

# Analisis Daya Dukung Tanah Dasar terhadap Rencana Pelebaran Jalan Berdasarkan Nilai CBR dan LHR di Kecamatan Sunggal

Annisa Adika Qolby

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan  
Jalan Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Sei Sikambing, Medan, Sumatera Utara

<sup>1</sup>E-mail: qolby@dosen.pancabudi.ac.id

*Abstract — The increase in traffic volume in Sunggal District has caused the capacity of the existing road to become inadequate to accommodate the growing vehicle load. This condition necessitates road widening to improve traffic service performance. However, before carrying out the widening work, it is essential to analyze the subgrade bearing capacity to ensure the soil's ability to support the additional load. This study aims to analyze the subgrade bearing capacity for the planned road widening using the California Bearing Ratio (CBR) and Average Daily Traffic (ADT) as the basis for pavement thickness design according to the Bina Marga (2017) method. The research method includes field data collection of CBR values using a Dynamic Cone Penetrometer (DCP) at several test points along Jalan Pembangunan, Sunggal District, as well as a traffic survey to obtain ADT values. The data were analyzed to determine the soil bearing capacity classification, traffic class, and pavement thickness design based on Bina Marga design charts. The test results show that the average subgrade CBR value is 11%, which falls into the category of soil with good bearing capacity. The ADT value of 13,233 vehicles/day indicates a heavy traffic class (Class II). Based on the combination of CBR and ADT, the required total pavement thickness is 660 mm, consisting of a 100 mm surface layer, 200 mm base course, and 360 mm subbase course. From the analysis, it can be concluded that the subgrade condition at the study location is still suitable to support the planned road widening, provided that re-compaction up to 98% MDD, drainage improvement, and geotextile installation are carried out in areas with potential soil settlement. These recommendations are expected to serve as technical guidelines for road widening planning in regions with similar soil characteristics.*

*Keywords: CBR; ADT; subgrade; road widening; Bina Marga; bearing capacity..*

*Abstrak — Peningkatan volume lalu lintas di Kecamatan Sunggal mengakibatkan kapasitas jalan eksisting tidak lagi memadai untuk menampung beban kendaraan yang terus meningkat. Kondisi tersebut menuntut adanya pelebaran jalan guna meningkatkan kinerja pelayanan lalu lintas. Namun, sebelum pekerjaan pelebaran dilakukan, perlu dilakukan analisis terhadap daya dukung tanah dasar untuk memastikan kemampuan tanah dalam menopang beban tambahan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya dukung tanah dasar terhadap rencana pelebaran jalan dengan menggunakan parameter California Bearing Ratio (CBR) dan Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) sebagai dasar perhitungan tebal perkerasan rencana berdasarkan metode Bina Marga (2017). Metode penelitian meliputi pengambilan data CBR lapangan menggunakan alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP) di beberapa titik uji pada ruas Jalan Pembangunan, Kecamatan Sunggal, serta survei lalu lintas untuk memperoleh nilai LHR. Data tersebut dianalisis untuk menentukan klasifikasi daya dukung tanah, kelas lalu lintas, dan tebal perkerasan rencana sesuai grafik desain Bina Marga. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai CBR rata-rata tanah dasar sebesar 11%, yang termasuk kategori tanah dengan daya dukung baik. Nilai LHR sebesar 13.233 smp/hari menunjukkan kelas lalu lintas berat (Kelas II). Berdasarkan kombinasi CBR dan LHR, diperoleh kebutuhan tebal total perkerasan sebesar 660 mm, terdiri atas lapisan aus 100 mm, pondasi atas 200 mm, dan pondasi bawah 360 mm. Dari hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa kondisi tanah dasar pada lokasi penelitian masih layak untuk mendukung pelebaran jalan, dengan catatan dilakukan pemadatan ulang hingga 98% MDD, perbaikan sistem drainase, serta pemasangan geotekstil pada area dengan potensi penurunan tanah. Rekomendasi ini diharapkan dapat menjadi acuan teknis dalam perencanaan pelebaran jalan di wilayah dengan karakteristik tanah serupa.*

*Kata-kata kunci: CBR; LHR; tanah dasar; pelebaran jalan; Bina Marga; daya dukung.*

