

# KLASIFIKASI TANAH DAN KORELASI NILAI CBR LABORATORIUM DENGAN NILAI CBR LAPANGAN DARI UJI DCP TANAH SUBGRADE PADA PROYEK REKONSTRUKSI RUAS JALAN MIRIT – TAMBAKMULYO, KABUPATEN KEBUMEN, JAWA TENGAH

Khoirudin Fakhri<sup>1)</sup>, Agung Hari Wibowo<sup>2)</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI<sup>1)2)</sup>

E-mail: khoirudinfakhri@outlook.com<sup>1)</sup>, agung.hari.w@mail.ugm.ac.id<sup>2)</sup>

## ABSTRACT

The California Bearing Ratio (CBR) value has become the standard for determining the bearing capacity of soil, especially subgrade soil in highway construction. The CBR number, which is usually expressed as a percentage, can be obtained in the laboratory (CBR Lab) or in the field through the Dynamic Cone Penetrometer test. This research examines the relationship between Laboratory CBR and Field CBR from the DCP test results of 12 soil samples obtained at the research location at Mirit - Tambakmulyo Road Section (Kebumen Regency, Central Java). The samples were then analyzed with mathematical formulas to obtain regression equations and correlation values to assess the relationship between the two. Based on the AASHTO method, the soil at the research site is classified in the A-6 soil type, namely clayey soil with a general assessment as moderate to poor subgrade soil. For the USCS method, the most dominant soil classification is CL which is non-organic clay with low to medium plasticity, gravelly clay, sandy clay, to silty clay. From the calculation of regression and correlation of Field CBR to Laboratory CBR, the equation  $y = -0.0614x + 7.1492$  is obtained with a correlation coefficient ( $r$ ) = -0.1862. The correlation pattern obtained is weak negative direct. The coefficient of determination ( $R^2$ ) = 0.035 indicates the accuracy of the regression model is relatively good. This research proves that there is no significant influence between Field CBR value and Laboratory CBR at the research location.

**Keywords:** Laboratory CBR, DCP, Subgrade, Bearing Capacity

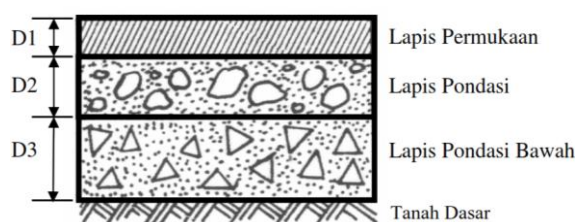
## ABSTRAK

Nilai California Bearing Ratio (CBR) telah menjadi standar untuk menguji kapasitas dukung tanah, utamanya tanah subgrade dalam konstruksi jalan raya. Angka CBR yang biasanya dinyatakan dalam presentase bisa didapatkan di Laboratorium (CBR Lab) maupun di Lapangan melalui uji *Dynamic Cone Penetrometer*. Penelitian ini mengkaji pola hubungan CBR Laboratorium dengan CBR Lapangan hasil uji DCP dari 12 *sample* tanah yang diperoleh di lokasi penelitian yakni Ruas Jalan Mirit – Tambakmulyo (Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah). *Sample* kemudian dianalisis dengan rumus matematis agar memperoleh persamaan regresi dan nilai korelasi untuk menilai hubungan antar keduanya. Sesuai dengan metode AASHTO tanah di lokasi penelitian dikategorikan dalam jenis tanah A-6 yakni tanah berlempung dengan penilaian umum sebagai tanah subgrade sedang hingga buruk. Untuk metode USCS, kategori tanah paling dominan yaitu CL yakni lempung tidak organik dengan plastisitas rendah hingga sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, hingga lempung berlanau. Berdasarkan hasil perhitungan regresi dan korelasi CBR Lapangan terhadap CBR Laboratorium didapat persamaan  $y = -0,0614x + 7,1492$  dengan koefisien korelasi ( $r$ ) = -0.1862. Pola korelasi yang diperoleh adalah langsung negatif lemah. Angka koefisien determinasi ( $R^2$ ) = 0,035 menunjukkan akurasi model regresi relatif baik. Penelitian ini memperlihatkan jika nilai CBR Lapangan tidak berpengaruh signifikan terhadap CBR Laboratorium pada lokasi penelitian.

