

Contents list available at journal.uib.ac.id**Journal of Civil Engineering and Planning**Journal homepage: <https://journal.uib.ac.id/index.php/jce>

Jurnal Penelitian

Field Soil Investigation Analysis Using Drilling Methods for Planning the Construction of IKN Access Roads**Analisis Penyelidikan Tanah Lapangan dengan Menggunakan Metode Pengeboran Sebagai Perencanaan Pembangunan Konstruksi Jalan Akses IKN****Erika Anggellina Manik¹, Jody Martin Ginting²**^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Internasional BatamEmail korespondensi: erikamanik617@gmail.com**INFO ARTIKEL****Kata kunci :***Soil investigation, geotechnical drillings, SPT, UDS tubes***ABSTRAK**

Pengeboran geoteknik adalah metode penyelidikan tanah untuk menentukan parameter tanah untuk konstruksi. Meskipun banyak penyedia jasa dan kontraktor yang melakukan pengeboran geoteknik di Indonesia, beberapa Perusahaan masih tidak mematuhi aturan dan pedoman standar. Pengeboran geoteknik Proyek Perencanaan Pembangunan Konstruksi Jalan Akses IKN dilaksanakan sesuai ketentuan dan pedoman yang berlaku. Kondisi tanah di lokasi ini secara umum sangat baik sehingga tidak diperlukan konstruksi khusus. Kesalahan yang ditemui dalam pengeboran geoteknik antara lain pembersihan lubang sebelum dilakukan pengujian SPT, Panjang gagang bor yang tidak rata, pengambilan sampel UDS yang tidak tepat, dan palu SPT yang tidak memenuhi spesifikasi dan sebagainya, identifikasi jenis tanah yang kurang tepat jumlah pukulan hammer per menit yang tidak sesuai spesifikasi, serta proses transportasi dan penyimpanan sampel yang tidak sesuai spesifikasi.

ARTICLE INFO**Keywords:***Soil investigation, geotechnical drillings, SPT, UDS tubes***ABSTRACT**

Geotechnical drilling is a method of soil investigation to determine soil parameters for construction. Even though many service providers and contractors carry out geotechnical drilling in Indonesia, some companies still do not comply with standard rules and guidelines. Geotechnical drilling for the IKN Access Road Construction Planning Project is carried out in accordance with applicable provisions and guidelines. The soil conditions at this location are generally very good so no special construction is required. Errors encountered in geotechnical drilling include cleaning the hole before SPT testing, uneven drill handle length, inappropriate UDS sampling, and SPT hammers that do not meet specifications, etc., inaccurate identification of soil type, number of hammer blows per minute. not according to specifications, as well as sample transportation and storage processes that do not comply with specifications.

1. Pendahuluan

Penyelidikan geoteknik merupakan salah satu cara dalam penyelidikan tanah untuk mencari parameter-parameter tanah untuk konstruksi. Penyelidikan diperlukan untuk menentukan stratifikasi tanah dan karakteristik teknis tanah, sehingga perencanaan dan konstruksi dapat dilaksanakan dengan efisien dan efektif. Karakteristik tanah pada suatu lokasi umumnya sangat bervariasi dan dapat berbeda drastis dalam jarak hanya beberapa meter saja. Oleh sebab itu, penyelidikan geoteknik harus dapat mencakup informasi kondisi tanah yang sedekat mungkin dengan kondisi tanah sebenarnya untuk mengurangi risiko akibat variasi tersebut, dan dalam jumlah yang cukup untuk dapat merencanakan sistem pondasi dengan akurat. Perencanaan penyelidikan geoteknik menjadi bagian dari eksplorasi tanah dan perencanaan pondasi.

Dari sampel tanah yang diambil dilapangan untuk mengetahui sifat-sifat dan karakteristik tanah maka dilakukan uji laboratorium dengan menggunakan test. Dalam penelitian ini mempunyai beberapa faktor yang melatarbelakangi, yaitu: kesulitan dalam memperkirakan kondisi tanah lokal, kompleksitas dalam variasi kondisi geologi teknik sehingga menimbulkan permasalahan dalam penyelidikan tanah, kesulitan dalam memprediksi observasi dan uji tanah yang dilakukan bagi peruntukan lahan.

Dalam perencanaan proyek Pembangunan Jalan Akses Kawasan Sub BWP 1B&1C yang berlokasi di Kabupaten Penajam Paser Utara, Sepaku KIPP IKN, Kalimantan Timur. Termasuk jalan yang menghubungkan jalan kerja dan jalan akses masyarakat. Lokasi tersebut memiliki kondisi tanah yang menarik untuk diteliti seperti elevasi tanah yang cukup berkontur mulai gelombang rendah hingga tinggi. Sangat penting untuk memeriksa kualitas sebelum tanah dilakukan perencanaan proyek seperti jalan, perkerasan dan konstruksi. Dalam perencanaan proyek tanah adalah hal yang penting untuk memeriksa kualitas tanahnya sebelum pekerjaan konstruksi dimulai. Kegagalan untuk menguji tanah di lokasi secara memadai dan benar dapat menyebabkan tingkat risiko keuangan dan keselamatan yang kritis. Oleh karena itu, sangat penting menganalisis sifat-sifat tanah.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Penyelidikan Tanah

Tanah adalah Kumpulan agregat atau butiran mineral alami yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat tersebut diaduk dalam air. Menurut K. Terzaghi, tanah terdiri dari butiran-butiran material hasil pelapukan massa batuan massive, dimana ukuran butirannya bisa sebesar bongkahan, erangka, kerikil, pasir, lanau, lempung, dan kontak butirnya tidak tersementasi termasuk bahan organik.

2.2 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah Penentuan sifat-sifat tanah sering terlihat pada permasalahan teknis yang berhubungan dengan tanah. Dari sini, selanjutnya digunakan dalam persamaan penurunan yang didasarkan pada teori konsolidasi, misalnya teori Terzaghi. Kemudian dihubungkan dengan Hukum Darcy dan jarring arus untuk menentukan debit aliran yang lewat struktur tanah.

A. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur

Dalam arti umum, yang dimaksud tekstur adalah keadaan permukaan tanah yang bersangkutan. Tekstur tanah dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada didalam tanah. Dalam sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur, tanah diberi nama ats dasar komponen utama yang dikandungnya, misalnya lempung berpasir, lempung berlanau, dan seterusnya.

B. Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

Sistem ini mengklasifikasikan tanah keadaan kedalam delapan kelompok, A-1 samapai A-7. Setelah diadakan beberapa kali perbaikan, sistem ini dipakai oleh The American Association of State Highway Officials dalam tahun 1945.

2.3 Penyelidikan Tanah (Soil Investigation)

Struktur bawah bangunan dari fondasi dan tanah pendukung pondasi. Untuk itu hal yang sangat berkaitan dengan fondasi adalah penyelidikan tanah. Fondasi harus diletakkan pada lapisan tanah yang cukup keras dan padat. Dengan dilakukannya penyelidikan tanah dapat diketahui letak atau kedalaman tanah keras yang berfungsi untuk mengetahui sifat-sifat dasar tanah seperti asal-usulnya, penyebaran ukuran butiran, kemampuan mengalirkan air, sifat pemampatan bila dibebani (compressibility), kekuatan geser, kapasitas daya dukung terhadap beban dan lain-lain. (Das, 1995). Adapun soil investigation yang biasa dilakukan adalah :

a. Pemboran (drilling)

Pemboran (bore holes) yang dilakukan dengan Standard Penetration Test (SPT). Diketahui jenis lapisan tanah yang kemudi dikirim ke Laboratorium Mekanika Tanah.

b. Percobaan Penetrasi (Penetration Test)

Dengan menggunakan alat yang disebut Cone Penetration Test atau sondir. Ujungnya berupa konus yang ditekan msuk kedalam tanah dan secara otomatis dapat dibaca tegangan tanah.

Untuk mengetahui sifat tanah berdasarkan sifat lekatnya antara lain :

1. Tanah kohesif

Tanah yang mempunyai sifat lekatan anatar butir-butirnya (tanah lempung = mengandung lempung cukup banyak).

2. Tanah non kohesif

Tanah yang tidak mempunyai atau sedikit sekali lekatan antara butir-butirnya (hamper tidak mengandung lempung misal pasir).

3. Tanah organic

Tanah yang sifatnya sangat dipengaruhi oleh bahan-bahan organik (sifat tidak baik).

2.4 Metode Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah adalah kegiatan untuk mengetahui daya dukung, karakteristik dan kondisi geologi, seperti mengetahui susunan lapisan tanah/sifat tanah, kekuatan lapisan tanah, kepadatan dan korosivitas tanah. Penyelidikan tanah harus dilakukan untuk mendapatkan informasi kondisi bawah tanah yang diperlukan untuk mengetahui karakteristik tanah timbunan, Menyediakan informasi untuk merancang timbunan, Stabilitas area penggalian dan kondisi deformasi, Pengendalian perpindahan tanah yang dapat diakibatkan dari pengaruh aliran air dan perilaku tanah. Penyelidikan air tanah yang dilakukan di lapangan yaitu Sondir, Uji Penetrasi Standar, Pemboran teknik dan lain-lain.

2.5 Penyelidikan Lapangan

A. Pemboran Mesin (Machine Drilling)

Penyelidikan tanah di lapangan bertujuan untuk mendapatkan gambaran mengenai kondisi geologi maupun kondisi lapisan tanah dan air tanah secara keseluruhan dari suatu lokasi penelitian. Dalam pemboran mesin dilakukan pengambilan contoh tanah, baik tanah terganggu

maupun tanah tidak terganggu untuk keperluan pengujian laboratorium. Pemboran mesin merupakan pengujian lapangan yang paling baik dan akurat untuk segala jenis tanah dan diperlukan untuk test-test yang lain, sedangkan pemboran mesin juga memiliki kerugian seperti mahal, berat, waktu pelaksanaan lama dan kurang cocok untuk bangunan sederhana. Fungsi air, sebagai pelumas dan pendingin mata bor dan juga berfungsi untuk mengangkut potongan-potongan tanah ke atas permukaan tanah.

B. Uji Sondir (DCPT)

Sondir (Dutch Cone Penetration Test), yaitu uji lapangan dalam menentukan perlawanan konus (q_c), perlawanan geser (f_s), angka banding geser (f_r) dan jumlah hambatan pelekat (JHP). Sondir digunakan untuk pengujian pada tanah lempung lunak, lanau dan pasir halus yang dapat dipergunakan untuk analisa desain fondasi dan interpretasi jenis tanahnya.

C. Uji SPT (Standard Penetration Test)

SPT adalah uji lapangan untuk menentukan nilai N , yaitu banyaknya jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk memasukan sprit spoon sedalam 30 cm setelah terlebih dahulu dimasukkan sedalam 15 cm dengan menggunakan beban penumbuk seberat 63,5 kg yang dijatuhkan dari ketinggian 76 cm. Seperti halnya sondir pengujian ini juga digunakan untuk analisa desain fondasi.

2.6 Pengambilan Contoh Tanah (Soil Sampling).

A. Contoh tidak asli (Disturbed Samples).

Contoh tidak asli diambil tanpa adanya usaha yang dilakukan untuk melindungi struktur asli dari tanah tersebut. Contoh-contoh ini biasanya dibawa ke laboratorium dalam tempat tertutup sehingga kadar airnya tidak akan berubah. Bilamana tidak ada kebutuhan untuk mempertahankan contoh-contoh tersebut pada kadar airnya yang asli, maka contoh-contoh ini dapat diambil terbuka.

B. Contoh asli (Undisturbed Samples).

Contoh asli adalah suatu contoh yang masih menunjukkan sifat-sifat asli dari tanah yang ada padanya. Contoh-contoh ini tidak mengalami perubahan dalam struktur, kadar air, atau susunan kimia. Contoh yang benar-benar asli tidaklah mungkin diperoleh, akan tetapi dengan Teknik pelaksanaan sebagaimana mestinya dan cara pengamatan yang tepat, maka kerusakan-kerusakan terhadap contoh bisa dibatasi sekecil mungkin.

C. Tabung Contoh (Sample Tubes)

Alat ini berupa silinder berdinding tipis yang disambung dengan stang-stang bor dengan suatu alat yang disebut tabung contoh. Alat ini terutama dipakai untuk lempung, yang lunak sampai yang sedang. Tabung contoh ini dimasukkan ke dalam dasar lubang bor, dan kemudian ditekan atau dipukul kedalam tanah asli yang akan diambil contohnya pada dasar lubang bor.

2.7 Pengujian Laboratorium

Pengujian tanah di laboratoeium dilakukan untuk mendapatkan parameter tanah seperti sifat fisik tanah dan sifat mekanik tanah yang selanjutnya akan digunakan untuk menghitung kapasitas daya dukung tanah dan stabilitas konstruksi jalan akses.

