.70	100.6257	20127.82	20.1278
5.00	185	574	108164.84	108.1648	21636.07	21.6361
5.20	200	614	115702.72	115.7027	23143.89	23.1439

Test No : S-13						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	3	4	753.98	0.7540	150.85	0.1508
0.40	5	8	1507.83	1.5078	301.65	0.3016
0.60	6	12	2261.55	2.2616	452.41	0.4524
0.80	6	18	3391.95	3.3920	678.49	0.6785
1.00	4	22	4145.30	4.1453	829.13	0.8291
1.20	8	30	5653.00	5.6530	1130.73	1.1307
1.40	70	60	11312.79	11.3128	2263.73	2.2637
1.60	40	80	15077.02	15.0770	3016.07	3.0161
1.80	35	100	18844.40	18.8444	3769.47	3.7695
2.00	12	112	21102.31	21.1023	4220.66	4.2207
2.20	9	118	22232.33	22.2323	4446.62	4.4466
2.40	6	122	22985.55	22.9856	4597.21	4.5972
2.60	6	128	24115.95	24.1160	4823.29	4.8233
2.80	5	132	24869.43	24.8694	4973.97	4.9740
3.00	7	138	26000.08	26.0001	5200.13	5.2001
3.20	9	144	27130.73	27.1307	5426.30	5.4263
3.40	22	156	29393.16	29.3932	5879.00	5.8790
3.60	28	168	31654.72	31.6547	6331.41	6.3314
3.80	40	188	35424.22	35.4242	7085.51	7.0855
4.00	130	228	42971.53	42.9715	8596.48	8.5965
4.20	178	268	50513.56	50.5136	10105.69	10.1057
4.40	200	308	58052.32	58.0523	11613.81	11.6138

Test No : S-14						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	4	4	754.10	0.7541	150.89	0.1509
0.40	6	8	1507.95	1.5080	301.69	0.3017
0.60	5	12	2261.43	2.2614	452.37	0.4524
0.80	70	52	9805.59	9.8056	1962.29	1.9623
1.00	130	92	17349.13	17.3491	3472.00	3.4720
1.20	75	122	22994.22	22.9942	4600.10	4.6001
1.40	50	142	26759.08	26.7591	5352.65	5.3527
1.60	12	154	29015.11	29.0151	5803.22	5.8032
1.80	8	166	31275.40	31.2754	6255.21	6.2552
2.00	5	172	32405.43	32.4054	6481.17	6.4812
2.20	12	182	34290.31	34.2903	6858.26	6.8583
2.40	18	194	36551.86	36.5519	7310.67	7.3107
2.60	10	204	38434.86	38.4349	7687.14	7.6871
2.80	9	204	38434.73	38.4347	7687.10	7.6871
3.00	5	208	39187.83	39.1878	7837.65	7.8376
3.20	5	214	40318.23	40.3182	8063.73	8.0637
3.40	8	220	41449.00	41.4490	8289.93	8.2899
3.60	9	226	42579.53	42.5795	8516.06	8.5161
3.80	15	236	44464.28	44.4643	8893.11	8.8931
4.00	22	248	46725.96	46.7260	9345.56	9.3456
4.20	17	258	48609.34	48.6093	9722.15	9.7222
4.40	20	268	50493.71	50.4937	10099.08	10.0991
4.60	16	276	52000.41	52.0004	10400.35	10.4003
4.80	12	288	54260.71	54.2607	10852.34	10.8523
5.00	10	298	56144.46	56.1445	11229.06	11.2291
5.20	25	308	58030.34	58.0303	11606.49	11.6065
5.40	45	328	61800.85	61.8009	12360.92	12.3609
5.60	18	340	64058.26	64.0583	12811.95	12.8120
5.80	12	352	66318.31	66.3183	13263.86	13.2639
6.00	30	368	69334.97	69.3350	13867.50	13.8675
6.20	22	380	71594.76	71.5948	14319.32	14.3193
6.40	15	390	73477.88	73.4779	14695.83	14.6958
6.60	25	400	75363.14	75.3631	15073.05	15.0730
6.80	18	412	77623.06	77.6231	15524.91	15.5249
7.00	14	424	79883.36	79.8834	15976.91	15.9769
7.20	12	436	82143.91	82.1439	16428.98	16.4290
7.40	8	450	84781.00	84.7810	16956.33	16.9563
7.60	10	462	87042.06	87.0421	17408.58	17.4086

