



Analisis Daya Dukung Tanah Lapisan Pondasi Jalan pada Proyek Jalan Tol Tebing Tinggi – Parapat Tahap I (Zona 1)

Analysis of Road Foundation Supporting Capacity of Road Foundation on The Tebing High Toll Road Project – Parapat Phase I (Zone 1)

Nasrullah, Kamaluddin Lubis & Amsuardiman*

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Indonesia

Abstrak

Dalam pembangunan Jalan Tol Tebing Tinggi-Parapat Tahap I (Zona 1), daya dukung tanah sangat penting untuk keberhasilan konstruksi. Daya dukung tanah diuji menggunakan alat DCP dan CBR Lapangan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan daya dukung tanah berdasarkan hasil uji Dynamic Cone Penetrometer (DCP) dengan memakai alat DCP dan hasil uji California Bearing Ratio (CBR) dengan memakai alat CBR pada tanah dasar (subgrade). Sedangkan metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode SNI, AASHTO T 193 dan ASTM D 1883. Dari hasil perhitungan pengujian DCP di dapat nilai rata – rata CBR 6,16 %. Dan hasil perhitungan pengujian CBR lapangan didapat nilai rata – rata CBR maksimum 6,43 %. Berdasarkan metode AASHTO T 193 dan ASTM D 1883 memenuhi persyaratan. Karena nilai CBR yang didapat lebih dari 6 %. Dengan nilai CBR rata-rata tersebut memenuhi persyaratan. Jadi tanah tidak memerlukan pemadatan dan pekerjaan dapat dilanjutkan ke pekerjaan timbunan (borrow material).

Kata Kunci: Daya Dukung Tanah; Penentuan Nilai DCP; dan CBR

Abstract

In the construction of the Tebing Tinggi-Parapat Toll Road Phase I (Zone 1), the carrying capacity of the soil is very important for the success of construction. The bearing capacity of the soil was tested using DCP and Field CBR tools. The purpose of this study is to obtain soil carrying capacity based on the results of the Dynamic Cone Penetrometer (DCP) test using the DCP tool and the results of the California Bearing Ratio (CBR) test using the CBR tool on the subgrade soil. Meanwhile, the methods used in this study are SNI, AASHTO T 193 and ASTM D 1883 methods. From the results of the calculation of the DCP test, the average CBR score was 6.16%. And the results of the calculation of the field CBR test obtained a maximum average CBR value of 6.43%. Based on the AASHTO T 193 and ASTM D 1883 methods, it meets the requirements. Because the CBR value obtained is more than 6%. With the average CBR value, it meets the requirements. So the soil does not require compaction and the work can be continued to the landfill work (borrowed material).

Keywords: Soil Carrying Capacity; Determination of DCP Value; and CBR.

How to Cite: Nasrullah., Lubis, K., & Hermansyah. (2024). Analisis Daya Dukung Tanah Lapisan Pondasi Jalan pada Proyek Jalan Tol Tebing Tinggi – Parapat Tahap I (Zona 1). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Arsitektur (JITAS)*, 3(2) 2024: 86-94

*E-mail: amsuardiman@staff.uma.ac.id

ISSN 2830-3911 (Online)



PENDAHULUAN

Tanah dasar (subgrade) memainkan peran penting dalam keberhasilan pembangunan infrastruktur jalan, termasuk proyek Jalan Tol Tebing Tinggi – Parapat Tahap I (Zona 1). Tanah dasar yang baik harus memiliki karakteristik seperti kadar air, kepadatan, dan tekstur yang sesuai dengan kondisi lingkungan setempat (Nababan, 2021; Sagala, 2023; Santoso, 2021). Parameter-parameter ini menentukan daya dukung tanah, yang menjadi dasar untuk mendukung lapisan perkerasan jalan. Dalam penelitian ini, daya dukung tanah dianalisis menggunakan dua metode utama, yaitu Dynamic Cone Penetrometer (DCP) dan California Bearing Ratio (CBR) (Megasukma et al., 2023; Nasution & others, 2022; NURAUNINGSIH, 2022).