**Kata Kunci:** CBR Laboratorium, DCP, Tanah Dasar, Daya Dukung Tanah.

## PENDAHULUAN

Kemampuan struktural perkerasan lentur (*flexible pavement*) merupakan gabungan nilai kemampuan struktural tiap lapis penyusunnya yang secara umum terdiri atas 4 (empat) lapisan, meliputi tanah dasar (*subgrade*), lapis pondasi bawah (*sub-base course*), lapis pondasi atas (*base course*), dan lapis permukaan (*surface course*).



Gambar 1 Susunan Lapis Perkerasan Jalan  
[1]

Keempat lapisan penyusun konstruksi perkerasan lentur memiliki fungsi masing-masing [2]. Lapis permukaan terletak paling atas dari sistem perkerasan lentur yang secara struktural fungsinya adalah untuk menerima dan menyebarkan beban kendaraan yang melintas ke lapisan-lapisan di bawahnya. Lapis pondasi atas letaknya diantara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah, berfungsi untuk mendukung lapis permukaan dalam menerima beban dan menyalurkannya ke lapis pondasi bawah.

Lapis pondasi bawah letaknya antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Lapis ini fungsinya adalah untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar. Lapis ini juga berfungsi

untuk mencegah air tanah naik ke lapisan di atasnya. Lapisan terakhir adalah tanah dasar yang menjadi permukaan dasar untuk perletakan konstruksi lapis perkerasan. Lapisan ini dapat terbentuk dari tanah asli maupun tanah yang distabilisasi tergantung dari kapasitasnya untuk mendukung beban dari lapisan-lapisan di atasnya.

Dinilai dari fungsi setiap lapis dari sistem perkerasan lentur, daya dukung tanah dasar (*subgrade*) memiliki peran yang cukup penting untuk menentukan tebal dan jenis material yang digunakan pada lapis-lapis di atasnya. Kekuatan dan keawetan konstruksi sangat dipengaruhi oleh tanah dasar. Lapisan tanah dasar mempunyai persyaratan tertentu berkenaan dengan hubungan antara kepadatan dan daya dukungnya. Secara umum permasalahan yang terkait dengan tanah dasar diantaranya yaitu deformasi yang diakibatkan oleh beban lalu-lintas, sifat kembang-susut akibat perubahan kadar air, daya dukungnya [3].

Masalah deformasi dan kapasitas tanah dapat dilihat dari nilai daya dukung tanah dasar yang direspresentasikan berdasarkan angka CBR (*California Bearing Ratio*) yang dapat didapatkan dari pengujian laboratorium maupun pengujian lapangan, sedangkan untuk sifat kembang-susut tanah akibat kadar air dapat dilihat dari angka plastisitas indeks dan uji fisik tanah di laboratorium. Keduanya

saling mendukung dalam menilai karakteristik dan kapasitas dukung tanah dasar. Penentuan jenis tanah subgrade diklasifikasikan dalam dua standar, yakni berdasarkan standar USCS (*Unified Soil Classification System*) dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transport Officials*).

Penelitian ini bertujuan untuk melihat hubungan antara data CBR laboratorium dengan CBR hasil dari uji DCP di lapangan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk melihat jenis dan klasifikasi tanah dasar di lokasi penelitian berdasarkan standar USCS maupun AASHTO.

Penelitian ini dilakukan pada proyek Rekonstruksi Jalan Mirit – Tambakmulyo, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. Proyek rekonstruksi jalan sepanjang 26,9 kilometer yang dikerjakan dengan skema kontrak tahun menerus (*multy years contract*) pada tahun 2023 – 2024 [4].

## LANDASAN TEORI

### Tanah Subgrade

Tanah dasar merupakan permukaan tanah asli ataupun permukaan galian ataupun permukaan timbunan yang dipadatkan dan menjadi dasar untuk meletakkan struktur perkerasan di atasnya [5]. Kapasitas tanah dasar selalu berhubungan dengan daya dukung tanah untuk mendukung beban di atasnya.