7.80	7	468	88172.08	88.1721	17634.53	17.6345
8.00	9	474	89302.73	89.3027	17860.70	17.8607
8.20	32	494	93073.62	93.0736	18615.26	18.6153
8.40	95	484	91197.53	91.1975	18241.10	18.2411
8.60	80	524	98731.65	98.7316	19747.67	19.7477
8.80	65	554	104381.76	104.3818	20877.44	20.8774
9.00	50	584	110031.88	110.0319	22007.21	22.0072
9.20	25	594	111912.74	111.9127	22382.97	22.3830
9.40	18	606	114172.66	114.1727	22834.83	22.8348
9.60	22	618	116433.96	116.4340	23287.16	23.2872
9.80	20	628	118317.71	118.3177	23663.88	23.6639
10.00	15	638	120201.08	120.2011	24040.47	24.0405
10.20	8	646	121707.40	121.7074	24341.61	24.3416
10.40	6	650	122460.75	122.4608	24492.25	24.4923
10.60	6	656	123591.15	123.5912	24718.33	24.7183
10.80	7	662	124721.68	124.7217	24944.45	24.9445
11.00	5	666	125475.03	125.4750	25095.09	25.0951
11.20	8	674	126982.60	126.9826	25396.65	25.3967
11.40	50	704	132639.88	132.6399	26528.81	26.5288
11.60	115	744	140184.04	140.1840	28038.73	28.0387
11.80	45	764	143943.25	143.9433	28789.40	28.7894
12.00	35	786	148086.80	148.0868	29617.95	29.6179
12.20	165	826	155639.12	155.6391	31130.59	31.1306
12.40	200	866	163179.52	163.1795	32639.25	32.6393

Test No : S-15						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	8	6	1131.40	1.1314	226.41	0.2264
0.40	12	16	3015.91	3.0159	603.38	0.6034
0.60	15	26	4900.28	4.9003	980.31	0.9803
0.80	38	34	6410.37	6.4104	1282.71	1.2827
1.00	100	74	13954.16	13.9542	2792.51	2.7925
1.20	55	94	17716.51	17.7165	3544.22	3.5442
1.40	30	110	20727.77	20.7278	4146.06	4.1461
1.60	22	120	22610.76	22.6108	4522.52	4.5225
1.80	15	130	24493.88	24.4939	4899.03	4.8990
2.00	10	142	26754.06	26.7541	5350.98	5.3510
2.20	12	152	28638.31	28.6383	5727.86	5.7279
2.40	15	162	30522.68	30.5227	6104.79	6.1048
2.60	10	172	32406.06	32.4061	6481.38	6.4814
2.80	12	184	34667.11	34.6671	6933.62	6.9336
3.00	8	190	35797.00	35.7970	7159.53	7.1595
3.20	10	200	37681.26	37.6813	7536.42	7.5364
3.40	7	204	38434.48	38.4345	7687.01	7.6870
3.60	22	216	40697.16	40.6972	8139.80	8.1398
3.80	28	228	42958.72	42.9587	8592.21	8.5922
4.00	40	248	46728.22	46.7282	9346.31	9.3463
4.20	35	268	50495.60	50.4956	10099.71	10.0997
4.40	32	288	54263.22	54.2632	10853.18	10.8532
4.60	20	298	56145.71	56.1457	11229.48	11.2295
4.80	22	310	58406.76	58.4068	11681.72	11.6817
5.00	25	320	60291.14	60.2911	12058.65	12.0586
5.20	60	350	65947.54	65.9475	13190.51	13.1905
5.40	85	390	73486.68	73.4867	14698.76	14.6988
5.60	140	430	81029.58	81.0296	16208.26	16.2083
5.80	175	470	88569.98	88.5700	17716.93	17.7169
6.00	200	520	97993.12	97.9931	19601.97	19.6020

Test No : S-16						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	8	6	1131.40	1.1314	226.41	0.2264
0.40	12	18	3392.71	3.3927	678.74	0.6787
0.60	28	30	5655.52	5.6555	1131.57	1.1316
0.80	60	60	11311.54	11.3115	2263.31	2.2633
1.00	165	100	18860.72	18.8607	3774.91	3.7749
1.20	130	140	26392.33	26.3923	5280.64	5.2806
1.40	125	180	33927.70	33.9277	6787.63	6.7876
1.60	150	220	41466.84	41.4668	8295.88	8.2959
1.80	185	260	49007.24	49.0072	9804.55	9.8045
2.00	30	276	52002.17	52.0022	10400.94	10.4009
2.20	12	288	54260.71	54.2607	10852.34	10.8523
2.40	8	294	55390.60	55.3906	11078.25	11.0783
2.60	6	298	56143.95	56.1440	11228.89	11.2289
2.80	6	302	56897.55	56.8976	11379.61	11.3796
3.00	7	306	57651.28	57.6513	11530.37	11.5304
3.20	5	312	58781.43	58.7814	11756.37	11.7564
3.40	8	318	59912.20	59.9122	11982.57	11.9826
3.60	35	338	63683.60	63.6836	12737.31	12.7373
3.80	42	358	67452.48	67.4525	13491.20	13.4912
4.00	50	378	71221.48	71.2215	14245.13	14.2451
4.20	40	398	74988.22	74.9882	14998.31	14.9983
4.40	80	438	82529.25	82.5292	16507.19	16.5072
4.60	115	478	90069.64	90.0696	18015.85	18.0159
4.80	110	518	97605.02	97.6050	19522.85	19.5228
5.00	85	558	105137.88	105.1379	21029.00	21.0290
5.20	60	588	110786.74	110.7867	22158.35	22.1584
5.40	22	600	113042.76	113.0428	22608.92	22.6089
5.60	10	610	114925.26	114.9253	22985.22	22.9852
5.80	30	626	117942.17	117.9422	23588.94	23.5889
6.00	55	646	121713.31	121.7133	24343.58	24.3436
6.20	60	676	127365.94	127.3659	25474.19	25.4742
6.40	72	692	130381.84	130.3818	26077.57	26.0776
6.60	85	732	137919.48	137.9195	27585.32	27.5853
6.80	70	762	143569.59	143.5696	28715.09	28.7151
7.00	60	792	149220.34	149.2203	29845.07	29.8451
7.20	55	812	152987.71	152.9877	30598.46	30.5985
7.40	30	832	156752.57	156.7526	31351.02	31.3510
7.60	18	844	159011.86	159.0119	31802.67	31.8027