CBR adalah metode yang mengukur perbandingan beban penetrasi suatu lapisan tanah terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi tertentu (Afrida & Priyanto, 2023; Rasyid et al., 2021). Sementara itu, DCP adalah metode sederhana dan efisien untuk mengukur daya dukung tanah dasar melalui penetrasi kerucut dinamis (K. Lubis et al., 2020; M. K. Z. Lubis, 2018). Kedua metode ini digunakan untuk menentukan nilai daya dukung tanah pada subgrade proyek pembangunan jalan tol. Penggunaan alat DCP dan CBR dianggap praktis, ringan, dan memberikan hasil yang akurat dalam menilai kualitas tanah (Pangaribuan & others, 2023; R. T. Pratama et al., 2021).

Metode DCP dilakukan dengan cara mengukur kedalaman penetrasi kerucut baja ke dalam tanah setelah diberikan tumbukan palu dengan berat tertentu. Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung nilai CBR dalam persen (%), yang mencerminkan daya dukung tanah (Azzahra, 2022; Sitompul & others, 2021). Metode CBR dilakukan dengan perangkat uji khusus yang menggunakan piston penetrasi untuk memberikan tekanan pada tanah dan mengukur resistensi tanah terhadap tekanan tersebut. Hasil pengujian ini kemudian diplotkan dalam grafik untuk menentukan nilai daya dukung tanah secara kuantitatif.

Struktur tanah sangat beragam, mulai dari tanah kohesif seperti lempung hingga tanah tak kohesi seperti pasir. Karakteristik ini dipengaruhi oleh faktor geologi, kondisi iklim, dan transformasi fisik maupun kimia (Mendrofa, 2019; E. S. Pratama, 2023; Tania, 2024). Tanah dasar yang digunakan dalam proyek ini berasal dari bahan timbunan lokal yang dipilih berdasarkan kesesuaiannya dengan spesifikasi teknis dan ketersediaan material di sekitar lokasi proyek. Pengujian daya dukung tanah pada subgrade dilakukan untuk memastikan stabilitas dan keamanan lapisan perkerasan jalan selama masa layanan (Akbar, 2023; Bancin, 2020; Purnama & others, 2023).

Dalam penelitian ini, alat DCP dan CBR digunakan untuk menganalisis daya dukung tanah dengan prosedur yang telah distandarisasi. Pada pengujian DCP, palu dengan berat 8 kg dijatuhkan dari ketinggian tertentu untuk memberikan tekanan pada kerucut baja, sementara pengukuran kedalaman penetrasi dilakukan setelah setiap tumbukan. Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung nilai CBR dengan mengacu pada tabel standar. Pada pengujian CBR, piston penetrasi memberikan tekanan pada tanah dengan laju penetrasi tertentu, dan nilai beban dicatat untuk menghasilkan grafik tegangan-penetrasi. Nilai CBR dihitung berdasarkan perbandingan antara tegangan yang diperoleh dengan tegangan standar.

Pengujian dilakukan pada enam titik lokasi dengan jarak tertentu di sepanjang proyek jalan tol. Hasil pengujian menunjukkan variasi daya dukung tanah di berbagai lokasi, yang dipengaruhi oleh jenis tanah, kadar air, dan tingkat kepadatan. Data ini digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian tanah dasar dengan spesifikasi teknis yang ditetapkan dan untuk mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan atau pemadatan tambahan.

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah berdasarkan hasil uji DCP dan CBR pada lapisan tanah dasar (subgrade). Data yang dihasilkan akan digunakan untuk mengevaluasi apakah nilai daya dukung tanah memenuhi spesifikasi teknis yang ditetapkan, seperti AASHTO T 193 dan ASTM D 1883, serta untuk membandingkan hasil kedua metode pengujian tersebut. Penelitian ini juga mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi daya dukung tanah, seperti jenis tanah, tingkat kepadatan, dan kondisi lingkungan.

Ruang lingkup penelitian mencakup analisis tanah timbunan (borrow material) yang berasal dari dua lokasi di Kabupaten Serdang Bedagai dan Kabupaten Batu Bara, Provinsi Sumatera Utara. Penelitian dilakukan pada enam titik pengujian, yang tersebar di sepanjang lokasi pembangunan

jalan tol dari Sta 1+650 hingga Sta 2+150. Alat yang digunakan meliputi perangkat uji DCP dan CBR lapangan, dengan konfigurasi standar sesuai dengan spesifikasi teknis.

Penelitian ini juga bertujuan untuk memahami perbedaan hasil antara metode DCP dan CBR. DCP merupakan metode yang lebih praktis dan ekonomis dibandingkan dengan CBR, namun tetap memerlukan validasi melalui pengujian CBR lapangan. Dengan membandingkan kedua hasil pengujian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi mengenai metode yang paling efektif dan efisien untuk digunakan pada proyek pembangunan jalan.