1. Kadar Air (Water Content)

Kadar air digunakan untuk menyatakan hubungan antara fase udara, air dan butiran padat yang berada dalam volume material.

2. Berat Isi (Unit Weight Density)

Berat isi tanah adalah perbandingan antara berat tanah basah dengan volume wadah berat isi tanah.

3. Berat Isi Kering (Dry Density)

Berat isi kering adalah perbandingan antara berat butiran dengan volume total tanah yang dinyatakan dalam gr/cm^3 .

4. Berat Jenis (Specific Gravity)

Berat jenis adalah perbandingan antara berat volume butiran padat dengan berat volume air.

5. Angka Pori (Void Ratio)

Angka pori didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat,

6. Porositas (Porosity)

Porositas adalah perbandingan antara volume pori (V_v) dengan volume total (V) yang dinyatakan dalam nilai persen atau decimal.

7. Derajat Kejenuhan (Degree of Saturation)

Derajat kejenuhan adalah perbandingan antara volume air (V_w) dan volume total rongga pori tanah (V_v) yang dinyatakan dalam nilai persen.

3. Metodologi

Metode yang digunakan penulis dalam penelitian ini adalah Metode data kuantitatif. Penelitian terapan adalah penelitian yang dilakukan dengan menggunakan kenyataan praktis yang berfungsi untuk mencari solusi mengenai suatu masalah tertentu. Tujuan utama dari penelitian terapan ini adalah untuk menemukan suatu Solusi yang paling efektif sehingga hasil penelitian dapat menyelesaikan suatu permasalahan yang terjadi saat ini maupun di masa yang akan datang. Pada pelaksanaan penelitian ini, diharapkan dapat memberikan penjelasan mengenai cara mengetahui sistem kerja pengeboran berdasarkan data SPT dan CPT berdasarkan pandangan menurut pada ahli.

3.1 Data Primer

Data primer diambil dengan:

- 1) Data Lapangan
 - a) Boring Log dan Muka Air Tanah
 - b) Data SPT
 - c) Data sondir
- 2) Data yang didapat dari uji laboratorium
 - a) Data Index Properties berupa Water Content, Grainsize Analysis, Specific Gravity Test, Density Test, Atterberg Limit.
 - b) Consolidation Test
 - c) Direct Shear Test
 - d) Unconfined Compression Test
 - e) Point Load Test

3.2 Data Sekunder

data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

- A. Peta lokasi dan gambar trase jalan
- B. Peraturan-peraturan tentang perancangan perkerasan jalan.

Pelaksanaan penelitian lapangan dilaksanakan mulai tanggal 08 Maret 2023 s.d 15 April 2023, meliputi pengambilan data primer di lapangan dan tahap selanjutnya dengan pekerjaan laboratorium dan proses pengolahan data dan laporan dilakukan di kantor. Daerah penelitian secara administratif terletak di Kabupaten Penajam Paser Utara, Sepaku KIPP IKN, Kalimantan Timur yang termasuk

kedalam Peta Geologi Calon Ibu Kota Negara. Data dari penelitian ini diperoleh secara riil baik dari konsultan, perencana ataupun kontraktor yang peranan tertentu pada proyek dan data yang digunakan pada penelitian tersebut. Analisa daya dukung ini berguna untuk menganalisa daya dukung tanah yang akan digunakan untuk dibebankan oleh bangunan ataupun jalan diatas tanah. Hasil dari analisa ini diharapkan dapat memperoleh hasil yang memuaskan dan dapat memastikan bahwa tanah yang akan digunakan untuk Pembangunan jalan akses yang dibangun dapat menemukan parameter jenis tanah yang akan ditempatkan.

3.3 Tahap penelitian

1. Persiapan

Setelah itu, pengumpulan data penunjang sebagai Langkah pertama dalam pekerjaan yang telah dilengkapi dengan peta lokasi penelitian di lapangan, GPS, alat tulis, meteran, alat dokumentasi dan transportasi.

2. Survei Pendahuluan

Kegiatan survei pendahuluan meliputi penentuan lokasi penelitian yang digunakan sebagai lokasi pengambilan sampel, dan wawancara langsung dengan warga, petani, dan pihak instansi pemerintahan setempat.

3. Penentuan Titik Sampel

Penentuan titik pengambilan sampel tanah dilakukan dengan metode purposive sampling. Setiap titik sampel ditentukan dengan menggunakan GPS.

4. Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan pengeboran. pada setiap titik sampel diambil contoh tanah pada kedalaman 0-40 m, contoh tanah dimasukkan ke dalam kantong yang telah diberi label dan selanjutnya dibawa ke laboratorium.

5. Pengamatan di Lapangan

Karakteristik fisik yang ditentukan dalam pengamatan ini dapat dilakukan secara langsung di lapangan yaitu ketebalan lempung, kedalaman muka air tanah dan warna Clay, Silt Clay, Silt Stone.

6. Pengamatan di Laboratorium

Setelah pengambilan sampel di lapangan, selanjutnya dianalisis di laboratorium. Sifat fisik Clay, Silt Clay, Silt Stone yang di peroleh dari hasil laboratorium adalah berat jenis butir, berat isi tanah kering dan berat isi tanah, kadar air asli, kadar pori, derajat kejenuhan, batas cair, batas plastis, indeks plastisitas.

4. Pembahasan

4.1 Hasil Analisis dan Pengolahan Data

Analisis penyelidikan tanah lapangan dengan menggunakan metode pengeboran adalah Langkah penting dalam perencanaan Pembangunan konstruksi jalan. Metode ini melibatkan pengambilan contoh tanah dari kedalaman tertentu untuk menganalisis sifat-sifat fisik dan mekanik tanah. Pada umumnya, analisis ini mencakup beberapa aspek, termasuk klasifikasi tanah, kekuatan penopang, kestabilan lereng, dan drainase. Hasil pengeboran akan memberikan informasi mengenai lapisan-lapisan tanah, kelembapan, kepadatan, tekstur, dan sifat-sifat lain yang relevan. Dengan demikian, analisis dan data dari penyelidikan tanah lapangan dengan metode pengeboran sangat penting untuk memastikan keberhasilan Pembangunan konstruksi jalan.