7.80	12	856	161271.91	161.2719	32254.58	32.2546
8.00	15	866	163156.28	163.1563	32631.51	32.6315
8.20	17	878	165417.34	165.4173	33083.75	33.0838
8.40	8	884	166546.60	166.5466	33309.45	33.3095
8.60	6	888	167299.95	167.3000	33460.09	33.4601
8.80	20	898	169185.71	169.1857	33837.48	33.8375
9.00	35	918	172955.60	172.9556	34591.71	34.5917
9.20	16	928	174837.21	174.8372	34967.71	34.9677
9.40	12	940	177097.51	177.0975	35419.70	35.4197
9.60	15	950	178981.88	178.9819	35796.63	35.7966
9.80	22	962	181243.56	181.2436	36249.08	36.2491
10.00	30	978	184258.97	184.2590	36852.30	36.8523
10.20	40	998	188028.22	188.0282	37606.31	37.6063
10.40	35	1018	191795.60	191.7956	38359.71	38.3597
10.60	38	1038	195563.97	195.5640	39113.43	39.1134
10.80	42	1058	199332.48	199.3325	39867.20	39.8672
11.00	50	1078	203101.48	203.1015	40621.13	40.6211
11.20	40	1098	206868.22	206.8682	41374.31	41.3743
11.40	55	1118	210638.11	210.6381	42128.54	42.1285
11.60	60	1148	216290.74	216.2907	43259.15	43.2592
11.80	62	1178	221942.99	221.9430	44389.64	44.3896
12.00	50	1198	225709.48	225.7095	45142.73	45.1427
12.20	35	1218	229475.60	229.4756	45895.71	45.8957
12.40	38	1238	233243.97	233.2440	46649.43	46.6494
12.60	40	1258	237012.22	237.0122	47403.11	47.4031
12.80	75	1288	242668.62	242.6686	48534.98	48.5350
13.00	110	1328	250209.02	250.2090	50043.65	50.0436
13.20	175	1368	257753.18	257.7532	51553.57	51.5536
13.40	200	1408	265292.32	265.2923	53061.81	53.0618

Test No : S-17						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	5	6	1131.03	1.1310	226.29	0.2263
0.40	7	12	2261.68	2.2617	452.45	0.4525
0.60	9	18	3392.33	3.3923	678.62	0.6786
0.80	6	22	4145.55	4.1456	829.21	0.8292
1.00	8	28	5276.20	5.2762	1055.37	1.0554
1.20	20	38	7161.71	7.1617	1432.68	1.4327
1.40	15	48	9045.08	9.0451	1809.27	1.8093
1.60	12	60	11305.51	11.3055	2261.30	2.2613
1.80	7	64	12058.48	12.0585	2411.81	2.4118
2.00	6	68	12811.95	12.8120	2562.49	2.5625
2.20	5	72	13565.43	13.5654	2713.17	2.7132
2.40	5	78	14695.83	14.6958	2939.25	2.9392
2.60	6	84	15826.35	15.8264	3165.37	3.1654
2.80	8	90	16957.00	16.9570	3391.53	3.3915
3.00	5	94	17710.23	17.7102	3542.13	3.5421
3.20	8	100	18841.00	18.8410	3768.33	3.7683
3.40	12	112	21102.31	21.1023	4220.66	4.2207
3.60	15	122	22986.68	22.9867	4597.59	4.5976
3.80	25	132	24871.94	24.8719	4974.81	4.9748
4.00	32	152	28640.82	28.6408	5728.70	5.7287
4.20	18	164	30899.86	30.8999	6180.27	6.1803
4.40	40	184	34670.62	34.6706	6934.79	6.9348
4.60	60	214	40325.14	40.3251	8066.03	8.0660
4.80	75	244	45979.02	45.9790	9197.06	9.1971
5.00	65	274	51629.76	51.6298	10327.04	10.3270
5.20	18	286	53884.66	53.8847	10777.23	10.7772
5.40	22	298	56145.96	56.1460	11229.56	11.2296
5.60	35	318	59915.60	59.9156	11983.71	11.9837
5.80	30	332	62552.57	62.5526	12511.02	12.5110
6.00	20	342	64435.31	64.4353	12887.40	12.8874
6.20	15	352	66318.68	66.3187	13263.99	13.2640
6.40	12	364	68579.11	68.5791	13716.02	13.7160
6.60	8	370	69709.00	69.7090	13941.93	13.9419
6.80	8	378	71216.20	71.2162	14243.37	14.2434
7.00	6	382	71969.55	71.9696	14394.01	14.3940
7.20	6	388	73099.95	73.1000	14620.09	14.6201
7.40	7	394	74230.48	74.2305	14846.21	14.8462