Manfaat dari penelitian ini meliputi pemahaman yang lebih baik tentang karakteristik tanah dasar pada proyek pembangunan Jalan Tol Tebing Tinggi – Parapat Tahap I (Zona 1). Hasil penelitian ini dapat digunakan oleh pemerintah dan kontraktor untuk memastikan bahwa tanah dasar memenuhi persyaratan teknis, sehingga dapat mendukung struktur perkerasan jalan secara optimal. Selain itu, penelitian ini juga memberikan referensi bagi para akademisi dan praktisi teknik sipil dalam menggunakan metode DCP dan CBR untuk menilai daya dukung tanah.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memastikan keberhasilan konstruksi proyek Jalan Tol Tebing Tinggi – Parapat Tahap I (Zona 1). Dengan menganalisis daya dukung tanah menggunakan metode DCP dan CBR, penelitian ini tidak hanya membantu memastikan stabilitas lapisan perkerasan jalan tetapi juga memberikan dasar ilmiah untuk pengambilan keputusan dalam pengelolaan material dan perencanaan konstruksi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai referensi untuk proyek serupa di masa depan, baik di tingkat lokal maupun nasional.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Tebing Tinggi – Parapat Tahap I (Zona 1), yang membentang sepanjang 6 km dari Sta 00+000 hingga Sta 06+000 di Kota Tebing Tinggi, Provinsi Sumatera Utara. Zona ini merupakan bagian dari ruas jalan tol yang menghubungkan Kota Tebing Tinggi dengan Pematang Siantar dan Parapat, dengan total panjang proyek mencapai 30 km. Pengujian daya dukung tanah dalam penelitian ini dilakukan secara khusus di Zona 1, tepatnya di lokasi Sta 1+650 hingga Sta 2+150. Pengujian dilakukan menggunakan metode Dynamic Cone Penetrometer (DCP) dan California Bearing Ratio (CBR), yang bertujuan untuk mengukur daya dukung tanah dasar (subgrade) secara efisien dan akurat.

Metode pengumpulan data meliputi data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan menggunakan alat DCP dan CBR, dengan sampel tanah diambil menggunakan alat penggali sederhana. Data sekunder mencakup spesifikasi teknis proyek, peta lokasi, dokumen terkait, dan literatur pendukung. Penelitian dilakukan dalam dua tahap utama: tahap persiapan, yang mencakup studi pustaka, identifikasi alat, dan penentuan lokasi uji, serta tahap pengumpulan data untuk memperoleh nilai daya dukung tanah atau CBR lapangan sebagai indikator utama.

Penelitian ini berfokus pada tanah dasar (subgrade) di lokasi jalan tol, menggunakan Dynamic Cone Penetrometer (DCP) untuk mengukur penetrasi kerucut dinamis dan California Bearing Ratio (CBR) untuk daya dukung tanah. Rancangan deskriptif kuantitatif digunakan untuk membandingkan hasil kedua metode dan menilai kesesuaiannya dengan standar AASHTO T 193 dan ASTM D 1883. Variabel yang diukur meliputi nilai penetrasi DCP, nilai CBR lapangan, dan karakteristik tanah seperti jenis, kadar air, dan kepadatan. Data dianalisis secara deskriptif, mengonversi nilai penetrasi DCP menjadi CBR untuk mengevaluasi akurasi dan efektivitas metode.

Penerapan metode penelitian dimulai dengan pengumpulan data di enam titik pengujian menggunakan alat DCP dan CBR. Data penetrasi dari alat DCP diolah untuk mendapatkan nilai CBR, sedangkan hasil pengujian CBR lapangan digunakan sebagai validasi. Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kekuatan tanah dasar di sepanjang jalur proyek dan mengevaluasi kesesuaiannya dengan spesifikasi teknis. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan gambaran yang jelas tentang daya dukung tanah di lokasi proyek dan menjadi dasar untuk perbaikan desain konstruksi. Selain itu, penelitian ini memberikan rekomendasi mengenai metode pengujian yang paling efektif untuk digunakan pada proyek serupa di masa depan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan Analisa Daya Dukung Tanah dilakukan dengan 2 cara :

1. Pengujian Dynamic Cone Penetrometer (DCP)

Tabel 1. Jumlah Titik Pengujian Dynamic Cone Penetrometer (DCP)

No	Lokasi (Sta)	Jumlah Pengujian (titik)
1	1+650	1
2	1+750	1
3	1+850	1
4	1+950	1
5	2+050	1
6	2+150	1

Sumber : Data Lapangan WK

Rekapitulasi Nilai Rata – Rata Test DCP (% CBR Lapangan) pada tabel 2.