4.2 Analisa Data Tanah

Analisa data tanah memberikan penjelasan hasil penyelidikan tanah di jalan akses di Kabupaten Penajam Paser Utara, Sepaku KIPP IKN, Kalimantan Timur yang meliputi data boring log yang

dilakukan di lokasi tersebut dan pengolahannya dilakukan oleh pihak laboratorium PT. Analisis data tanah diperlukan untuk evaluasi dan penentuan alternatif penanganan pada kasus ini. Analisis data akan membahas mengenai data-data yang ada, meliputi pengklasifikasian tiap lapisan tanah berdasarkan pada sifat-sifat fisik tanah, sifat plastisitas, sifat butiran tanah, sifat mekanik, sifat konsolidasi dan permeabilitas serta penyebaran tiap lapisan tanah berdasarkan hasil pemboran. Selain data tanah diperlukan juga data yang akan digunakan untuk memodelkan pembebanan pada struktur perkerasan jalan dan struktur dinding penahan tanahnya.

1. Data Teknis N-SPT

Hasil pengeboran untuk tanah asli di tunjukan pada tabel berikut ini:

Tabel 4.1 Hasil Pengeboran pada STA 0+300

| Kedalaman | Material | Deskripsi | N-SPT |
|-----------------|--------------|----------------------------------|---------|
| 0.00 - 5.00 m | Lempung | abu-abu muda, plastisitas sedang | 13 - 47 |
| 5.00 - 24.00 m | Batu Lempung | abu-abu muda sangat lapuk | > 60 |
| 24.00 - 32.20 m | Batu Lanau | abu-abu tua, lapuk sedang | > 60 |

Sumber : PT. Pratama Widya, Tbk

Pada Tabel 4.1 STA 0+300 lapisan ini mulai ditemukan pada kedalaman 0.00 – 5.00 m berupa material jenis tanah lempung dan pada kedalaman 5.00 – 24.00 m merupakan material batu lempung sampai dengan akhir pengeboran pada kedalaman 24.00 – 32.20 m ditemukan lapisan tanah dengan jenis material batu lanau warna abu-abu tua lapuk sedang dengan N-SPT >60.

Tabel 4.2 Hasil Pengeboran pada STA 0+325

| Kedalaman | Material | Deskripsi | N-SPT |
|-----------------|----------------------|---------------------------------------|-------|
| 0.00 - 3.00 m | Tanah Liat Berlumpur | coklat kekuningan, plastisitas tinggi | 20 |
| 3.00 - 17.00 m | Batu Pasir | Abu-abu Muda, Berbutir sangat halus | > 60 |
| 17.00 - 29.75 m | Batu Lanau | Abu-abu Muda, Sangat Lapuk | > 60 |

Sumber : PT. Pratama Widya, Tbk

Pada Tabel 4.2 STA 0+325 lapisan ini mulai ditemukan pada kedalaman 0.00 – 3.00 m berupa material jenis tanah liat berlumpur dan pada kedalaman 3.00 – 17.00 m merupakan material batu pasir sampai dengan akhir pengeboran pada kedalaman 17.00 – 29.75 m ditemukan lapisan tanah dengan jenis material batu lanau warna abu-abu muda, sangat lapuk dengan N-SPT >60.

Tabel 4.3 Hasil Pengeboran pada STA 0+969

| Kedalaman | Material | Deskripsi | N-SPT |
|-----------------|----------------------|---------------------------------------|-------|
| 0.00 - 2.00 m | Tanah Liat Berlumpur | coklat kekuningan, plastisitas tinggi | 49 |
| 2.00 - 22.00 m | Batu tanah liat | Abu-abu Muda, Sangat lapuk | > 60 |
| 22.00 - 33.00 m | Batu Lanau | Abu-abu gelap, Sangat lapuk | > 60 |

Sumber : PT. Pratama Widya, Tbk

Pada Tabel 4.3 STA 0+969 lapisan ini mulai ditemukan pada kedalaman 0.00 – 2.00 m berupa material jenis tanah liat berlumpur dan pada kedalaman 2.00 – 22.00 m merupakan material batu tanah liat sampai dengan akhir pengeboran pada kedalaman 22.00 – 33.00 m ditemukan lapisan tanah dengan jenis material batu lanau warna abu-abu gelap, sangat lapuk dengan N-SPT >60.

Tabel 4.4 Hasil Pengeboran pada STA 1+000

| Kedalaman | Material | Deskripsi | N-SPT |
|-----------------|-------------------------|---------------------------------------|-----------|
| 0.00 - 3.00 m | Tanah Liat Berlumpur | coklat kekuningan, plastisitas tinggi | 8 |
| 3.00 - 23.00 m | Batu tanah liat | Abu-abu Muda, Sangat lapuk | 50 - > 60 |
| 23.00 – 33.00 m | Batu Lanau | Abu-abu Gelap, sangat lapuk | > 60 |

Sumber : PT. Pratama Widya, Tbk

Pada Tabel 4.4 STA 1+000 lapisan ini mulai ditemukan pada kedalaman 0.00 – 3.00 m berupa material jenis tanah liat berlumpur dengan warna coklat kekuningan dengan plastisitas tinggi dengan N-SPT 8. Dan pada kedalaman 3.00 – 23.00 m merupakan material batu tanah liat warna abu-abu muda dengan jenis tanah sangat lapuk dengan N-SPT >50-60. sampai dengan akhir pengeboran pada kedalaman 23.00 – 33.00 m ditemukan lapisan tanah dengan jenis material batu lanau warna abu-abu gelap, sangat lapuk dengan N-SPT >60.

Tabel 4.5 Hasil Pengeboran pada STA 1+027

| Kedalaman | Material | Deskripsi | N-SPT |
|-----------------|-----------------|----------------------------------|-----------|
| 0.00 - 5.00 m | Tanah liat | Abu-abu Muda, Plastisitas sedang | 16 - > 60 |
| 5.00 - 25.00 m | Batu tanah liat | Abu-abu gelap, sangat lapuk | > 60 |
| 25.00 – 32.00 m | Batu Lanau | Abu-abu Gelap, sangat lapuk | > 60 |

Sumber : PT. Pratama Widya, Tbk

Pada Tabel 4.5 STA 1+027 lapisan ini mulai ditemukan pada kedalaman 0.00 – 5.00 m berupa material jenis tanah liat dengan warna abu-abu muda dengan plastisitas sedang dengan N-SPT 16- >60. Dan pada kedalaman 5.00 – 25.00 m merupakan material batu tanah liat warna abu-abu gelap dengan jenis tanah sangat lapuk dengan N-SPT >60. sampai dengan akhir pengeboran pada kedalaman 25.00 – 32.00 m ditemukan lapisan tanah dengan jenis material batu lanau warna abu-abu gelap, sangat lapuk dengan N-SPT >60.