7.60	5	398	74983.83	74.9838	14996.85	14.9968
7.80	5	402	75737.43	75.7374	15147.57	15.1476
8.00	8	408	76868.20	76.8682	15373.77	15.3738
8.20	12	420	79129.51	79.1295	15826.10	15.8261
8.40	15	430	81013.88	81.0139	16203.03	16.2030
8.60	9	436	82143.53	82.1435	16428.86	16.4289
8.80	6	440	82896.75	82.8968	16579.45	16.5795
9.00	8	446	84027.40	84.0274	16805.61	16.8056
9.20	7	452	85157.68	85.1577	17031.65	17.0317
9.40	6	456	85911.15	85.9112	17182.33	17.1823
9.60	8	462	87041.80	87.0418	17408.49	17.4085
9.80	7	468	88172.08	88.1721	17634.53	17.6345
10.00	5	472	88925.43	88.9254	17785.17	17.7852
10.20	12	484	91187.11	91.1871	18237.62	18.2376
10.40	18	496	93448.66	93.4487	18690.03	18.6900
10.60	55	516	97221.31	97.2213	19445.18	19.4452
10.80	42	536	100987.68	100.9877	20198.24	20.1982
11.00	80	576	108528.45	108.5284	21707.03	21.7070
11.20	95	616	116066.33	116.0663	23214.86	23.2149
11.40	135	656	123607.36	123.6074	24723.73	24.7237
11.60	180	696	131149.01	131.1490	26232.82	26.2328
11.80	200	736	138687.52	138.6875	27740.85	27.7409

Test No : S-18						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	6	6	1131.15	1.1312	226.33	0.2263
0.40	18	18	3393.46	3.3935	678.99	0.6790
0.60	62	44	8297.39	8.2974	1660.52	1.6605
0.80	90	84	15836.90	15.8369	3168.89	3.1689
1.00	50	104	19599.88	19.5999	3920.81	3.9208
1.20	38	124	23366.37	23.3664	4673.91	4.6739
1.40	12	136	25623.91	25.6239	5124.98	5.1250
1.60	8	142	26753.80	26.7538	5350.89	5.3509
1.80	10	152	28638.06	28.6381	5727.78	5.7278
2.00	15	162	30522.68	30.5227	6104.79	6.1048
2.20	12	172	32406.31	32.4063	6481.46	6.4815
2.40	15	182	34290.68	34.2907	6858.39	6.8584
2.60	18	194	36551.86	36.5519	7310.67	7.3107
2.80	26	206	38813.67	38.8137	7763.17	7.7632
3.00	30	222	41828.57	41.8286	8366.22	8.3662
3.20	45	242	45598.45	45.5985	9120.44	9.1204
3.40	60	272	51252.34	51.2523	10251.47	10.2515
3.60	85	132	24879.48	24.8795	4977.32	4.9773
3.80	68	160	30152.54	30.1525	6031.65	6.0316
4.00	60	190	35803.54	35.8035	7161.71	7.1617
4.20	90	230	43343.30	43.3433	8670.17	8.6702
4.40	55	250	47106.91	47.1069	9422.30	9.4223
4.60	45	272	51250.45	51.2505	10250.84	10.2508
4.80	35	292	55017.20	55.0172	11004.03	11.0040
5.00	40	312	58785.82	58.7858	11757.83	11.7578
5.20	42	332	62554.08	62.5541	12511.52	12.5115
5.40	45	352	66322.45	66.3225	13265.24	13.2652
5.60	30	368	69334.97	69.3350	13867.50	13.8675
5.80	28	380	71595.52	71.5955	14319.57	14.3196
6.00	20	390	73478.51	73.4785	14696.04	14.6960
6.20	15	400	75361.88	75.3619	15072.63	15.0726
6.40	12	412	77622.31	77.6223	15524.66	15.5247
6.60	10	422	79506.06	79.5061	15901.38	15.9014
6.80	6	426	80259.15	80.2592	16051.93	16.0519
7.00	8	432	81389.80	81.3898	16278.09	16.2781
7.20	7	436	82143.28	82.1433	16428.77	16.4288
7.40	10	446	84027.66	84.0277	16805.70	16.8057
7.60	22	456	85913.16	85.9132	17183.00	17.1830