## I. PENDAHULUAN

Kondisi daya dukung tanah dasar merupakan salah satu faktor penentu dalam keberhasilan konstruksi jalan raya. Tanah dasar berfungsi sebagai lapisan penopang utama yang menahan

beban kendaraan dan meneruskannya ke lapisan tanah di bawahnya. Apabila daya dukung tanah dasar tidak memadai, maka konstruksi perkerasan jalan berpotensi mengalami penurunan, retak, bahkan kegagalan struktural sebelum mencapai

umur rencana. Oleh karena itu, penilaian terhadap kekuatan tanah dasar sangat penting dilakukan sebelum merencanakan pembangunan atau pelebaran jalan. Salah satu parameter utama yang digunakan untuk menilai kemampuan tanah dasar adalah California Bearing Ratio (CBR). Nilai CBR menunjukkan kekuatan tanah terhadap penetrasi beban standar dan secara langsung menggambarkan kualitas daya dukung tanah (Mohammed et al., 2021). Selain kondisi tanah, beban lalu lintas juga menjadi faktor penting dalam perencanaan jalan. Beban tersebut diwakili oleh parameter Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR), yang digunakan untuk menentukan kelas lalu lintas dan kebutuhan tebal lapisan perkerasan berdasarkan pedoman Bina Marga (2017). Kombinasi antara nilai CBR dan LHR inilah yang menjadi dasar dalam menentukan tebal perkerasan lentur serta umur layanan jalan yang optimal (Kumalawati et al., 2024), (Maryam & Putra, 2020), (Sirait & Elvina, 2020). Secara umum, banyak jalan di wilayah perkotaan dan pinggiran kota mengalami peningkatan volume kendaraan yang signifikan akibat pertumbuhan penduduk, aktivitas ekonomi, dan urbanisasi. Kondisi tersebut menyebabkan kapasitas jalan yang ada menjadi tidak memadai, sehingga diperlukan pelebaran atau peningkatan struktur jalan agar mampu menampung beban lalu lintas yang semakin besar. Namun, pelebaran jalan tidak dapat dilakukan secara langsung tanpa mengetahui kemampuan tanah dasar untuk menahan tambahan beban dari perkerasan baru. Secara khusus, Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang, merupakan wilayah dengan intensitas lalu lintas tinggi karena berfungsi sebagai penghubung antara Kota Medan dan daerah sekitarnya. Salah satu ruas penting di wilayah ini adalah Jalan Pembangunan, yang saat ini memiliki lebar sekitar 5 meter. Peningkatan aktivitas kendaraan pribadi dan niaga menyebabkan arus lalu lintas sering tersendat, serta mempercepat kerusakan pada lapisan perkerasan eksisting. Kondisi ini menunjukkan perlunya kajian teknis untuk mengetahui apakah tanah dasar di lokasi tersebut masih mampu mendukung rencana pelebaran jalan tanpa mengalami penurunan daya dukung. Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan untuk menjamin keberlanjutan fungsi jalan dengan mempertimbangkan kondisi geoteknik tanah dasar secara akurat. Evaluasi berbasis CBR dan LHR memberikan gambaran yang realistis

tentang kemampuan tanah dalam menahan beban lalu lintas jangka panjang, sekaligus menjadi dasar penentuan tebal perkerasan rencana yang sesuai standar Bina Marga. Hasil analisis ini tidak hanya berguna untuk Jalan Pembangunan, tetapi juga dapat diterapkan pada wilayah lain dengan karakteristik tanah dan lalu lintas yang serupa. Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada integrasi hasil pengujian CBR lapangan menggunakan metode Dynamic Cone Penetrometer (DCP) dengan analisis lalu lintas aktual (LHR) untuk mendapatkan rekomendasi tebal perkerasan yang paling efisien sesuai kondisi eksisting (Permatasari, 2021). Pendekatan ini memperbarui metode analisis konvensional yang sering mengandalkan data sekunder atau asumsi nilai CBR rata-rata, sehingga menghasilkan perencanaan yang lebih representatif dan adaptif terhadap kondisi lapangan. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya dukung tanah dasar terhadap rencana pelebaran jalan di Kecamatan Sunggal dengan menggunakan parameter CBR dan LHR. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan kebutuhan tebal perkerasan rencana sesuai pedoman Bina Marga (2017), serta memberikan rekomendasi teknis perbaikan tanah dasar guna mendukung keberhasilan pelebaran jalan secara berkelanjutan (Septiansyah, 2021).