Parameter dari tanah dasar yang sering dipergunakan untuk menghitung perencanaan tebal perkerasan lentur ialah *resilient modulus* ( $M_R$ ) yaitu kekakuan material tanah dasar. Terdapat formula pendekatan hubungan antara CBR dengan angka  $M_R$ , yakni  $M_R = 1500 \times \text{CBR} \text{ (psi)}$ . Untuk material tanah dasar berupa butiran halus dengan  $\text{CBR} < 10$ , AASTHO Guide mengusulkan pendekatan dengan formula  $M_R = 2555 \times \text{CBR}^{0,64} \text{ (psi)}$  [6]. Nilai CBR sendiri dapat diperoleh dengan pengujian laboratorium maupun pengujian di lapangan.

### CBR (*California Bearing Ratio*)

Dimaknai sebagai cara mengklasifikasikan kapasitas tanah untuk digunakan sebagai pondasi dari lapis struktur perkerasan [7]. Nilai CBR sendiri merupakan rasio antara beban percobaan dengan beban standar yang dinyatakan dalam presentase. *Sample* standar yang dipakai adalah batu pecah di California. Nilai perbandingan ataupun ratio tersebut diambil pada penetrasi 2,5 dan 5,0 mm dengan ketentuan yang digunakan adalah angka yang tertinggi [8]. Formula untuk menentukan angka CBR dapat dinyatakan sebagai berikut [9]:

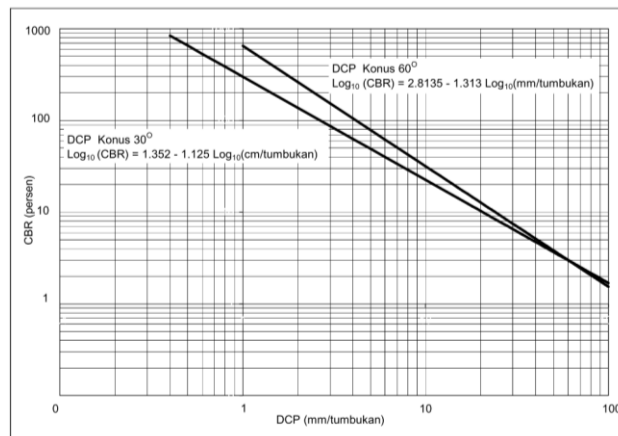
$$\text{CBR}(\%) = \frac{\text{beban penetrasi}}{\text{beban penetrasi standar}} \times 100\%$$

Pengujian CBR dalam kondisi ideal dilakukan di Laboratorium dengan kondisi kepadatan dan kadar air tertentu [10]. Beberapa percobaan dilakukan, umumnya digunakan

kadar air berdasarkan rentang yang dipakai di lapangan, dan atau pada kadar air optimumnya. Disamping itu, pengujian CBR rendaman juga dilakukan untuk mendapatkan nilai CBR dari *sample* tanah yang telah direndam selama ± 96 jam [11]. Selain pengujian CBR di laboratorium, nilai CBR juga dapat diperoleh melalui pengujian lapangan. Salah satunya adalah pengujian DCP.

**DCP (Dynamic Cone Penetration)**

S. Wu dan Sargand (2007) menyebutkan bahwa uji *Dynamic Cone Penetration* (DCP) pertama kali dikembangkan di Afrika Selatan oleh Dr. D. J. Van Vuuren pada 1960-an untuk memperkirakan memperkirakan kapasitas dukung material tanah dasar untuk lapisan penyusun perkerasan jalan [10]. Cara pengujiannya yaitu dengan mencatat jumlah pukulan (*blow*) dan penetrasi dari konus (kerucut logam) yang diakibatkan penumbuk. Data record berupa kedalaman penetrasi dan jumlah tumbukan dirubah menjadi angka CBR dengan menggunakan grafik dan formula tertentu. Pengujian DCP memberikan kekuatan lapisan bahan hingga ke dalaman 90 cm di bawah permukaan dengan tidak melakukan penggalian hingga ke dalaman pada pembacaan yang diharapkan [12]. Grafik korelasi DCP dan angka CBR ditampilkan pada Gambar 2.



**Gambar 2** Hubungan Nilai DCP dengan CBR [12]

Pola hubungan antara DCP dengan CBR ditunjukkan dalam formula berikut:

- Untuk sudut konus 30°  
Log CBR = 1,352 - 1,125 (Log DCP)
- Untuk sudut konus 60°  
Log CBR = 2,8135 - 1,313 (Log DCP)

**Regresi dan Korelasi**

Regresi dan korelasi merupakan metode statistik untuk melakukan analisa hubungan antara dua ataupun lebih variabel. Hubungan digambarkan dalam nilai antara -1 s/d 1. Akurasi hubungan dinyatakan dalam nilai koefisien determinasi (R<sup>2</sup>). Soewarno (1995) memberikan Batasan-batasan nilai koefisien korelasi sebagai berikut:

**Tabel 1** Nilai Koefisien Koerelasi dan Kekuatan Hubungan Antar Variabel [9]

Nilai Koefisien Korelasi	Keterangan
1	Korelasi Positif Sempurna
0,6 – 1	Korelasi Langsung Positif Baik
0 – 0,6	Korelasi Langsung Positif Lemah
0	Tidak terdapat korelasi Linear
-0,6 – 0	Korelasi Langsung Negatif Lemah
-1 – -0,6	Korelasi langsung Negatif Baik
-1	Korelasi Negatif Sempurna

Sedangkan Marto (1996) memberikan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang menyatakan akurasi regresi linear sebagai berikut:

**Tabel 2.** Akurasi Regresi Linear Berdasarkan Koefisien Determinasi  $R^2$  [9]

Nilai $R^2$	Akurasi Model Regresi
< 0,25	Tidak Baik
0,25 – 0,55	Relatif Baik
0,56 – 0,75	Baik
> 0,75	Sangat Baik

## METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Sample data diambil di lokasi penelitian, yakni Ruas Jalan Mirit – Tambakmulyo STA. 0+000 s/d 26+900. Ruas Mirit – Tambakmulyo berada pada wilayah administratif Kabupaten Kebumen. Warga sekitar menyebutkan sebagai Jalan Deandels yang merupakan bagian dari Jalan Alternatif Jogja – Cilacap.



**Gambar 3.** Lokasi Jalan Mirit - Tambakmulyo, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah

Di lokasi penelitian dilakukan uji DCP untuk mengetahui Nilai CBR Lapangan. Selain itu juga dilakukan pengambilan sample tanah untuk diuji di laboratorium untuk

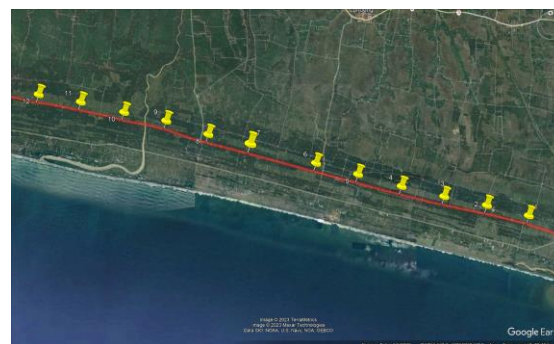
mengetahui klasifikasi dan Nilai CBR Laboratorium. Pemeriksaan propertis tanah dan pengujian CBR Laboratorium dilakukan di Universitas Semarang.

### Metodologi Penelitian

Tahapan penelitian dibagi dalam empat tahap yaitu:

1. Pemeriksaan sifat-sifat fisik tanah:
  - Kadar Air
  - Berat Jenis
  - *Atteberg Limit*
2. Klasifikasi tanah subgrade
  - *USCS*
  - *AASHTO*
3. Pemeriksaan sifat mekanis tanah
  - Uji Pemadatan
  - Uji CBR Laboratorium
4. Analisis data CBR lapangan dari hasil uji DCP dengan CBR laboratorium dengan regresi dan korelasi model linear.