7.80	50	476	89684.68	89.6847	17937.77	17.9378
8.00	60	506	95337.94	95.3379	19068.59	19.0686
8.20	18	518	97593.46	97.5935	19518.99	19.5190
8.40	15	528	99477.08	99.4771	19895.67	19.8957
8.60	12	540	101737.51	101.7375	20347.70	20.3477
8.80	20	550	103622.51	103.6225	20724.84	20.7248
9.00	22	560	105506.76	105.5068	21101.72	21.1017
9.20	20	570	107390.51	107.3905	21478.44	21.4784
9.40	25	580	109275.14	109.2751	21855.45	21.8554
9.60	25	592	111535.94	111.5359	22307.61	22.3076
9.80	28	604	113797.12	113.7971	22759.89	22.7599
10.00	32	624	117565.62	117.5656	23513.66	23.5137
10.20	15	634	119447.48	119.4475	23889.75	23.8897
10.40	18	646	121708.66	121.7087	24342.03	24.3420
10.60	26	658	123970.47	123.9705	24794.53	24.7945
10.80	35	638	120203.60	120.2036	24041.31	24.0413
11.00	20	648	122085.71	122.0857	24417.48	24.4175
11.20	85	682	128499.48	128.4995	25701.32	25.7013
11.40	150	742	139811.64	139.8116	27964.84	27.9648
11.60	200	782	147353.92	147.3539	29474.13	29.4741

Test No : S-19						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	5	4	754.23	0.7542	150.93	0.1509
0.40	8	10	1885.00	1.8850	377.13	0.3771
0.60	6	14	2638.35	2.6384	527.77	0.5278
0.80	18	26	4900.66	4.9007	980.43	0.9804
1.00	65	56	10558.56	10.5586	2112.80	2.1128
1.20	60	76	14325.94	14.3259	2866.19	2.8662
1.40	65	96	18094.56	18.0946	3620.00	3.6200
1.60	70	116	21863.19	21.8632	4373.81	4.3738
1.80	45	136	25628.05	25.6281	5126.36	5.1264
2.00	40	156	29395.42	29.3954	5879.75	5.8798
2.20	18	168	31653.46	31.6535	6330.99	6.3310
2.40	15	178	33537.08	33.5371	6707.67	6.7077
2.60	10	188	35420.46	35.4205	7084.26	7.0843
2.80	8	194	36550.60	36.5506	7310.25	7.3103
3.00	6	198	37303.95	37.3040	7460.89	7.4609
3.20	20	208	39189.71	39.1897	7838.28	7.8383
3.40	9	214	40318.73	40.3187	8063.90	8.0639
3.60	50	244	45975.88	45.9759	9196.01	9.1960
3.80	45	264	49743.25	49.7433	9949.40	9.9494
4.00	95	304	57285.53	57.2855	11458.70	11.4587
4.20	40	324	61046.62	61.0466	12209.99	12.2100
4.40	45	344	64815.25	64.8153	12963.80	12.9638
4.60	50	364	68583.88	68.5839	13717.61	13.7176
4.80	40	384	72350.62	72.3506	14470.79	14.4708
5.00	32	400	75364.02	75.3640	15073.34	15.0733
5.20	45	420	79133.65	79.1337	15827.48	15.8275
5.40	50	444	83655.88	83.6559	16732.01	16.7320
5.60	75	474	89311.02	89.3110	17863.46	17.8635
5.80	60	504	94961.14	94.9611	18993.23	18.9932
6.00	32	520	97972.02	97.9720	19594.94	19.5949
6.20	30	536	100986.17	100.9862	20197.74	20.1977
6.40	20	550	103622.51	103.6225	20724.84	20.7248
6.60	45	570	107393.65	107.3937	21479.48	21.4795
6.80	25	584	110028.74	110.0287	22006.17	22.0062
7.00	15	596	112288.28	112.2883	22457.91	22.4579
7.20	12	608	114548.71	114.5487	22909.94	22.9099
7.40	28	620	116811.52	116.8115	23362.77	23.3628

7.60	65	650	122468.16	122.4682	24494.72	24.4947
7.80	85	690	130006.68	130.0067	26002.76	26.0028
8.00	70	730	137540.79	137.5408	27509.33	27.5093
8.20	35	750	141304.40	141.3044	28261.47	28.2615
8.40	25	764	143940.74	143.9407	28788.57	28.7886
8.60	22	780	146954.76	146.9548	29391.32	29.3913
8.80	24	792	149215.81	149.2158	29843.56	29.8436
9.00	25	806	151853.54	151.8535	30371.13	30.3711
9.20	30	826	155622.17	155.6222	31124.94	31.1249
9.40	20	840	158258.51	158.2585	31652.04	31.6520
9.60	15	852	160518.68	160.5187	32103.99	32.1040
9.80	12	862	162402.31	162.4023	32480.66	32.4807
10.00	10	872	164286.06	164.2861	32857.38	32.8574
10.20	9	880	165793.13	165.7931	33158.78	33.1588
10.40	12	892	168054.31	168.0543	33611.06	33.6111
10.60	25	906	170693.54	170.6935	34139.13	34.1391
10.80	40	926	174463.42	174.4634	34893.35	34.8934
11.00	70	966	182003.19	182.0032	36401.81	36.4018
11.20	110	1006	189544.22	189.5442	37910.69	37.9107
11.40	130	1046	197082.73	197.0827	39418.72	39.4187
11.60	140	1086	204619.98	204.6200	40926.34	40.9263
11.80	145	1126	212156.61	212.1566	42433.75	42.4338
12.00	150	1176	221577.24	221.5772	44317.96	44.3180
12.20	175	1226	231000.38	231.0004	46203.01	46.2030
12.40	200	1276	240423.52	240.4235	48088.05	48.0881