## II. METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada ruas Jalan Pembangunan, Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang, yang merupakan salah satu koridor penting penghubung antara wilayah permukiman dan pusat aktivitas ekonomi di sekitar Kota Medan. Lokasi ini dipilih karena mengalami peningkatan volume lalu lintas yang signifikan, sehingga diperlukan evaluasi terhadap kondisi tanah dasar sebelum dilakukan pelebaran jalan. Posisi dan batas wilayah penelitian ditunjukkan pada Gambar 1, yang memperlihatkan titik-titik pengujian di sepanjang segmen jalan yang diamati. Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis geoteknik kuantitatif dengan memadukan data hasil pengujian lapangan dan data survei lalu lintas. Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur mengenai teori daya dukung tanah dasar, konsep perkerasan lentur, serta pedoman perencanaan tebal perkerasan berdasarkan metode Bina Marga (2017) (Leweherilla et al.,

2022), (Krisdiyanto et al., 2022). Selanjutnya dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer meliputi hasil pengujian California Bearing Ratio (CBR) yang diperoleh melalui uji lapangan menggunakan alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP) di beberapa titik pada ruas penelitian (Darwis & Mulya, 2021), (Permatasari, 2021). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan tanah dasar aktual yang akan digunakan dalam perhitungan perkerasan. Sementara itu, data sekunder diperoleh melalui survei Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) yang dilakukan dengan metode pencacahan kendaraan selama periode waktu tertentu. Setelah data terkumpul, dilakukan analisis daya dukung tanah berdasarkan nilai CBR hasil uji lapangan. Nilai CBR tersebut kemudian digunakan untuk menentukan klasifikasi tanah dasar menurut pedoman Bina Marga. Di sisi lain, data LHR diolah untuk mengklasifikasikan tingkat lalu lintas berdasarkan satuan mobil penumpang (smp/hari) sehingga dapat diketahui kategori kelas lalu lintas jalan. Tahap berikutnya adalah penentuan tebal perkerasan rencana, yang dilakukan dengan mengombinasikan nilai CBR tanah dasar dan LHR lalu lintas sesuai grafik desain perkerasan lentur Bina Marga (2017) (Saputra, 2021). Dari hasil kombinasi kedua parameter tersebut, diperoleh total ketebalan perkerasan yang meliputi lapisan aus, lapisan pondasi atas, dan lapisan pondasi bawah. Selain itu, penelitian ini juga melakukan evaluasi kesesuaian tanah dasar terhadap rencana pelebaran jalan dengan mempertimbangkan umur rencana 20 tahun dan beban lalu lintas yang diproyeksikan meningkat. Analisis dilakukan untuk menilai apakah tanah dasar eksisting dengan nilai CBR 11% mampu menahan beban tambahan dari pelebaran jalan yang direncanakan. Berdasarkan hasil analisis tersebut, disusun rekomendasi teknis berupa tindakan perbaikan tanah dasar, seperti pemadatan ulang, perbaikan sistem drainase, atau pemasangan geotekstil pada area yang berpotensi mengalami penurunan. Melalui tahapan-tahapan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan data empiris yang akurat mengenai kondisi tanah dasar di Kecamatan Sunggal, serta memberikan dasar perencanaan teknis yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan untuk proyek pelebaran jalan di masa mendatang.



Gambar 1. Lokasi penelitian

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kondisi tanah dasar pada lokasi penelitian dilakukan menggunakan alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP) untuk memperoleh nilai California Bearing Ratio (CBR) secara tidak langsung di lapangan (Darwis & Mulya, 2021), (Permatasari, 2021). Pengujian dilaksanakan pada enam titik pengujian yang tersebar di sepanjang segmen Jalan Pembangunan, Kecamatan Sunggal, dengan tujuan untuk mewakili variasi kondisi tanah di lapangan sehingga hasil yang diperoleh dapat menggambarkan karakteristik daya dukung tanah secara menyeluruh. Proses pengujian DCP pada segmen penelitian ditunjukkan pada Gambar 2, yang memperlihatkan kegiatan pengambilan data penetrasi tanah di titik STA 0+500. Hasil pengujian lapangan kemudian dikonversi menjadi nilai CBR menggunakan persamaan korelasi antara kedalaman penetrasi dan daya tahan tanah terhadap beban (Permatasari, 2021). Hubungan antara jumlah tumbukan konus dan nilai CBR di setiap titik uji divisualisasikan dalam bentuk grafik penetrasi terhadap nilai CBR, seperti terlihat pada Gambar 3 (Grafik Hasil Pengujian CBR di STA 0+100) dan Gambar 4 (Grafik Hasil Pengujian CBR di STA 0+300). Dari grafik tersebut terlihat bahwa nilai CBR pada setiap titik bervariasi, namun secara umum menunjukkan tren yang relatif stabil di atas 10%. Rekapitulasi hasil pengujian lapangan disajikan dalam Tabel 1 hingga Tabel 4, yang menunjukkan hasil pengujian DCP di masing-masing titik pengamatan. Dari hasil tersebut diperoleh nilai CBR rata-rata tanah dasar sebesar 11%. Berdasarkan pedoman Bina Marga (2017), nilai ini termasuk dalam kategori tanah dengan daya dukung baik, yang berarti tanah dasar masih mampu menahan beban perkerasan dengan