Data yang dipakai pada penelitian ini berjumlah 12 titik pengambilan sampel. Sebaran 12 titik pengambilan data disajikan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Sebaran Titik Sampel

Adapun koordinat lokasi sebagai berikut:

**Tabel 3.** Koordinat Lokasi Sample

Titik Sample	Koordinat Lokasi
1	7°48'24.54"S; 109°48'20.51"E
2	7°48'8.78"S; 109°47'16.66"E
3	7°47'55.57"S; 109°46'11.68"E
4	7°47'40.27"S; 109°45'6.74"E
5	7°47'22.21"S; 09°44'0.40"E
6	7°47'5.29"S; 109°42'56.50"E
7	7°46'38.33"S; 109°41'15.88"E
8	7°46'21.93"S; 109°40'12.51"E
9	7°46'1.52"S; 109°39'8.42"E
10	7°45'48.54"S; 109°38'4.26"E
11	7°45'33.04"S; 109°36'58.22"E
12	7°45'21.73"S; 109°35'54.05"E

**ANALISIS DAN PERHITUNGAN**

**Klasifikasi Tanah**

Pengujian laboratorium meliputi Kadar Air, Berat Jenis, Indeks Plastisitas dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Semarang untuk keperluan klasifikasi tanah. Adapun hasil pengujian ditampilkan dalam Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah [13]

No. Sample	w <sub>opt</sub> (%)	G <sub>s</sub>	LL (%)	PL (%)	IP (%)
1	21,39	2,620	32,18	19,09	13,09
2	20,61	2,669	35,19	20,21	14,98
3	20,47	2,637	35,70	20,74	14,96
4	18,80	2,665	33,78	18,24	15,54
5	23,92	2,637	30,38	17,09	13,29
6	24,10	2,688	35,06	20,32	14,75
7	20,35	2,651	36,05	20,20	15,85
8	20,71	2,688	31,38	18,00	13,38
9	18,28	2,696	30,53	17,81	12,71
10	22,66	2,603	37,64	20,07	17,57
11	24,63	2,591	38,25	18,99	19,26
12	19,76	2,694	35,00	20,09	14,91

Dari Tabel 4 diketahui jika dari 12 sampel yang diuji memiliki nilai berat jenis antara 2,591 sampai 2,696. Nilai batas cair dikisaran 30,38% sampai 38,25%. Nilai batas plastis 17,09% sampai 20,74%, dan indeks plastisitas berkisar antara 12,71% hingga 19,26%.

**Tabel 5.** Hasil Klasifikasi AASHTO [13]

No. Sample	PL (%)	IP (%)	% Lolos # 200	Klasifikasi
1	19,09	13,09	68,54	A-6
2	20,21	14,98	64,70	A-6
3	20,74	14,96	68,49	A-6
4	18,24	15,54	60,45	A-6
5	17,09	13,29	60,45	A-6
6	20,32	14,75	60,45	A-6
7	20,20	15,85	66,64	A-6
8	18,00	13,38	64,70	A-6
9	17,81	12,71	64,13	A-6
10	20,07	17,57	67,14	A-6
11	18,99	19,26	67,14	A-6
12	20,09	14,91	67,14	A-6

**Tabel 6.** Hasil Klasifikasi USCS [13]

No. Sample	PL (%)	IP (%)	Klasifikasi
1	19,09	13,09	CL
2	20,21	14,98	CL
3	20,74	14,96	CL
4	18,24	15,54	CL
5	17,09	13,29	CL
6	20,32	14,75	CL
7	20,20	15,85	CL
8	18,00	13,38	CL
9	17,81	12,71	CL
10	20,07	17,57	CL
11	18,99	19,26	CL
12	20,09	14,91	CL

### CBR Laboratorium

Nilai CBR Rendaman dari hasil pengujian laboratorium disajikan dalam Tabel 7.

**Tabel 7.** Nilai CBR Laboratorium [13]

Nomor Sample	CBR Desain (%)
1	7,75
2	6,41
3	7,90
4	6,74
5	6,85
6	6,08
7	6,07
8	6,65
9	7,33
10	5,82
11	5,59
12	6,40

Berdasarkan data dari Tabel 7, Nilai CBR Desain yang didapatkan dari pengujian CBR Laboratorium (metode rendaman) berkisar antara 5,59% s/d 7,90%.