Tabel 2. Rekap Nilai Rata – Rata Test DCP

No	Lokasi (Sta)	Nilai CBR (%)	Keterangan
1	1+650	6,14%	Hitungan Terlampir
2	1+750	5,53%	Hitungan Terlampir
3	1+850	6,33%	Hitungan Terlampir
4	1+950	6,52%	Hitungan Terlampir
5	2+050	6,45%	Hitungan Terlampir
6	2+150	5,97%	Hitungan Terlampir

Sumber : Data Lapangan WK 2020

2. Pengujian California Bearing Ratio (CBR) Lapangan

Tabel 3. Jumlah Titik Pengujian California

..Bearing.Ratio (CBR),

No	Lokasi (Sta)	Jumlah Pengujian (titik)
1	1+650	1
2	1+750	1
3	1+850	1
4	1+950	1
5	2+050	1
6	2+150	1

Rekapitulasi Nilai Rata – Rata % CBR Lapangan per titik dengan memakai alat CBR pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Rekap Nilai Rata – Rata Test CBR Lapangan

No	Lokasi (Sta)	Nilai CBR 0,10 (%)	Nilai CBR 0,20 (%)	Keterangan
1	1+650	5,18%	6,66%	Hitungan Terlampir
2	1+750	4,07%	5,43%	Hitungan Terlampir
3	1+850	6,10%	7,03%	Hitungan Terlampir
4	1+950	4,99%	5,92%	Hitungan Terlampir
5	2+050	6,88%	7,25%	Hitungan Terlampir
6	2+150	5,33%	6,29%	Hitungan Terlampir

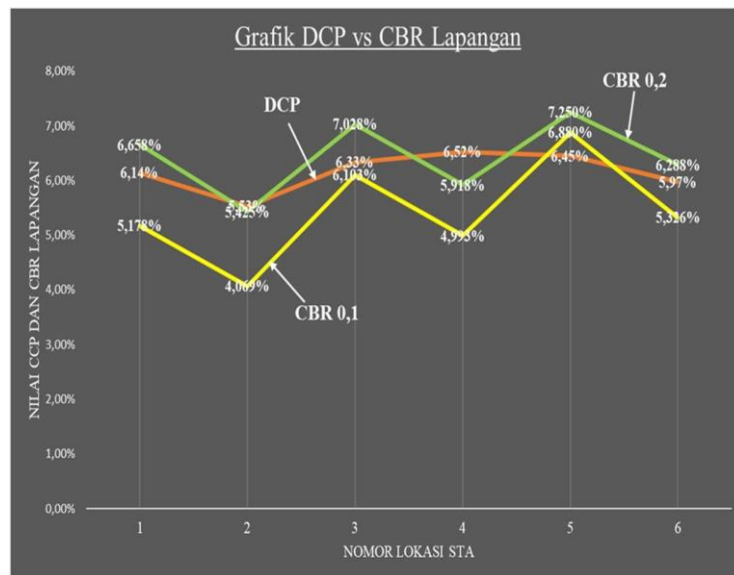
Sumber : Data Lapangan WK 2020

Rekapitulasi Nilai Rata – Rata DCP, CBR 0,1 dan CBR 0,2 pada tabel 5.

Tabel 5. Rekap Nilai Rata – Rata DCP, CBR 0,1 dan CBR 0,2

No	Lokasi (Sta)	Nilai CBR Alat DCP	Nilai CBR 0,10 (%)	Nilai CBR 0,20 (%)
1	1+650	6,14%	5,18%	6,66%
2	1+750	5,53%	4,07%	5,43%

Sumber : Data Lapangan WK 2020



Keterangan Nomor Lokasi Sta :