deformasi yang relatif kecil (Hangge et al., 2022). Nilai CBR di atas 10% juga menandakan bahwa tidak diperlukan perbaikan tanah secara menyeluruh, melainkan cukup dilakukan pemadatan ulang untuk meningkatkan kestabilan lapisan dasar. Selain pengujian tanah, dilakukan pula survei Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) untuk menentukan tingkat beban lalu lintas pada ruas jalan penelitian. Berdasarkan hasil survei, diperoleh nilai LHR sebesar 13.233 smp/hari, yang menurut klasifikasi Bina Marga (2017) termasuk dalam kelas lalu lintas berat (Kelas II). Kondisi ini menunjukkan bahwa jalan tersebut menanggung volume kendaraan tinggi, termasuk kendaraan niaga berat yang memberikan beban berulang signifikan terhadap lapisan perkerasan dan tanah dasar.

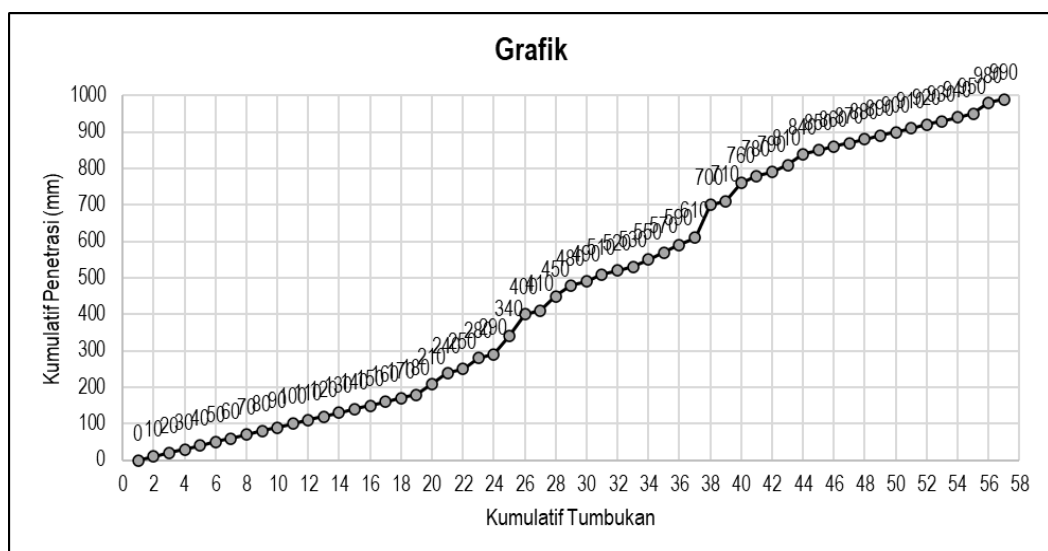


Lintang: 3.619412  
 Bujur: 98.576436  
 Ketinggian: 3.0±12 m  
 Akurasi: 8.0 m  
 Catatan: Simp Kompos (JI pembangunan) Perumahan baru Mikro Sungo. Powered by NoteCam