### CBR Lapangan

Pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dilaksanakan di lapangan untuk mendapatkan angka CBR Lapangan. Hasil CBR Lapangan yang diperoleh dari Uji DCP adalah sebagai berikut:

**Tabel 8.** CBR Lapangan dari Uji DCP [13]

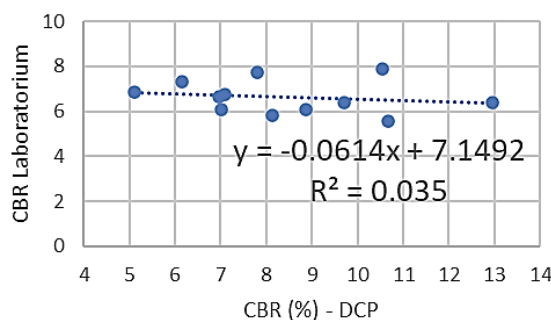
Nomor Sample	D / n Average	Log CBR	CBR (%)
1	2,562	0,8923	7,8
2	1,632	11,127	12,96
3	1,96	10,232	10,55
4	2,791	0,8504	7,09
5	3,734	0,7083	5,11
6	2,286	0,948	8,87
7	2,815	0,8464	7,02
8	2,832	0,8435	6,97
9	3,168	0,7887	6,15

Nomor Sample	D / n Average	Log CBR	CBR (%)
10	2,473	0,9097	8,12
11	1,939	10,286	10,68
12	2,112	0,9867	9,7

Tabel 8 menunjukkan nilai CBR Lapangan yang diperoleh dari Uji DCP berkisar antara 5,11% s/d 12,96%.

### Analisis Regresi dan Korelasi

Berdasarkan data CBR Lapangan dan CBR Laboratorium yang telah diperoleh, menggunakan analisis regresi linear untuk mengetahui hubungan CBR Laboratorium terhadap CBR Lapangan. Grafik hubungan disajikan dalam Gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik Hubungan Nilai CBR Lapangan dengan CBR Laboratorium (Sumber: Hasil Analisis)

**Tabel 9.** Koefisien Korelasi Nilai CBR Lapangan dengan CBR Laboratorium (Sumber: Hasil Analisis)

	CBR Lab	CBR DCP
CBR Lab	1	
CBR DCP	-0.18699	1

Berdasarkan hasil perhitungan yang sudah dilaksanakan mendapatkan korelasi Nilai CBR Lapangan dengan CBR Laboratorium yaitu  $y = -0,0614x + 7,1492$  dan mempunyai koefisien korelasi ( $r$ ) -0.1862. Sehingga dapat ditarik kesimpulan jika korelasi antara nilai

CBR Lapangan dengan CBR Laboratorium mempunyai korelasi langsung negatif lemah.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini mempunyai dua kesimpulan dan ditampilkan dalam dua poin berikut:

1. Klasifikasi tanah yang diperoleh dari hasil pengujian sifat fisik tanah adalah:
  - a. Menurut metode USCS, kategori tanah paling dominan yaitu CL yakni lempung tidak organik dengan plastisitas rendah hingga sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, dan lempung kurus (*lean clay*).
  - b. Menurut metode AASHTO tanah di lokasi penelitian dikategorikan dalam jenis tanah A-6 yaitu tanah berlempung dengan penilaian umum sebagai tanah *subgrade* sedang hingga buruk.
2. Hasil perhitungan analisa regresi dan korelasi pada nilai CBR Lapangan dari Uji DCP dan CBR Laboratorium (CBR Rendaman) mendapatkan persamaan  $y = -0,0614x + 7,1492$  dengan koefisien korelasi ( $r$ ) = -0.1862. Pola korelasi yang diperoleh adalah langsung negatif lemah. Angka koefisien determinasi ( $R^2$ ) = 0,035 menunjukkan akurasi model regresi relatif baik.

3. Penelitian ini memperlihatkan jika tidak adanya pengaruh yang signifikan antara angka CBR dari hasil uji DCP dengan CBR Laboratorium di lokasi penelitian.

### Saran

Dari hasil analisis dan kesimpulan yang diberikan, maka saran yang dapat disampaikan yaitu:

1. Berdasarkan klasifikasi tanah di lapangan dengan metode AASHTO, diperlukan stabilisasi tanah *subgrade* di lokasi penelitian. Stabilisasi dapat dilakukan dengan bahan tambah, *replace material*, atau stabilisasi lainnya yang mendukung.
2. Untuk mendapatkan nilai CBR Rendaman sebaiknya perlu dilakukan di secara cermat di Laboratorium dengan mengambil sample tanah dari *site*. Karena hubungan masih bersifat negatif, maka nilai CBR Lapangan dari Uji DCP hanya digunakan sebagai pembanding.

Bagi para peneliti selanjutnya perlu ditingkatkan jumlah sampel supaya memperoleh nilai koefisien korelasi ( $r$ ) dan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang lebih akurat.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Pekerjaan Umum, "Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen." Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta, 1987.
- [2] M. D. Bakri, "Analisis Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode AASHTO 1993," *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*, vol.



- 4, no. 1, pp. 30–44, Jun. 2020, doi: 10.35334/be.v4i1.1387.
- [3] K. Nur *et al.*, *Perancangan Perkerasan Jalan*. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2021.
- [4] A. S. A. Maharani and H. B. Alexander, “Perbaikan Jalan Daendels Pansela Telan Rp 133,5 Miliar,” *Kompas.com*. Accessed: Oct. 01, 2023. [Online]. Available: <https://www.kompas.com/propterti/read/2023/07/08/120000821/perbaikan-jalan-daendels-pansela-telan-rp-133-5-miliar>
- [5] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga, “Manual Desain Perkerasan Jalan.” 2017.
- [6] C. C. Mantiri, T. K. Sendow, and M. R. E. Manopo, “Analisa Tebal Perkerasan Lentur Jalan Baru Dengan Metode Bina Marga 2017 Dibandingkan Metode AASHTO 1993,” *Jurnal Sipil Statik*, vol. 7, no. 10, pp. 1303–1316, 2019, Accessed: Oct. 01, 2023. [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/26046/25685>
- [7] J. E. Bowles, *Manual de Laboratorio De Suelos en Ingenieria Civil*. Mexico: McGraw-Hill, 1981.
- [8] J. T. Hatmoko and H. Suryadharma, *Teknologi Perbaikan Tanah*, 1st ed. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2020.
- [9] T. N. Darmawan, R. M. Rustamaji, and V. Bachtiar, “Korelasi Nilai CBR Laboratorium dan Nilai CBR Lapangan Dari Uji DCP Tanah Subgrade Pada Pembangunan Ruas Jalan Nanga Pinoh - Ela Hilir - Batas Kalimantan Tengah 1,” *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, vol. 9, no. 3, 2022, doi: <http://dx.doi.org/10.26418/jelast.v9i3.57533>.
- [10] F. J. Wilches, J. Jairo, F. Díaz, J. Rodrigo, and H. Ávila, “Correlation Between California Bearing Ratio (CBR) and Dynamic Cone Penetrometer (DCP) for Soil from Sincelejo City in Colombia,” *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 13, no. 4, pp. 2068–2071, 2018, [Online]. Available: <http://www.ripublication.com>
- [11] Badan Standarisasi Nasional, “SNI 1744:2012 Metode Uji CBR Laboratorium Badan Standardisasi Nasional.” 2012. [Online]. Available: [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- [12] Kementerian Pekerjaan Umum, “Pedoman Cara Uji California Bearing Ratio (CBR) dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP).” Jakarta, Feb. 25, 2010.
- [13] PT. Morang Rekayasa Geoteknik, “Laporan Penyelidikan Tanah Peningkatan Jalan Mirit - Tambakmulyo (Eksisting Deandels) Segmen 1 dan 2,” Semarang, May 2023.