Tabel 4.6 Hasil Pengeboran pada STA 1+057

| Kedalaman | Material | Deskripsi | N-SPT |
|-----------------|-------------------------|---------------------------------------|-------|
| 0.00 - 2.00 m | Tanah Liat Berlumpur | Coklat kekuningan, Plastisitas tinggi | > 60 |
| 2.00 - 23.00 m | Batu tanah liat | Abu-abu Muda, Sangat lapuk | > 60 |
| 23.00 – 32.95 m | Batu Lanau | Abu-abu gelap, sangat lapuk | > 60 |

Sumber : PT. Pratama Widya, Tbk

Pada Tabel 4.6 STA 1+057 lapisan ini mulai ditemukan pada kedalaman 0.00 – 2.00 m berupa material jenis tanah liat berlumpur dengan warna coklat kekuningan dengan plastisitas tinggi dengan N-SPT 16- >60. Dan pada kedalaman 2.00 – 23.00 m merupakan material batu tanah liat warna abu-abu muda dengan jenis tanah sangat lapuk dengan N-SPT >60. sampai dengan akhir pengeboran pada

kedalaman 23.00 – 32.95 m ditemukan lapisan tanah dengan jenis material batu lanau warna abu-abu gelap, sangat lapuk dengan N-SPT >60.

Tabel 4.7 Hasil Pengoran pada STA 1+200

| Kedalaman | Material | Deskripsi | N-SPT |
|-----------------|-----------------|--|-------|
| 0.00 - 4.00 m | Tanah Berlumpur | Liat Coklat kekuningan, Plastisitas tinggi | 16 |
| 4.00 - 10.00 m | batu pasir | abu-abu muda, berbutir halus sangat halus | > 60 |
| 10.00 – 30.00 m | batu tanah liat | abu-abu muda, sangat lapuk | > 60 |
| 30.00 – 30.76 m | Batu Lanau | Abu-abu tua, sedikit lapuk | > 60 |

Sumber : PT. Pratama Widya, Tbk

Pada Tabel 4.7 STA 1+200 lapisan ini mulai ditemukan pada kedalaman 0.00 – 4.00 m berupa material jenis tanah liat berlumpur dengan warna coklat kekuningan dengan plastisitas tinggi dengan N-SPT 16. Dan pada kedalaman 4.00 – 10.00 m merupakan material batu pasir warna abu-abu muda dengan jenis tanah sangat lapuk dengan N-SPT >60. Dengan kedalaman selanjutnya 10.00 – 30.00 m merupakan lapisan material batu tanah liat dengan warna abu-abu muda dengan jenis tanah sangat lapuk dengan N-SPT >60.

Tabel 4.8 Hasil Pengeboran pada STA 1+700

| Kedalaman | Material | Deskripsi | N-SPT |
|-----------------|-----------------|----------------------------------|-------|
| 0.00 - 5.00 m | Tanah Liat | abu-abu muda, plastisitas sedang | 23 |
| 5.00 - 11.00 m | batu tanah liat | abu-abu tua, sangat lapuk | > 60 |
| 11.00 – 25.00 m | batu tanah liat | abu-abu tua, sangat lapuk | > 60 |
| 25.00 – 30.45 m | Batu Lanau | abu-abu tua, sangat lapuk | > 60 |

Sumber : PT. Pratama Widya, Tbk

Pada Tabel 4.8 STA 1+700 lapisan ini mulai ditemukan pada kedalaman 0.00 – 5.00 m berupa material jenis tanah liat dengan warna abu-abu muda dengan plastisitas sedang dengan N-SPT 23. Dan pada kedalaman 5.00 – 11.00 m merupakan material batu tanah liat warna abu-abu tua dengan jenis tanah sangat lapuk dengan N-SPT >60. Dengan kedalaman selanjutnya 11.00 – 25.00 m merupakan lapisan material batu tanah liat dengan warna abu-abu tua dengan jenis tanah sangat lapuk dengan N-SPT >60.

Tabel 4.9 Hasil Pengeboran pada STA 1+958

| Kedalaman | Material | Deskripsi | N-SPT |
|-----------------|-----------------|---------------------------------------|-------|
| 0.00 - 3.00 m | Tanah Liat | Kuning kecoklatan, plastisitas sedang | 15 |
| 3.00 - 9.00 m | batu tanah liat | abu-abu muda, sangat lapuk | > 60 |
| 9.00 – 25.00 m | batu tanah liat | abu-abu muda, sangat lapuk | > 60 |
| 25.00 – 38.00 m | Batu Lanau | abu-abu gelap, sangat lapuk | > 60 |

Sumber : PT. Pratama Widya, Tbk

Pada Tabel 4.9 STA 1+958 lapisan ini mulai ditemukan pada kedalaman 0.00 – 3.00 m berupa material jenis tanah liat dengan warna kuning kecoklatan dengan plastisitas sedang dengan N-SPT 15. Dan pada kedalaman 3.00 – 9.00 m merupakan material batu tanah liat warna abu-abu muda dengan jenis tanah sangat lapuk dengan N-SPT >60. Dengan kedalaman selanjutnya 9.00 – 25.00 m merupakan lapisan material batu tanah liat dengan warna abu-abu muda dengan jenis tanah sangat lapuk dengan

N-SPT >60. Sampai dengan akhir pengeboran pada kedalaman 25.00 – 38.00m ditemukan lapisan tanah dengan jenis material batu lanau warna abu-abu gelap, sangat lapuk dengan N-SPT >60. Pada pengeboran titik STA 1+958 terjadi kesalahan dalam pengambilan sampel tanah pada kedalaman 0.00 – 5.00 m yang terjadi di lapangan.