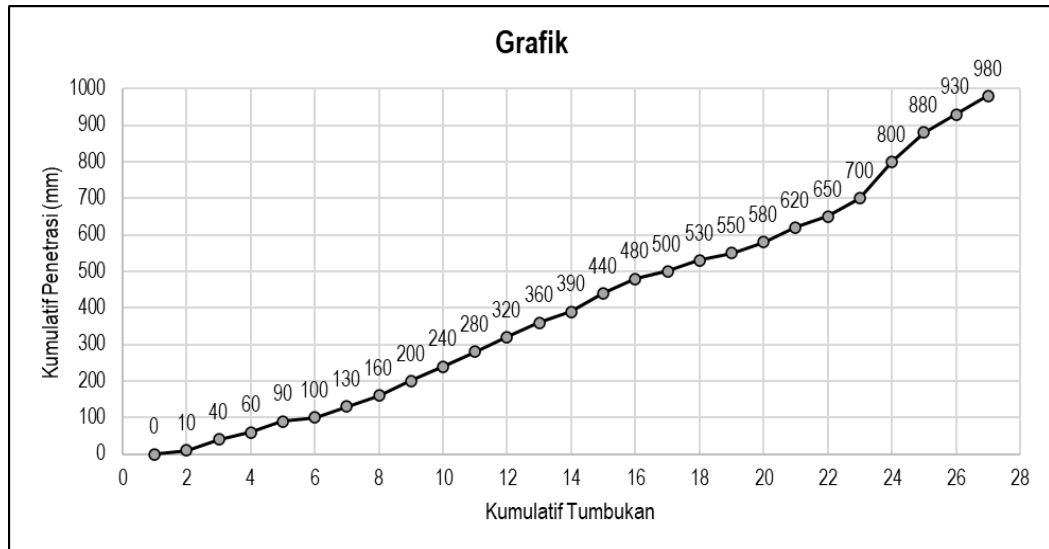
Gambar 2. Pengujian tanah dasar menggunakan alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP) pada STA 0+500

dasar dalam penentuan tebal perkerasan rencana berdasarkan grafik desain Bina Marga (2017). Berdasarkan hasil analisis, diperoleh kebutuhan tebal total perkerasan sebesar 660 mm, yang terdiri atas lapisan aus 100 mm, lapisan pondasi atas 200 mm, dan lapisan pondasi bawah 360 mm. Tebal perkerasan ini dinilai memadai untuk menahan beban lalu lintas berat selama umur rencana 20 tahun, dengan asumsi bahwa tanah dasar tetap dalam kondisi baik dan sistem drainase berfungsi optimal. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah dasar di lokasi penelitian masih layak untuk mendukung pelebaran jalan, namun beberapa tindakan perbaikan perlu dilakukan untuk menjaga kestabilan jangka panjang. Tindakan tersebut meliputi pemadatan ulang tanah dasar hingga mencapai 98% MDD, perbaikan sistem drainase untuk mencegah kejenuhan air yang dapat menurunkan daya dukung tanah, serta pemasangan geotekstil pada area yang berpotensi mengalami penurunan (Goudarzi et al., 2020). Sebagai rangkuman, nilai CBR rata-rata dari tiap titik pengujian dan klasifikasi tanah dasar ditampilkan pada Tabel 5, yang menunjukkan bahwa nilai rata-rata keseluruhan sebesar 11% dikategorikan sebagai tanah dengan daya dukung baik. Dengan demikian, hasil analisis ini dapat menjadi acuan teknis dalam perencanaan pelebaran jalan pada wilayah dengan karakteristik tanah dan lalu lintas yang serupa.

Kombinasi antara nilai CBR sebesar 11% dan LHR sebesar 13.233 smp/hari digunakan sebagai



Gambar 3. Grafik hasil pengujian CBR pada Titik STA 0+100



Gambar 4. Grafik hasil pengujian CBR pada Titik STA 0+300

Tabel 1. Hasil pengujian DCP – titik STA 0+100

No. Pukulan	Banyak Tumbukan	Kumulatif Tumbukan	Penetrasi (mm)	Kumulatif Penetrasi (mm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)
1	1	1	20	0		
2	1	2	50	30		
3	1	3	80	60		
4	1	4	90	70		
5	1	5	120	100	21	12.08
6	1	6	140	120		
7	1	7	150	130		
8	1	8	160	140		
9	1	9	170	150		
10	1	10	200	180		
11	1	11	230	210		
12	1	12	260	240		
13	1	13	270	250		
14	1	14	300	280		
15	1	15	310	290		
16	1	16	330	310		
17	1	17	360	340		
18	1	18	420	400	28	8.02
19	1	19	470	450		
20	1	20	520	500		
21–33	...	...	...	...	(ringkas)	
33	1	33	800	780	28	8.31
Rata-rata						9.47

Tabel 2. Hasil pengujian DCP – titik STA 0+200

No. Pukulan	Banyak Tumbukan	Kumulatif Tumbukan	Penetrasi (mm)	Kumulatif Penetrasi (mm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)
1–8	...	...	...	...		
9	1	9	150	140	18	15.02
...	...	...	...	...		
28	1	28	500	490	17	15.51
...	...	...	...	...		
42	1	42	790	780	21	11.87
Rata-rata						14.13

Tabel 3. Hasil pengujian DCP – titik STA 0+300

No. Pukulan	Banyak Tumbukan	Kumulatif Tumbukan	Penetrasi (mm)	Kumulatif Penetrasi (mm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)
1–4	...	...	...	...		
5	1	5	220	170	31	7.17
...	...	...	...	...		
18	1	18	610	560	33	6.67
...	...	...	...	...		
28	1	28	870	820	23	10.41
Rata-rata						8.08

Tabel 4. Hasil pengujian DCP – titik STA 0+500

No. Pukulan	Banyak Tumbukan	Kumulatif Tumbukan	Penetrasi (mm)	Kumulatif Penetrasi (mm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)
1-8	...	...	...	...		
9	1	9	190	130	19	14.04
...	...	...	...	...		
22	1	22	510	450	21	11.71
...	...	...	...	...		
42	1	42	910	850	23	10.92
Rata-rata						12.22

Tabel 5. Rekapitulasi nilai CBR Rata-rata tiap titik pengujian

Lokasi Pengujian	STA (m)	Nilai CBR Rata-rata (%)	Klasifikasi Tanah Dasar (Bina Marga, 2017)
Titik 1	0+100	9.47	Sedang-Baik
Titik 2	0+200	14.13	Baik
Titik 3	0+300	8.08	Sedang
Titik 4	0+500	12.22	Baik
Rata-rata keseluruhan		≈ 11.0	Baik

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kondisi tanah dasar pada ruas Jalan Pembangunan, Kecamatan Sunggal, secara umum memiliki daya dukung yang baik untuk mendukung rencana pelebaran jalan. Hasil pengujian lapangan menggunakan alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP) menunjukkan bahwa nilai California Bearing Ratio (CBR) rata-rata sebesar 11%, yang termasuk dalam kategori tanah dengan daya dukung baik menurut pedoman Bina Marga (2017) (Leuwol et al., 2024), (Umar et al., 2024). Nilai ini mengindikasikan bahwa tanah dasar mampu menahan beban lalu lintas tanpa mengalami deformasi berlebih, sehingga secara geoteknik dinilai layak untuk dijadikan lapisan pendukung perkerasan jalan. Selain parameter tanah, hasil survei Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) menunjukkan nilai sebesar 13.233 smp/hari, yang termasuk dalam kategori kelas lalu lintas berat (Kelas II). Kombinasi antara nilai CBR dan LHR tersebut digunakan dalam perhitungan tebal perkerasan rencana dengan acuan grafik desain Bina Marga (2017). Dari hasil perhitungan, diperoleh kebutuhan tebal total perkerasan sebesar 660 mm, yang terdiri atas lapisan aus setebal 100 mm, lapisan pondasi atas 200 mm, dan lapisan pondasi bawah 360 mm. Konfigurasi ini dinilai memadai untuk menahan beban lalu lintas berat selama umur rencana 20 tahun, dengan syarat kondisi tanah dasar dan sistem drainase tetap terjaga dengan baik. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah dasar di lokasi penelitian masih memenuhi persyaratan untuk mendukung pelebaran jalan, namun diperlukan beberapa

tindakan perbaikan untuk menjamin kestabilan jangka panjang. Langkah-langkah yang direkomendasikan meliputi pemadatan ulang tanah dasar hingga mencapai 98% Modified Proctor (MDD) guna meningkatkan kepadatan dan kekuatan lapisan bawah, perbaikan sistem drainase permukaan dan bawah tanah untuk mencegah kejenuhan air yang dapat menurunkan nilai CBR, serta pemasangan geotekstil pada area yang memiliki potensi penurunan atau kelembekan tinggi (Goudarzi et al., 2020), (Ahmed et al., 2024) atau (Praveen et al., 2021). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kombinasi analisis CBR dan LHR memberikan pendekatan yang efektif dalam menilai kelayakan tanah dasar terhadap pelebaran jalan. Metode ini mampu memberikan hasil perencanaan tebal perkerasan yang lebih representatif dan efisien dibandingkan pendekatan empiris semata. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan teknis bagi perencana, kontraktor, dan instansi terkait dalam menentukan strategi perbaikan tanah dan desain perkerasan pada proyek pelebaran jalan di wilayah Kecamatan Sunggal maupun daerah lain dengan kondisi tanah dan karakteristik lalu lintas yang serupa.

#### DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, S. T., Kabir, M. U., Zahid, C. Z. B., Tareque, T., & Mirmotalebi, S. (2024). Improvement of subgrade California Bearing Ratio (CBR) using recycled concrete aggregate and fly ash. *Hybrid Advances*, 5, 100153.

Al-Busultan, S., Aswed, G. K., Almuhan, R. R., & Rasheed, S. E. (2020, January). Application of artificial neural networks in predicting subbase CBR values using soil indices data. In *IOP Conference series: materials science and engineering* (Vol. 671, p. 012106). IOP Publishing.

- Al-Obaydi, M. A., Abdulnafa, M. D., Atasoy, O. A., & Cabalar, A. F. (2022). Improvement in field CBR values of subgrade soil using construction-demolition materials. *Transportation Infrastructure Geotechnology*, 9(2), 185-205.
- Darwis, F., & Mulya, E. R. (2021). Analisis daya dukung tanah dasar berdasarkan uji CBR laboratorium dan uji CBR lapangan pada ruas jalan kampus Unipad Morotai. *Journal of Science and Engineering*, 4(2), 97-105.
- Elhassan, A. A., Qabur, A., Aati, K., Hassaballah, A. E., Abbadi, A., & Bazuhair, R. W. (2025). Optimized Deep Learning Framework for Reliable Prediction of Pavement Subgrade CBR. *Transportation Engineering*, 100382.
- Goudarzi, S. A., Moayed, R. Z., & Nazeri, A. (2020). Experimental Investigation on Geosynthetic-Reinforced Soil Sections via California Bearing Ratio Test. *Int. J. Geotech. Geol. Eng.*, 14(1), 19-24.
- Hangge, E. E., Karels, D. W., & Kapitan, A. O. (2022). Pengaruh karakteristik tanah dasar terhadap kerusakan perkerasan jalan. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 155-168.
- Hasan, M. A., Praveen, B. S., Bag, R., & Ramu, B. (2024). The State-of-the-Art review on prediction of subgrade CBR: Past and present trends. *Indian Geotechnical Journal*, 1-22.
- Kalawa, N., Sarie, F., & Yani, M. I. (2021). Pengaruh Penambahan Semen Portland, Abu Sekam, Dan Fly Ash Terhadap Nilai Daya Dukung Tanah Lempung Sebagai Subgrade Perkerasan Jalan. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 4(1), 43-51.
- Krisdiyanto, A., Dewi, K., & Wijayanto, M. A. (2022). Analisa Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode AASHTO 1993 Dan Tebal Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2017. *Jurnal Teknik Sipil*, 15(1), 22-33.
- Kumalawati, A., Nara, F. S., & Nasjono, J. K. (2024). Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Ruas Jalan Baumata-Tarus Dengan Metode Bina Marga 2017. *Jurnal Teknik Sipil*, 13(01), 41-54.
- Leuwol, C., Latar, S., & Talakua, E. (2024). Analisis CBR Subgrade Ruas Jalan Waisarisa–Piru Kabupaten Seram Bagian Barat. *Jurnal Penelitian Multidisiplin Bangsa*, 1(7), 820-832.
- Leweherilla, N. M., Amahoru, J., & Kelbulan, M. (2022). Analisis Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan (MDP) 2018 Pada Ruas Jalan Desa Luran Kecamatan Tanimabr Selatan Kabupaten Kepulauan Tanimabr. *Manumata: Jurnal Ilmu Teknik*, 8(1), 20-27.
- Lillian, N., Ahmed, S. B., Krishnan, D., & Eze, V. H. U. (2025). Comprehensive evaluation of sub-base materials for road pavements, integrating California bearing ratio and triaxial compression tests for enhanced stability and durability: A systematic review. *Discover Civil Engineering*, 2(1), 116.
- Lillian, N., Badawi Ahmed, S., Krishnan, D., Eldouma, I. B., Aliyu, S., George, O. S., & Eze, V. H. U. (2025). Evaluation of Sub-Base Material Using California Bearing Ratio and Triaxial Compression Tests: A Case Study of High Court Road Kabale, Uganda. *F1000Research*, 14, 941.
- Maryam, M., & Putra, K. H. (2020). Analisis Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Bina Marga (Studi Kasus: Jalan Luar Lingkar Timur Surabaya). *Jurnal Teknologi dan Manajemen*, 1(2), 125-134.
- Mina, E., Fathonah, W., Kusuma, R. I., & Ihsan, D. Y. (2020). Stabilisasi Tanah Menggunakan Semen Slag Serta Pengaruhnya Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR)(Studi Kasus: Jl. Munjul, Kp. Ciharang, Desa Pasir Tenjo, Kecamatan Sindang Resmi, Kabupaten Pandeglang). *Fondasi Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), 88-93.
- Mohammed, Y., Paulmakesh, A., Admasu, B., & Shukri, S. (2021, October). Relationship between California bearing ratio and other geotechnical properties of sub grade soils. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2040, No. 1, p. 012029). IOP Publishing.
- Mukherjee, S., & Ghosh, P. (2021). Soil behavior and characterization: effect of improvement in CBR characteristics of soil subgrade on design of bituminous pavements. *Indian Geotechnical Journal*, 51(3), 567-582.
- Nagaraju, T. V., Gobinath, R., Awoyera, P., & Abdy Sayyed, M. A. H. (2021). Prediction of California bearing ratio of subgrade soils using artificial neural network principles. In *Communication and Intelligent Systems: Proceedings of ICCIS 2020* (pp. 133-146). Singapore: Springer Singapore.
- Nurmaidah, N. (2022). PENAMBAHAN KAPUR PADA TANAH LEMPUNG UNTUK PERKERASAN JALAN RAYA. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION*, 6(2), 148-158.
- Orvala, P. D. T., Dwipa RS, I. G., & Wiraga, I. W. (2022). Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Analisa Komponen (Studi Kasus: Jalan Sunset Road). (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Bali).
- Othman, K., & Abdelwahab, H. (2023). The application of deep neural networks for the prediction of California Bearing Ratio of road subgrade soil. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(7), 101988.
- Parianto, P., Sulandari, E., & Mukti, E. T. (2025). METODE PELAKSANAAN PERENCANAAN DESAIN TEBAL PERKERASAN LENTUR DENGAN MENGGUNAKAN METODE BINA MARGA 2024. *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, 12(3).
- Permatasari, S. (2021). HUBUNGAN NILAI CBR LABORATORIUM DAN DCP PADA TANAH YANG DIPADATKAN PADA RUAS JALAN DESA SEMISIR KABUPATEN KOTABARU. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 10(2), 133-138.
- Praveen, G. V., Kurre, P., & Chandrabai, T. (2021). Improvement of California bearing ratio (CBR) value of steel fiber reinforced cement modified marginal soil for pavement subgrade admixed with fly ash. *Materials today: proceedings*, 39, 639-642.
- Saputra, A. (2021). Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Pada Wilayah Kepulauan Studi Kasus Kecamatan Rupa. *Jurnal TeKLA*, 3(1), 15-20.
- Saputra, K. W. A., Rokhmawati, A., & Rahmawati, A.

- (2022). Studi Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Jalur Lintas Selatan (Jls) Lot9 Kabupaten Malang. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-journal)*, 12(1), 80-92.
- Septiansyah, R. (2021). *TA: SENSITIVITAS NILAI CBR TANAH DASAR (SUBGRADE) DAN BEBAN LALU-LINTAS TERHADAP PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN JALAN KAKU*. (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional).
- Sirait, F. O. S., & Elvina, I. (2020). Perencanaan tebal perkerasan lentur (flexible pavement) menggunakan metode manual desain perkerasan tahun 2017. *Jurnal Teknik: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Keteknikan*, 3(2), 186-197.
- Suharso, A. B. K., Bi'i, M. H. S., & Khatulistiani, U. (2025). PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR PADA JALAN BATU KODOK RENDU-TUTUBHADA, KABUPATEN NAGEKEO, NUSA TENGGARA TIMUR. *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, 13(1), 058-066.
- Umar, I. H., Salisu, I. M. A., Lin, H., & Hassan, J. I. (2024). Soil characterization, CBR modeling, and spatial variability analysis for road subgrade: a case study of Danchuwa–Jajere Road, Yobe State, Nigeria. *Engineering Research Express*, 6(3), 035119.
- Waruwu, A., Zega, O., Rano, D., Panjaitan, B. M. T., & Harefa, S. (2021). Kajian nilai california bearing ratio (CBR) pada tanah lempung lunak dengan variasi tebal stabilisasi menggunakan abu vulkanik. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 17(2), 116-130.
- Wimalasena, K., & Gallage, C. (2022, January). Predicting california bearing ratio (CBR) value of a selected subgrade material. In *Road and Airfield Pavement Technology: Proceedings of 12th International Conference on Road and Airfield Pavement Technology, 2021* (pp. 547-558). Cham: Springer International Publishing.