Test No : S-20						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	5	4	754.23	0.7542	150.93	0.1509
0.40	7	8	1508.08	1.5081	301.73	0.3017
0.60	6	12	2261.55	2.2616	452.41	0.4524
0.80	130	52	9813.13	9.8131	1964.80	1.9648
1.00	120	92	17347.87	17.3479	3471.58	3.4716
1.20	80	132	24878.85	24.8788	4977.11	4.9771
1.40	62	164	30905.39	30.9054	6182.12	6.1821
1.60	35	184	34670.00	34.6700	6934.59	6.9346
1.80	25	194	36552.74	36.5527	7310.97	7.3110
2.00	12	206	38811.91	38.8119	7762.58	7.7626
2.20	9	212	39941.93	39.9419	7988.54	7.9885
2.40	7	216	40695.28	40.6953	8139.17	8.1392
2.60	7	222	41825.68	41.8257	8365.25	8.3653
2.80	10	232	43710.06	43.7101	8742.18	8.7422
3.00	25	242	45595.94	45.5959	9119.61	9.1196
3.20	20	252	47479.31	47.4793	9496.20	9.4962
3.40	28	264	49741.12	49.7411	9948.69	9.9487
3.60	35	284	53510.00	53.5100	10702.59	10.7026
3.80	40	304	57278.62	57.2786	11456.39	11.4564
4.00	50	334	62931.88	62.9319	12587.21	12.5872
4.20	60	364	68585.14	68.5851	13718.03	13.7180
4.40	52	384	72352.13	72.3521	14471.30	14.4713
4.60	45	404	76119.25	76.1193	15224.60	15.2246
4.80	30	420	79131.77	79.1318	15826.86	15.8269
5.00	42	440	82901.28	82.9013	16580.96	16.5810
5.20	65	470	88556.16	88.5562	17712.32	17.7123
5.40	40	490	92321.02	92.3210	18464.87	18.4649
5.60	25	500	94203.14	94.2031	18841.05	18.8410
5.80	20	510	96086.51	96.0865	19217.64	19.2176
6.00	32	530	99856.02	99.8560	19971.74	19.9717
6.20	60	560	105511.54	105.5115	21103.31	21.1033
6.40	40	580	109277.02	109.2770	21856.07	21.8561
6.60	55	600	113046.91	113.0469	22610.30	22.6103
6.80	60	620	116815.54	116.8155	23364.11	23.3641
7.00	35	640	120580.40	120.5804	24116.67	24.1167
7.20	18	652	122839.06	122.8391	24568.11	24.5681
7.40	25	662	124723.94	124.7239	24945.21	24.9452
7.60	50	682	128495.08	128.4951	25699.85	25.6999

7.80	75	712	134150.22	134.1502	26831.30	26.8313
8.00	30	728	137158.97	137.1590	27432.30	27.4323
8.20	35	748	140927.60	140.9276	28186.11	28.1861
8.40	20	758	142809.71	142.8097	28562.28	28.5623
8.60	25	768	144694.34	144.6943	28939.29	28.9393
8.80	22	780	146954.76	146.9548	29391.32	29.3913
9.00	15	790	148837.88	148.8379	29767.83	29.7678
9.20	18	802	151099.06	151.0991	30220.11	30.2201
9.40	26	814	153360.87	153.3609	30672.61	30.6726
9.60	20	824	155244.11	155.2441	31049.16	31.0492
9.80	18	834	157127.86	157.1279	31425.87	31.4259
10.00	12	846	159387.91	159.3879	31877.78	31.8778
10.20	8	852	160517.80	160.5178	32103.69	32.1037
10.40	6	856	161271.15	161.2712	32254.33	32.2543
10.60	9	862	162401.93	162.4019	32480.54	32.4805
10.80	15	872	164286.68	164.2867	32857.59	32.8576
11.00	25	882	166171.94	166.1719	33234.81	33.2348
11.20	20	892	168055.31	168.0553	33611.40	33.6114
11.40	110	932	175602.62	175.6026	35122.37	35.1224
11.60	145	972	183143.01	183.1430	36631.03	36.6310
11.80	170	1012	190682.15	190.6822	38139.28	38.1393
12.00	200	1052	198221.92	198.2219	39647.73	39.6477