Nomor 1 = Sta 01+650

Nomor 2 = Sta 01+750

Nomor 3 = Sta 01+850

Nomor 4 = Sta 01+950

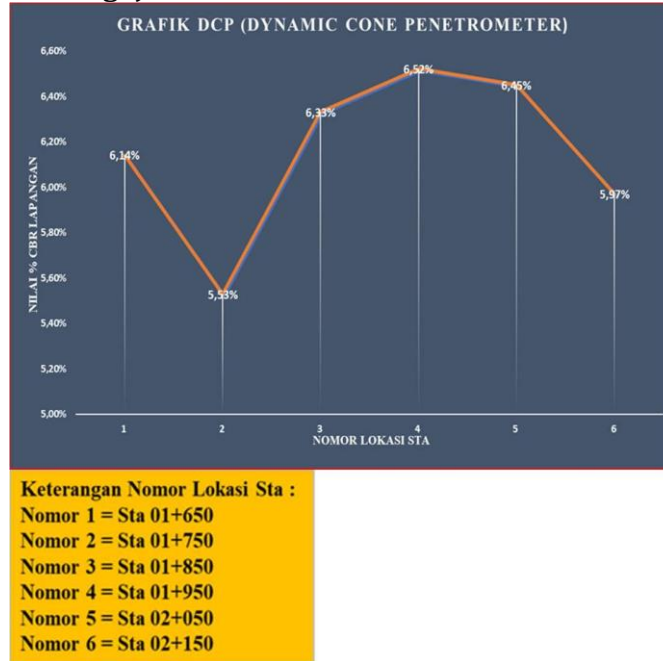
Nomor 5 = Sta 02+050

Nomor 6 = Sta 02+150

Gambar 1 Grafik Perbandingan antara DCP, CBR 0,1 dan CBR 0,2

Sumber : Data Lapangan WK 2020

Pembahasan dari Hasil Pengujian DCP



Gambar 2 Grafik Dynamic Cone Penetrometer (DCP)
 Sumber Data Lapangan WK 2020

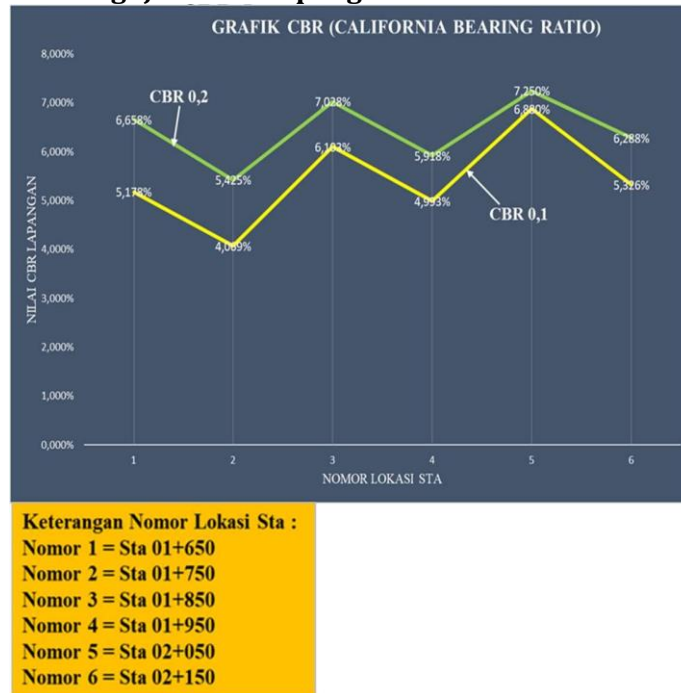
$$\text{Nilai Rata - Rata Test DCP (Nilai Rata - Rata CBR)} = \frac{\sum \text{Hasil CBR Lapangan per Titik}}{\text{Jumlah titik yang diuji}}$$

$$= \frac{36,95}{6,00} = 6,16\%$$

Dari hasil uji yang dilaksanakan oleh alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP) dengan 6 titik (Sta 1+650, Sta 1+750, Sta 1+850, Sta 1+950, Sta 2+050, Sta 2+150). Dan dapat dilihat dari gambar grafik diatas maka nilai CBR rata - rata yang didapat 6,16%. Berdasarkan metode AASHTO T 193 dan ASTM D 1883 memenuhi persyaratan. Karena nilai CBR yang didapat lebih dari 6%.

Sehingga tanah tersebut tidak mengalami penurunan dan lendutan serta tanah tersebut dalam keadaan padat. Tanah tidak memerlukan pemadatan dan Daya Dukung Tanah memenuhi persyaratan. Jadi pekerjaan dapat dilanjutkan ketahap berikutnya yaitu timbunan tanah (borrow material).

Pembahasan dari Hasil Pengujian CBR Lapangan



Gambar 3 Grafik % CBR Lapangan
 Sumber : Data Lapangan WK 2020

$$\text{Rata - Rata Nilai CBR 0,10 (\%)} = \frac{\sum \text{Hasil Nilai CBR 0,10 (\%)} \text{ per Titik}}{\text{Jumlah titik yang diuji}}$$

$$= \frac{32,55}{6,00} = 5,42\%$$

$$\text{Rata - Rata Nilai CBR 0,20 (\%)} = \frac{\sum \text{Hasil Nilai CBR 0,20 (\%)} \text{ per Titik}}{\text{Jumlah titik yang diuji}}$$

$$= \frac{38,57}{6,00} = 6,43\%$$

Dari hasil uji yang dilaksanakan oleh alat California Bearing Ratio (CBR) dengan 6 titik (Sta 1+650, Sta 1+750, Sta 1+850, Sta 1+950, Sta 2+050, Sta 2+150). Dan dapat dilihat dari gambar grafik diatas, maka nilai CBR minimum (0,10) rata - rata yang didapat 5,42%. Nilai CBR maksimum (0,20) rata - rata yang didapat 6,43%. Nilai CBR yang diambil nilai CBR maksimum yaitu 6,43%. Berdasarkan metode AASHTO T 193 dan ASTM D 1883 memenuhi persyaratan. Karena nilai CBR yang didapat lebih dari 6%.

Sehingga tanah tersebut dalam keadaan padat serta tidak mengalami penurunan dan lendutan. Tanah tidak memerlukan pemadatan dan Daya Dukung. Tanah memenuhi persyaratan. Jadi pekerjaan dapat dilanjutkan ketahap berikutnya yaitu timbunan tanah (borrow material).

SIMPULAN

1. Berdasarkan hasil analisis data Daya Dukung Tanah pada Pembangunan Jalan Tol Tebing Tinggi Parapat Tahap 1 (Zona 1) terdapat 6 titik hasil pengujian Dynamic Cone Penetrometer (DCP) dan 6 titik hasil pengujian California Bearing Ratio (CBR) dari Sta 1+650 sampai dengan Sta 2+150 interval 100 meter.
2. Dari hasil nilai rata - rata yang didapat dari 6 titik pengujian dengan memakai alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP), maka nilai CBR dalam % adalah 6,16%. Dari hasil ini, pengujian dengan alat DCP untuk 6 titik jika di rata ratakan hasil dari pengujian tanah dasar atau subgrade tidak perlu dilaksanakan perbaikan kembali karena tanah tidak mengalami

penurunan dan bisa dilanjutkan dengan timbunan tanah (borrow material). Dan Daya Dukung Tanah memenuhi persyaratan sesuai dengan metode AASHTO T 193 dan ASTM D 1883.