Tabel 4.10 Hasil Penboran pada STA 1+958

| Kedalaman | Material | Deskripsi | N-SPT |
|-----------------|-----------------|---------------------------------------|--------|
| 0.00 - 5.00 m | Tanah Liat | Kuning kecoklatan, plastisitas sedang | 8 - 10 |
| 5.00 - 11.00 m | batu tanah liat | abu-abu muda, sangat lapuk | > 60 |
| 11.00 – 25.00 m | batu tanah liat | abu-abu muda, sangat lapuk | > 60 |
| 25.00 – 38.00 m | Batu Lanau | abu-abu gelap, sangat lapuk | > 60 |

Sumber : PT. Pratama Widya, Tbk

Pada titik STA 1+958 sebelum mendapatkan hasil yang tepat pada pengeboran, terjadi kegagalan dalam pengambilan sampel tanah. Pada tabel 4.9 adalah hasil pengujian pengeboran di lapangan yang benar. Pada tabel 4.10 adalah hasil pengujian dan pengambilan sampel tanah yang salah. Penyebab terjadi pengambilan sampel tidak sesuai titik STA 1+958 pada tabel 4.10 penyebabnya dapat terjadi beberapa konsekuensi serius salah satu dampaknya adalah hasil pengujian tanah yang tidak akurat, yang dapat mengakibatkan kesalahan dalam perencanaan pondasi konstruksi. Oleh sebab itu, sangat penting untuk melakukan penyelidikan tanah dengan baik sebelum konstruksi tersebut didirikan. Pengeboran harus dilakukan dengan hati-hati dan memperhatikan faktor keselamatan, seperti memastikan keamanan alat dan lingkungan sekitar. Pengambilan sampel tanah harus dilakukan dengan cara yang tidak merusak atau mengganggu kondisi tanah asli, sehingga hasil pengujian lebih akurat. Sampel tanah yang terganggu dan tidak terganggu memiliki pengaruh pada jenis pengujian yang dapat dilakukan.

Tabel 4.11 Hasil Pengeboran pada STA 5+325

| Kedalaman | Material | Deskripsi | N-SPT |
|-----------------|----------------------|---------------------------------|-----------|
| 0.00 - 2.00 m | Tanah Liat Berlumpur | Coklat muda, plastisitas tinggi | 16 |
| 2.00 - 19.00 m | Batu Tanah Liat | Abu-abu muda, sangat lapuk | 18 - > 60 |
| 19.00 – 29.00 m | Batu Lanau | Abu-abu gelap, sedang | > 60 |

Sumber : PT. Pratama Widya, Tbk

Pada Tabel 4.11 STA 5+325 lapisan ini mulai ditemukan pada kedalaman 0.00 – 2.00 m berupa material jenis tanah liat berlumpur dengan warna coklat muda dengan plastisitas tinggi dengan N-SPT 16. Dan pada kedalaman 2.00 – 19.00 m merupakan material batu tanah liat warna abu-abu muda dengan jenis tanah sangat lapuk dengan N-SPT 18 - >60. sampai dengan akhir pengeboran pada kedalaman 19.00 – 29.00 m ditemukan lapisan tanah dengan jenis material batu lanau warna abu-abu gelap sedang dengan N-SPT >60.

Uji SPT di dalam tanah kerikil atau tanah pasir yang berkerikil harus dianalisis hati-hati, karena bila alat mendorong sekelompok kerikil, akan berakibat jumlah pukulan yang lebih banyak. Umumnya dilakukan hitungan rata-rata statistic dari lapisan pada kedalaman yang sama, pada tiap-tiap titik pengujian. Dari hasil dapat ditentukan jumlah pukulan yang dianggap benar, yang selanjutnya akan dipergunakan dalam perancangan. Skempton meneliti pengaruh dari prosedur pengujian SPT terhadap nilai N-SPT yang diperoleh dari lapangan. Disimpulkan bahwa N-SPT harus dikoreksi

terhadap cara jatuhnya pemukul, tipe landasan dan Panjang total batang pipa bor. Nilai standar efisiensi energi bervariasi antara 36 – 85%, bila digunakan pemukul donat atau pemukul aman.

4.3 Sample Tanah

Sample tanah diambil dengan tabung sample pada kedalaman bervariasi antara 1,00 -1.50 meter, dan 2.50 - 3.00-meter dari muka tanah setempat, sample yang diambil selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk diselidiki sifat-sifat tanahnya baik sifat fisis maupun sifat mekanisnya.



Gambar 4. 1 Sample Pengeboran Tanah

Sumber : Sample Pengeboran PT. Pratama Widya

Pengambilan sampel harus sangat hati-hati mengingat sampel tersebut harus dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian. Pengeboran geoteknik ialah penyimpanan dan pengiriman sampel ke laboratorium, seperti yang diatur dalam ASTM D-4220. Untuk sampel UDS, harus di kemas dengan baik menggunakan kotak khusus sehingga posisi tabung UDS tetap tegak berdiri.

4.4 Data Teknis Sondir (DCPT)

Sondir, yaitu uji lapangan dalam menentukan perlawanan konus, perlawanan geser, angka banding geser dan jumlah hambatan pelekat.

Tabel 4.12 Hasil Data Sondir (DCPT)

| No | Kedalaman | qc (kg/cm ²) |
|----|-----------|--------------------------|
| 1 | 3.00 | 250 |
| 2 | 3.40 | 250 |
| 3 | 3.00 | 250 |
| 4 | 2.60 | 250 |
| 5 | 2.60 | 250 |
| 6 | 2.40 | 250 |
| 7 | 2.20 | 250 |
| 8 | 2.00 | 250 |
| 9 | 2.60 | 250 |
| 10 | 2.60 | 250 |
| 11 | 2.20 | 250 |
| 12 | 1.80 | 250 |
| 13 | 1.80 | 250 |
| 14 | 3.00 | 250 |
| 15 | 1.80 | 250 |

Sumber: PT. Pratama Widya

Penggunaan metode standar Sondir dapat membantu meminimalkan potensi kesalahan dalam teknik konstruksi, khususnya dalam pengujian tanah. Metode Sondir digunakan untuk mengukur tahanan dalam tanah dan dapat membantu dalam menentukan sifat-sifat mekanik tanah. Penggunaan metode ini dapat meminimalkan kesalahan dalam estimasi kapasitas dukung tanah dan perencanaan pondasi, sehingga penting dalam memastikan keandalan struktur konstruksi.

4.5 Kondisi Morfologi

Berdasarkan hasil survey lapangan kondisi rencana titik-titik pengeboran merupakan lahan yang masih hijau dan perlu rintis manual untuk ke beberapa titik. Elevasi tanah juga cukup berkontur mulai

gelombang rendah hingga tinggi dan jarak antar titik pengeboran mulai dari 30.0 s/d 700.0 m. Untuk mengetahui dengan pasti karakteristik dan sifat tanah dasar diperlukan data penyelidikan yang dilakukan di Laboratorium pada tanah ruas jalan akses di Kabupaten Penajam Paser Utara, Sepaku KIPP IKN, Kalimantan Timur. Data penyelidikan tanah yang dianalisa, diambil ruas jalan akses di Kabupaten Penajam Paser Utara, Sepaku KIPP IKN, Kalimantan Timur.