Test No : S-21						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	6	4	754.35	0.7544	150.97	0.1510
0.40	8	12	2261.80	2.2618	452.49	0.4525
0.60	12	24	4523.11	4.5231	904.82	0.9048
0.80	45	44	8295.25	8.2953	1659.80	1.6598
1.00	90	84	15836.90	15.8369	3168.89	3.1689
1.20	20	94	17712.11	17.7121	3542.76	3.5428
1.40	25	104	19596.74	19.5967	3919.77	3.9198
1.60	18	116	21856.66	21.8567	4371.63	4.3716
1.80	10	126	23739.66	23.7397	4748.10	4.7481
2.00	8	132	24869.80	24.8698	4974.09	4.9741
2.20	12	144	27131.11	27.1311	5426.42	5.4264
2.40	15	154	29015.48	29.0155	5803.35	5.8033
2.60	20	164	30900.11	30.9001	6180.36	6.1804
2.80	32	184	34669.62	34.6696	6934.46	6.9345
3.00	40	204	38438.62	38.4386	7688.39	7.6884
3.20	95	244	45981.53	45.9815	9197.90	9.1979
3.40	120	284	53520.67	53.5207	10706.14	10.7061
3.60	170	324	61062.95	61.0630	12215.44	12.2154
3.80	150	364	68596.44	68.5964	13721.80	13.7218
4.00	165	404	76134.32	76.1343	15229.63	15.2296
4.20	180	484	91208.21	91.2082	18244.66	18.2447
4.40	200	524	98746.72	98.7467	19752.69	19.7527

Test No : S-22						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	7	4	754.48	0.7545	151.01	0.1510
0.40	12	16	3015.91	3.0159	603.38	0.6034
0.60	15	26	4900.28	4.9003	980.31	0.9803
0.80	40	46	8671.42	8.6714	1734.95	1.7350
1.00	15	56	10552.28	10.5523	2110.71	2.1107
1.20	30	56	10554.17	10.5542	2111.34	2.1113
1.40	20	86	16204.91	16.2049	3241.32	3.2413
1.60	25	96	18089.54	18.0895	3618.33	3.6183
1.80	14	104	19595.36	19.5954	3919.31	3.9193
2.00	9	110	20725.13	20.7251	4145.18	4.1452
2.20	7	114	21478.48	21.4785	4295.81	4.2958
2.40	7	120	22608.88	22.6089	4521.89	4.5219
2.60	8	126	23739.40	23.7394	4748.01	4.7480
2.80	5	130	24492.63	24.4926	4898.61	4.8986
3.00	6	134	25246.35	25.2464	5049.37	5.0494
3.20	8	140	26377.00	26.3770	5275.53	5.2755
3.40	7	144	27130.48	27.1305	5426.21	5.4262
3.60	10	154	29014.86	29.0149	5803.14	5.8031
3.80	12	166	31275.91	31.2759	6255.38	6.2554
4.00	8	172	32405.80	32.4058	6481.29	6.4813
4.20	8	180	33913.00	33.9130	6782.73	6.7827
4.40	6	184	34666.35	34.6664	6933.37	6.9334
4.60	7	190	35796.88	35.7969	7159.49	7.1595
4.80	22	202	38059.56	38.0596	7612.28	7.6123
5.00	80	242	45602.85	45.6028	9121.91	9.1219
5.20	140	292	55030.38	55.0304	11008.42	11.0084
5.40	165	332	62569.52	62.5695	12516.67	12.5167
5.60	180	372	70107.41	70.1074	14024.50	14.0245
5.80	200	412	77645.92	77.6459	15532.53	15.5325

Test No : S-23						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	3	4	753.98	0.7540	150.85	0.1508
0.40	6	8	1507.95	1.5080	301.69	0.3017
0.60	5	12	2261.43	2.2614	452.37	0.4524
0.80	8	18	3392.20	3.3922	678.57	0.6786
1.00	15	28	5277.08	5.2771	1055.67	1.0557
1.20	12	40	7537.51	7.5375	1507.70	1.5077
1.40	10	50	9421.26	9.4213	1884.42	1.8844
1.60	18	62	11683.06	11.6831	2336.91	2.3369
1.80	14	70	13189.76	13.1898	2638.19	2.6382
2.00	6	76	14319.15	14.3192	2863.93	2.8639
2.20	6	80	15072.75	15.0728	3014.65	3.0147
2.40	8	86	16203.40	16.2034	3240.81	3.2408
2.60	7	92	17333.68	17.3337	3466.85	3.4669
2.80	5	96	18087.03	18.0870	3617.49	3.6175
3.00	6	102	19217.55	19.2176	3843.61	3.8436
3.20	7	108	20348.08	20.3481	4069.73	4.0697
3.40	9	114	21478.73	21.4787	4295.90	4.2959
3.60	12	126	23739.91	23.7399	4748.18	4.7482
3.80	12	138	26000.71	26.0007	5200.34	5.2003
4.00	15	148	27885.08	27.8851	5577.27	5.5773
4.20	8	154	29014.60	29.0146	5803.05	5.8031
4.40	10	164	30898.86	30.8989	6179.94	6.1799
4.60	14	176	33160.16	33.1602	6632.27	6.6323
4.80	35	196	36930.80	36.9308	7386.75	7.3867
5.00	70	226	42587.19	42.5872	8518.61	8.5186
5.20	32	246	46350.42	46.3504	9270.62	9.2706
5.40	40	266	50119.42	50.1194	10024.55	10.0246
5.60	38	286	53887.17	53.8872	10778.07	10.7781
5.80	25	296	55769.54	55.7695	11154.33	11.1543
6.00	175	336	63324.38	63.3244	12667.81	12.6678
6.20	200	376	70863.52	70.8635	14176.05	14.1761

Test No : S-24						
Depth (m)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm ²)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Qult (Kg/Cm ²)	Qult (Ton)	Qizin (Kg/Cm ²)	Qizin (Ton)
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	3	4	753.98	0.7540	150.85	0.1508
0.40	5	10	1884.63	1.8846	377.01	0.3770
0.60	7	16	3015.28	3.0153	603.17	0.6032
0.80	4	22	4145.30	4.1453	829.13	0.8291
1.00	8	28	5276.20	5.2762	1055.37	1.0554
1.20	40	48	9048.22	9.0482	1810.31	1.8103
1.40	28	60	11307.52	11.3075	2261.97	2.2620
1.60	15	70	13189.88	13.1899	2638.23	2.6382
1.80	10	80	15073.26	15.0733	3014.82	3.0148
2.00	8	86	16203.40	16.2034	3240.81	3.2408
2.20	6	90	16956.75	16.9568	3391.45	3.3915
2.40	6	96	18087.15	18.0872	3617.53	3.6175
2.60	7	102	19217.68	19.2177	3843.65	3.8437
2.80	4	106	19970.90	19.9709	3994.25	3.9942
3.00	6	110	20724.75	20.7248	4145.05	4.1451
3.20	12	122	22986.31	22.9863	4597.46	4.5975
3.40	18	134	25247.86	25.2479	5049.87	5.0499
3.60	30	150	28263.77	28.2638	5653.26	5.6533
3.80	45	170	32033.65	32.0337	6407.48	6.4075
4.00	80	210	39574.05	39.5740	7916.15	7.9161
4.20	25	220	41451.14	41.4511	8290.65	8.2906
4.40	28	232	43712.32	43.7123	8742.93	8.7429
4.60	55	252	47483.71	47.4837	9497.66	9.4977
4.80	100	292	55025.36	55.0254	11006.75	11.0067
5.00	45	312	58786.45	58.7865	11758.04	11.7580
5.20	38	326	61423.17	61.4232	12285.27	12.2853
5.40	10	338	63680.46	63.6805	12736.26	12.7363
5.60	12	350	65941.51	65.9415	13188.50	13.1885
5.80	13	362	68202.43	68.2024	13640.70	13.6407
6.00	15	374	70463.48	70.4635	14092.95	14.0929
6.20	8	382	71969.80	71.9698	14394.09	14.3941
6.40	10	392	73854.06	73.8541	14770.98	14.7710
6.60	15	404	76115.48	76.1155	15223.35	15.2233
6.80	20	418	78753.71	78.7537	15751.08	15.7511
7.00	35	438	82523.60	82.5236	16505.31	16.5053
7.20	25	452	85159.94	85.1599	17032.41	17.0324
7.40	27	468	88174.59	88.1746	17635.37	17.6354
7.60	35	488	91943.60	91.9436	18389.31	18.3893

7.80	32	508	95711.22	95.7112	19142.78	19.1428
8.00	30	524	98725.37	98.7254	19745.58	19.7456
8.20	45	544	102495.25	102.4953	20499.80	20.4998
8.40	70	584	110034.39	110.0344	22008.05	22.0081
8.60	40	604	113798.62	113.7986	22760.39	22.7604
8.80	25	618	116434.34	116.4343	23287.29	23.2873
9.00	10	630	118693.26	118.6933	23738.82	23.7388
9.20	8	638	120200.20	120.2002	24040.17	24.0402
9.40	9	646	121707.53	121.7075	24341.66	24.3417
9.60	10	656	123591.66	123.5917	24718.50	24.7185
9.80	9	664	125098.73	125.0987	25019.90	25.0199
10.00	7	670	126228.88	126.2289	25245.89	25.2459
10.20	8	678	127736.20	127.7362	25547.37	25.5474
10.40	10	688	129620.46	129.6205	25924.26	25.9243
10.60	12	700	131881.51	131.8815	26376.50	26.3765
10.80	23	714	134520.49	134.5205	26904.48	26.9045
11.00	30	734	138289.37	138.2894	27658.38	27.6584
11.20	90	774	145832.90	145.8329	29168.09	29.1681
11.40	140	814	153375.18	153.3752	30677.38	30.6774
11.60	175	854	160915.58	160.9156	32186.05	32.1860
11.80	200	894	168454.72	168.4547	33694.29	33.6943