3. Dari hasil nilai rata – rata yang didapat dari 6 titik yang di uji dengan memakai alat California Bearing Ratio (CBR), maka nilai CBR Lapangan % adalah 6,43%. Dari hasil ini, pengujian dengan alat CBR untuk 6 titik jika di rata ratakan hasil dari pengujian tanah dasar atau subgrade tidak perlu dilaksanakan perbaikan kembali karena tanah tidak mengalami penurunan dan bisa dilanjutkan dengan timbunan tanah (borrow material). Dan Daya Dukung Tanah memenuhi persyaratan sesuai dengan metode AASHTO T 193 dan ASTM D 1883.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrida, M. F. D., & Priyanto, B. (2023). Pengendalian Mutu Tanah Dasar Dan Lapis Pondasi Agregat Pada Pekerjaan Akses Jalan Bandara Internasional Dhoho Kediri. *Journal of Comprehensive Science (JCS)*, 2(5), 1067–1076.
- Akbar, S. F. (2023). *Evaluasi Rehabilitasi Jalan Secara Long Segment pada Ruas Jalan Genting Gerbang--Sp, Uning.*
- Azzahra, A. (2022). *Perbandingan Metode Mayerhoff dan Metode Aoki De Alencer pada Analisis Daya Dukung Tanah Proyek Pembangunan Bendung DI Serdang (Studi: Kasus Proyek Konstruksi Bendung DI Serdang).* Universitas Medan Area.
- Bancin, E. D. L. (2020). *Pengaruh Penggunaan Tanah Merah Sebagai Filler Pada Campuran Aspal AC-BC Terhadap Nilai Marshall.* Universitas Medan Area.
- Lubis, K., Rangkuti, N. M., & others. (2020). *Evaluasi Perhitungan Tebal Perkerasan Hotmix Peningkatan Ruas Jalan Dolok Sanggul Silimbat Tapanuli Utara.* Universitas Medan Area.
- Lubis, M. K. Z. (2018). *Evaluasi Perbaikan Tanah Menggunakan Geotekstil Untuk Meningkatkan Stabilitas Tanah Lapisan Subgrade Pekerjaan Jalan.*
- Megasukma, Y., Zahar, W., Wiratama, J., Prabawa, A. D., & Lagowa, M. I. (2023). Karakteristik Material Jalan Angkut Tambang Berdasarkan Uji Atterberg dan California Bearing Ratio Characteristics of Mine Haul Road Construction Materials Based on Atterberg Test and California Bearing Ratio. *Jurnal GEOSAPTA Vol, 9(01).*
- Mendrofa, S. T. P. (2019). *Pengaruh Penambahan Kapur Batu Pada Tanah Merah Terhadap Nilai California Bearing Ratio.* Universitas Medan Area.
- Nababan, M. H. (2021). *Analisis Struktur Tebal Lapis Perkerasan Kaku Pada Pembangunan Proyek Jalan Tol Medan Binjai.* Universitas Medan Area.
- Nasution, B. H., & others. (2022). *Analisis Konstruksi Perkerasan Lentur (Flexibel Pavement) Studi Kasus: Jalan Raya Simpang Nasional Huta Lambung-Batas Angkola Selatan Kecamatan Angkola Barat.*
- NURAUNINGSIH, S. R. I. W. (2022). *ANALISIS GEOMETRI DAN KELAYAKAN JALAN ANGKUT TAMBANG BERDASARKAN NILAI ATTERBERG DAN CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DI PT. INTI BARA NUSALIMA.* UNIVERSITAS JAMBI.
- Pangaribuan, H. M., & others. (2023). *Peningkatan Daya Dukung Tanah Gambut Menggunakan Bahan Tambah Abu Sekam Padi.* Universitas Medan Area.
- Pratama, E. S. (2023). *Analisis Konsolidasi Menggunakan Preloading dan Prefabricated Vertical Drain (PVD) pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru-Padang.*
- Pratama, R. T., Sarie, F., & Hendri, O. (2021). Analisis Perbaikan Tanah Menggunakan Geotekstil Pada Lapisan Subgrade Proyek Pekerjaan Jalan (Studi Kasus: Peningkatan Jalan G. Obos XXIV Kota Palangka Raya). *Jurnal Teknika: Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Keteknikan*, 4(2), 148–154.
- Purnama, Y. S. A., & others. (2023). *Analisis Stabilitas Tanah Rawa Menggunakan Free Draining Material (Study Kasus Jalan Tol Indrapura-Kisaran).*
- Rasyid, M., Harahap, S., & Rambe, M. R. (2021). ANALISA KERUSAKAN RUMAH TINGGAL DITINJAU DARI STRUKTUR TANAH DI DESA BATANG PANE KEC. HALONGONAN TIMUR KAB. PADANG LAWAS UTARA. *STATIKA*, 4(2), 41–50.
- Sagala, E. (2023). *Analisis Pengaruh Penambahan Material Semen Sebagai Stabilisasi Pada Perbaikan Tanah Lempung Terhadap Nilai Cbr.* Universitas Medan Area.
- Santoso, J. (2021). *Analisis Kondisi Struktur Jalan Berdasarkan Metode RCI (Road Condition Index) Untuk Perencanaan Overlay Jalan.* Universitas Medan Area.
- Sitompul, B. D., & others. (2021). *Pengaruh Tanah Timbunan Terhadap Daya Dukung Pondasi Telapak (Square Footing).* Universitas Medan Area.

Nasrullah, Kamaluddin Lubis & Amsuardiman, Analisis Daya Dukung Tanah Lapisan Pondasi Jalan pada Proyek Jalan Tol Tebing Tinggi – Parapat Tahap I (Zona 1)

Tania, E. (2024). *Analisis Korelasi Kuat Geser Tanah Menggunakan Uji Triaksial \& Uji Direct Shear Test Nickel Smelter Kalimantan Timur*. Universitas Medan Area.