Gambar 4. 2 Kondisi Morfologi Ruas Jalan Akses di Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur
Sumber: Google Tahun 2020

Dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut memiliki struktur geologi yang memiliki elevasi tanah yang cukup berkontur mulai dari gelombang rendah hingga tinggi. Berdasarkan hasil uji lapangan 10 titik bor dan 15 titik Sondir dengan kapasitas 2,5-ton statigrafi tanah dapat dilihat dengan potongan melintang geoteknik yang merupakan di dominan lapisan material kohesive pada permukaan sampai dengan pengeboran 2.0/4.0m, kemudian selanjutnya sampai dengan akhir pengeboran merupakan material batuan. Lapisan ini mulai di temukan pada kedalaman 2.0m/4.0 m sampai kedalaman 19.0/24.0 m berupa material batuan claystone berwarna abu-abu muda hingga tua, strongly weathered, weakly cemented dengan nilai $N_{spt} > 60$ dan nilai tahanan ujung konus > 250 kg. pada titik BH-14 dengan Sta 0 + 325 terdapat lapisan sandstone cukup tebal pada kedalaman 3.0 m s/d 1.0 m, poorly graded, strongly weathered dengan nilai $N_{spt} > 60$. Stratum 3 merupakan lapisan permukaan yang ditemukan hingga kedalaman 2.0/4.0 m, di dominasi material tanah clay, high plasticity warna abu-abu muda dan coklat muda hingga tua, konsistensi stiff / very stiff to hard dengan nilai $NSPT = 13 - 60$ pukulan.

4.6 Direct Shear Test (Uji Geser Langsung)

Pendoman ini mencakup metode pengukuran kuat geser tanah menggunakan uji geser langsung UU. Interpretasi kuat geser dengan cara ini bersifat langsung sehingga tidak dibahas secara rinci. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kohesi dan sudut geser dalam.

Tabel 4.14 Direct Shear Test

| No | Jenis Pengujian | Satuan | Hasil Pengujian |
|----|-----------------|-----------|-----------------|
| 1 | Kohesi | kg/cm^2 | 1,959 |
| 2 | Sudut Geser | Deg | 1,646 |

Sumber : PT. Widya, Tbk

Pratama

Pada Tabel 4.14 dengan kalsifikasi tanah berdasarkan AASHTO Dimana tanah berlempung dengan penilaian sebagai bahan tanah dasar dan pada kalsifikasi berdasarkan USC didapat yaitu lempung dengan plastisitas tinggi.

4.7 Data Grain Size

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ukuran butiran dari suatu tanah uji dengan cara analisis saringan.

Tabel 4.15 Grain Size

| Diameter | % Lolos |
|-----------|---------|
| 10 mm | 98 |
| 5 mm | 94 |
| 2,5 mm | 88 |
| 1,2 mm | 80 |
| 0,4 mm | 72 |
| 0,26 mm | 66 |
| 0,14 mm | 62 |
| 0,075 mm | 56 |
| 0,004 mm | 30 |
| 0,003 mm | 24 |
| 0,002 mm | 16 |
| 0,0015 mm | 10 |

Sumber : Lab. Mektan unissula (2007)

Pengujian ini dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan susunan saringan dengan nomor tertentu dan/atau dengan menggunakan hydrometer. Ukuran grain size juga dapat dinyatakan dengan jumlah grain per unit area/volume dan average diameter, serta dapat dibandingkan dengan standarized grain size chart.

4.8 Consolidation Test

Uji konsolidasi dilakukan pada tanah lempung atau lanau yang jenuh air berdasarkan teori Terzaghi. Khusus untuk tanah ekspansif dan tanah organik, maka tidak termasuk dalam lingkup pengujian ini. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai Coeffisient of Consolidation dan Compression Index.

Tabel 4.16 Data Consolidation Test

| No | Jenis Pengujian | Satuan | Hasil Pengujian |
|----|------------------------------|------------|-----------------|
| 1 | Coeffisient of Consolidation | | 0,488 |
| 2 | Compression Index | cm^2/min | 0,454 |

4.9 Atterberg Limit

Apabila tanah berbutir halus mengandung mineral lempung, maka tanah tersebut dapat diremas-remas tanpa menimbulkan retakan. Atterberg mengembangkan suatu metode untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. Oleh karena itu atas dasar air yang dikandung tanah, tanah dapat dipisahkan dalam empat keadaan, yaitu: padat, semi padat, plastis dan cair.

Tabel 4.17 Harga-Harga Batas Atterberg untuk Mineral Lempung

| Mineral | Batas Cair (LL) | Batas Plastis (PL) | Batas Susut (SL) |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|------------------|
| <i>Montmorillonite</i> | 100 - 900 | 50 - 100 | 8,5 - 15 |
| <i>Nontronite</i> | 32 - 72 | 19 - 27 | - |
| <i>Illite</i> | 60 - 120 | 35 - 60 | 15 - 17 |
| <i>Kaolinite</i> | 30 - 110 | 25 - 40 | 25 - 29 |
| <i>Halloysite terdehidrasi</i> | 50 - 70 | 47 - 60 | - |

| Mineral | Batas Cair (LL) | Batas Plastis (PL) | Batas Susut (SL) |
|--------------------|-----------------|--------------------|------------------|
| <i>Halloysite</i> | 35 - 55 | 30 - 45 | - |
| <i>Attapulgite</i> | 160 - 230 | 100 - 120 | - |
| <i>Chlorite</i> | 44 - 47 | 36 - 45 | - |
| <i>Allophane</i> | 200 - 250 | 130 - 140 | - |

Sumber : Braja M. Das, Mekanika Tanah 1 (1995)

4.10 Muka Air Tanah

Air tanah didefinisikan sebagai air yang terdapat di bawah permukaan bumi. Salah satu sumber utamanya adalah air hujan yang meresap ke bawah lewat ruang pori di antara butiran tanah. Air sangat berpengaruh pada sifat-sifat teknis tanah, khususnya tanah berbutir halus.

Tabel 4.18 Hasil Pengamatan Muka Air Tanah

| No Bor | STA | Ground Water Level (m.MT) |
|-----------|-------|------------------------------|
| BH-11 | 0+300 | -1.40 M |
| BH-14 | 0+325 | -4.40 M |
| JB.4 BH-7 | 0+969 | -1.30 M |
| JB.4 BH-8 | 1+000 | -2.80 M |
| JB.3 BH-5 | 1+027 | -2.40 M |
| JB.3 BH-6 | 1+057 | -1.30 M |
| BH-15 | 1+200 | -4.20 M |
| BH-12 | 1+700 | -2.60 M |
| BH-16 | 1+958 | -11.28 M |
| BH-6 | 5+325 | -1.20 M |

Hasil dari pengamatan Tabel 4.18 pengamatan muka air tanah dapat memberikan informasi tentang kondisi air tanah di suatu lokasi. Penurunan muka air tanah dapat memicu erosi tanah, disisi lain air tanah yang tinggi dapat mempengaruhi perembesan pada komponen konstruksi. Oleh karena itu, pengamatan muka air tanah penting dalam perencanaan konstruksi seperti jalan dan jembatan.

5. Kesimpulan dan Saran

1. Kesimpulan

Penyelidikan tanah dilakukan di Kabupaten Penajam Paser Utara, Sepaku KIPP IKN, Kalimantan Timur, dengan latar belakang untuk mengidentifikasi dan menganalisis kondisi tanah guna mendukung perencanaan konstruksi perkerasan jalan dan dinding penahan tanah. Dalam upaya menghindari kesalahan selama penyelidikan tanah di lapangan, langkah-langkah ketat dalam prosedur pengukuran, pengambilan sampel, dan analisis data perlu diterapkan. Penggunaan metode standar seperti SPT dan CPT membantu meminimalkan potensi kesalahan. Rekomendasi teknis dan material spesifik dapat dihasilkan untuk mendukung konstruksi yang aman dan tahan lama. Prediksi penurunan tanah dapat dibuat berdasarkan data konsolidasi dan parameter tanah lainnya.

2. Saran

Menyelidiki dan mengembangkan metode penyelidikan tanah yang lebih canggih dan efisien, seperti penggunaan teknologi geoteknik modern atau sensor tanah, untuk meningkatkan akurasi dan mendapatkan data yang lebih komprehensif. Melakukan penelitian lebih lanjut terkait dampak penurunan tanah terhadap infrastruktur. Hal ini mencakup pemodelan lebih lanjut dan analisis potensi perbaikan atau mitigasi yang dapat diimplementasikan. Hal ini dapat mendukung

pengembangan perkerasan jalan dan dinding penahan tanah yang lebih kokoh. Melibatkan ahli geoteknik dalam proses penyelidikan tanah dan perencanaan konstruksi.

Ucapan Terimakasih

Penulis sampaikan ucapan terimakasih kepada Ketua Prodi dan seluruh Dosen Teknik sipil Universitas Internasional Batam Orang tua dan keluarga penulis yang selalu menemani penulis dalam perjalanan hidup penulis sampai dalam menyusun artikel ini.

Daftar Rujukan

Jurnal

- [1] Maryadi, E., Anam, S., Ramadhan, T., & Putra, A. S. (2023). Analisis Penyelidikan Uji Tanah Sondir Untuk Daya Dukung Permukaan Tanah dan Rekomendasi Pondasi Proyek New Plant di Pekanbaru Riau. *Prosiding Sains dan Teknologi*, 2(1), 444-454.
- [2] Artanti, A., & Siregar, A. C. (2022). Analisa Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data N-Spt dan Sondir pada Pembangunan Masjid Istiqlal Jalan Jakarta Kecamatan Loa Bakung Kota Samarinda.
- [3] Hartono, J., Khoiroh, U., & Saleh, M. (2022). Stabilitas Tanah Timbunan Sisi BH-1 Proyek Jalan Akses Pembangunan Jembatan Pulau Balang II. *Bentang: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 10(1), 1-10.
- [4] Alwi, A. KORELASI DAYA DUKUNG TANAH DASAR YANG DIDAPAT DARI HASIL UJI SONDIR (CONE PENETRATION TEST), DYNAMIC CONE PENETROMETER (DCP) DAN PLATE BEARING TEST. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 7(1).
- [5] Kurniangga, A. G. (2019). Geologi dan potensi longsor pada perencanaan pembangunan jalan Tol Cisumdawu fase II Sumedang, Jawa Barat dengan data SPT, batas atterberg dan uji triaksial. *SKRIPSI-2018*.
- [6] Nawir, H., Apoji, D., Fatimatuzahro, R., & Pamudji, M. D. (2012). Prediksi penurunan tanah menggunakan prosedur observasi Asaoka studi kasus: Timbunan di Bontang, Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 19(2), 133-148.
- [7] Studi Stabilisasi Tanah Ekspansif dengan Penambahan Pasir untuk Tanah Dasar Konstruksi Jalan (Sutikno dan Denny Yatmadi 2010). Pada penelitian ini dengan menambahkan pasir sebagai bahan stabilisasi didapat hasil nilai CBR yang meningkat pada persentase 10%.
- [8] Pemanfaatan Campuran Pasir dan semen sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Tanon Sragen (Muh. Abduh 2013). Pada penelitian ini dengan penambahan pasir dan semen didapat nilai CBR yang mengalami peningkatan terbesar pada persentase pasir 30% dan semen 15% .
- [9] Analisis Daya Dukung Tanah Lempung yang Distabilisasi dengan Kapur dan Pasir (Risman 2011). Pada penelitian ini dengan menambahkan kapur dan pasir didapat hasil nilai CBR yang mulai meningkat pada persentase 10%. Soewandita, H. (2008). Studi muka air tanah gambut dan implikasinya terhadap degradasi lahan pada beberapa kubah gambut di Kabupaten Siak. *Jurnal Air Indonesia*, 4(2).
- [10] Taneo, F. (2022). ANALISIS METODE PELAKSANAAN UNDERCONSTRUCTION JEMBATAN (Studi Kasus Rehabilitasi Jalan dan Pembangunan Jembatan Siangan-Lokasrana) (Doctoral dissertation, Universitas Mahasaraswati Denpasar).
- [11] Pramesty, A. (2020). Analisis Deformasi Tanah Pada Titik Bor 1 Hasil Pengujian Sondir Di Hutahuruk, D. M. (2022). Analisis Kekuatan Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Jembatan Jalan Bebas Hambatan Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi.