



ANALISIS HASIL PENGUJIAN DCP DAN CPT SEBAGAI PENENTUAN PARAMETER KUAT GESER TANAH BANDARA SULTAN THAHA

Syahidus Syuhada¹, Fauzi Buldan Yaumun², Puspa Ningrum^{3*}

¹Prodi Teknik Sipil, Jurusan Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera
Jl. Terusan Ryacudu, Desa Way Huwi, Kec. Jati Agung, Lampung Selatan 35365

²PT. Tribina Wahana Cipta, Graha Arsa Lantai 2

Jl. Siaga Raya No. 31, Pejaten Barat, Pasar Minggu, Jakarta Selatan 12510

^{3*}Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Abdurrahman

Jl. Riau Ujung No. 73, Tampan, Air Hitam, Kec. Payung Sekaki, Kota Pekanbaru 28291

Alamat e-mail puspa.ningrum@univrab.ac.id

Info Artikel

Abstrak

Sejarah Artikel:

Diterima: Des 2024

Disetujui: Des 2024

Dipublikasikan: Des 2024

Keywords:

DCP; CPT; CBR; shear strength parameter; undrained cohesion

Kuat geser tanah merupakan komponen penting dalam desain infrastruktur. Banyak pengujian yang dapat dilakukan untuk menentukan kuat geser tanah. *Cone Penetration Test* (CPT) merupakan pengujian yang umum dilakukan untuk memprediksi kuat geser tanah. *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) sering digunakan untuk memprediksi besarnya nilai kuat geser tanah dalam bentuk *California Bearing Ratio* (CBR) untuk menentukan tebal perkerasan jalan raya. Kuat geser tanah lempung untuk keperluan desain bangunan biasanya ditampilkan dalam *undrained cohesion* (c_u) yang bisa didapatkan dari pengujian CPT. Dengan adanya pengujian DCP dan CPT yang dilakukan pada lokasi yang sama, akan dicari hubungan parameter kuat geser dari pengujian tersebut. Didapatkan hasil CBR = 0,2504 q_c (kg/cm²) dan c_u (kPa) = 14,455 CBR (%). Diharapkan hasil ini dapat menjadi perkiraan kasar sebagai rujukan untuk desain perkerasan jalan karena pengujian DCP terbatas dalam penggunaannya (hanya 1 m kedalaman tanah dasar).

Kata Kunci: DCP, CPT, CBR, parameter kuat geser, nilai kohesi tak terdrainase.

Abstract

Soil shear strength is an important component in infrastructure design. Many tests can be carried out to determine the shear strength of soil. The *Cone Penetration Test* (CPT) is a test commonly carried out to predict the shear strength of soil. *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) is often used to predict the value of soil shear strength in the form of the *California Bearing Ratio* (CBR) to determine the thickness of highway pavement. The shear strength of clay soil for building design purposes is usually expressed in *undrained cohesion* (c_u) which can be obtained from CPT testing. With DCP and CPT tests carried out at the same location, the relationship between the shear strength parameters from these tests will be obtained. The results obtained were CBR = 0.2504 q_c (kg/cm²) and c_u (kPa) = 14.455 CBR (%). It is hoped that these results will be a rough estimate for road

pavement design because DCP testing is limited in its use (only 1 m subgrade depth).

© 2024

Universitas Abdurrah

✉ Alamat korespondensi:

Universitas Abdurrah Jalan Riau Ujung No.73

E-mail: puspa.ningrum@univrab.ac.id

ISSN 2527-7073

PENDAHULUAN

Pada umumnya desain perkerasan jalan di Indonesia masih menggunakan nilai California Bearing Ratio (CBR) dalam menentukan tebal perkerasannya khususnya di lingkungan Dinas Pekerjaan Umum [1]. CBR digunakan juga secara luas sebagai indikator untuk mengukur kekuatan dari tanah dasar [2]. Pengujian DCP banyak digunakan karena praktis penggunaan dan mobilisasinya. Alat ini bisa digunakan pada seluruh medan dan efektif digunakan pada tanah berbutir halus [3].

Sedangkan untuk mengetahui nilai kuat geser tanah, biasanya dilakukan pengujian *Cone Penetration Test* (CPT) yang mana telah umum dilakukan di Indonesia. Pengujian ini dapat memprediksi tahanan konus dan hambatan lekat serta mengetahui letak kedalaman tanah keras ($q_c > 150 \text{ kg/cm}^2$). Pengujian CPT ini biasa digunakan untuk prediksi daya dukung pondasi terutama pada bangunan tingkat rendah. Selain itu, dari Muromachi (1981) di Jepang CPT juga digunakan untuk beberapa pekerjaan seperti pengecekan kemampuan tanah untuk lalu lintas [4]. Pengujian ini juga bisa memprediksi kebutuhan desain lainnya seperti berat volume tanah, kompresibilitas tanah, jenis tanah, dan lainnya [4][5][6].

Pengujian CPT biasanya dilakukan untuk mengecek kedalaman tanah keras dan penentuan kuat geser tanah. Pada kasus perencanaan perkerasan jalan akan melihat kuat geser tanah pada nilai CBR. Sementara ini Schmertmann mendapatkan hubungan antara nilai CBR adalah $1/3$ dari q_c sementara Rahardjo menunjukkan CBR yaitu $1/2$ dari q_c [7] [3]. Pada tanah Indragiri Hulu dan Pekanbaru didapatkan hasil korelasi $0.21q_c$ untuk tanah pasir dan $0.48q_c$ untuk tanah lempung [8]. Melihat perbedaan dari kedua hasil ini, maka perlu dilakukan investigasi lebih lanjut mengenai hubungan antara q_c dan CBR [3]. Sementara itu, pada pekerjaan timbunan membutuhkan pengecekan baik dari kepadatan maupun dalam hal kuat geser tanahnya. Pada timbunan perlu dicek kuat geser dalam bentuk CBR [9] karena akan dibangun perkerasan di atasnya dan dalam bentuk parameter kuat geser umum (kohesi dan sudut geser) karena akan dianalisis lebih lanjut terkait dengan kestabilan timbunan terhadap beban. CPT biasanya digunakan untuk mengevaluasi hasil pekerjaan timbunan. Oleh karena itu akan lebih efektif dari segi biaya dan waktu mendapatkan hasil CBR dan kuat geser tanah dengan hanya melakukan pengujian sondir saja.

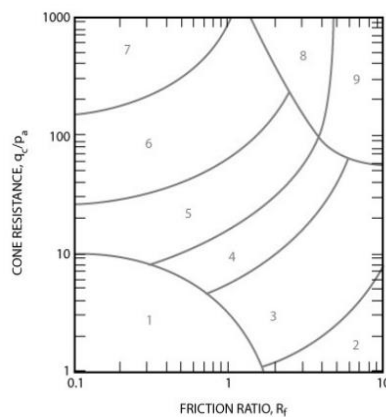
DCP dan CPT memiliki beberapa keunggulan di masing – masing pengujian. Dari beberapa paparan di atas, maka perlu dilakukan penyelidikan hubungan antara nilai CBR hasil pengujian DCP dan penetrasi konus hasil uji CPT. Penelitian ini dilakukan untuk memudahkan para engineer dalam memprediksi nilai kuat geser untuk keperluan desain dasar (*basic design*) suatu konstruksi di kemudian hari.

TINJAUAN PUSTAKA

Cone Penetration Test (CPT) / Sondir

Pengujian *Cone Penetration Test* (CPT) merupakan pengujian yang umum dilakukan di Indonesia untuk menentukan kedalaman tanah keras ($q_c > 250 \text{ kg/cm}^2$) dan mengetahui tahanan geser tanah di sepanjang kedalaman penetrasi. Alat CPT ini telah banyak mengalami perkembangan mulai dari tahun 1932 sampai dengan saat ini [4]. Pengujian CPT ini memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah cukup mudah dioperasikan dan cocok digunakan pada tanah berbutir halus. Pengujian ini biasanya dilakukan untuk memprediksi daya dukung suatu pondasi bangunan [5].

Pengujian CPT tidak dapat mengambil jenis atau sampel tanah, sehingga diperlukan metoda analisis lainnya untuk memprediksi jenis tanah yang ada di lapangan. Pada pengujian CPT dapat diprediksi jenis tanah berdasarkan hubungan nilai perlawanan konus (q_c) dengan rasio gesekan (FR) [4] [6] [11] yang dinamakan dengan *Soil Behavior Type* (SBT). Berikut ini adalah grafik dan klasifikasi tanah berdasarkan SBT:



Gambar 1 Grafik *Soil Behavior Test* (Robertson, 2010 dalam Robertson 2022)

Zone	Soil Behavior Type
1	Sensitive, fine grained
2	Organic soils - clay
3	Clay – silty clay to clay
4	Silt mixtures – clayey silt to silty clay
5	Sand mixtures – silty sand to sandy silt
6	Sands – clean sand to silty sand
7	Gravelly sand to dense sand
8	Very stiff sand to clayey sand*
9	Very stiff fine grained*

* Heavily overconsolidated or cemented

P_a = atmospheric pressure = 100 kPa = 1 tsf

Gambar 2 Klasifikasi SBT berdasarkan zona pada grafik SBT (Robertson, 2010 dalam Robertson 2014)

Untuk konsistensi tanah berbutir halus dapat dilihat dari data perlawanan konus dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1 Konsistensi Tanah Berdasarkan Tahanan Konus (Look, 2007)

Klasifikasi Tanah	Perkiraan q_c (MPa)
Very Soft	< 0.2
Soft	0.2 - 0.4
Firm	0.4 - 0.9
Stiff	0.9 - 2.0
Very Stiff	2.0 - 4.2
Hard	> 4.0

Pengujian CPT juga dapat memprediksi besarnya nilai *undrained shear strength* (c_u) pada tanah lempungan [12]. Berikut persamaan c_u dari data CPT :

$$c_u = \frac{q_c - \sigma'_{vo}}{N_k} \tag{1}$$

dimana :

q_c = Bacaan hambatan ujung CPT

σ'_{vo} = Tegangan efektif tanah

N_k = Faktor daya dukung

Untuk nilai N_k yang digunakan adalah 15 jika menggunakan konus elektrik, 20 jika menggunakan konus mekanis.

Dynamic Cone Penetrometer (DCP)

Dynamic Cone Penetrometer (DCP) merupakan alat penetrasi yang dapat memprediksi besarnya kekuatan tanah dasar pada pekerjaan konstruksi jalan raya. Pengujian ini dibatasi untuk pengujian tanah dasar atau lapis fondasi jalan dengan ukuran butiran maksimum 4 cm [13]. Sesuai dengan pedoman penggunaan alat DCP, nilai CBR dari pengujian DCP dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

Menggunakan konus 60° :

$$\text{Log CBR} = 2.8135 - 1.313 \text{ Log} \quad (2)$$

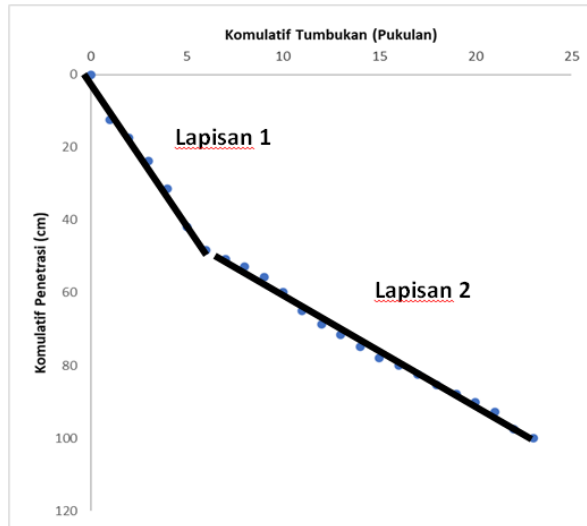
(DCP, mm/tumbukan)

Menggunakan konus 30° :

$$\text{Log CBR} = 1.352 - 1.125 \text{ Log} \quad (3)$$

(DCP, cm/tumbukan)

Untuk nilai DCP merupakan nilai dari komulatif penetrasi dibagi dengan komulatif tumbukan tumbukan. Sebelum menentukan nilai DCP, maka dilakukan plotting nilai komulatif penetrasi dan penetrasi tumbukan untuk menentukan kemungkinan lapisan yang memiliki nilai CBR yang berbeda pada 1 m lapisan yang diselidiki seperti yang terlihat pada Gambar 3. Penentuan lapisan tanah dapat dilihat dari kecenderungan titik yang membentuk garis linear. Titik yang memiliki kecenderungan yang sama akan membentuk garis linear merupakan 1 lapisan.



Gambar 3. Penentuan lapisan dan nilai DCP pada perhitungan CBR

Jika didapatkan nilai CBR yang beragam pada 1 m pertama lapisan tanah dasar, maka harus diambil nilai yang mewakili CBR pada lapisan tersebut. Dengan menggunakan persamaan dari *Japan Road Ass.* [14] sebagai berikut :

$$CBR_{Titik\ Pengamatan} = \left(\frac{h_1 \sqrt[3]{CBR_1} + \dots + h_i \sqrt[3]{CBR_i}}{h} \right)^3 \quad (4)$$

Dengan :

h_i = Tebal lapisan ke – i

h = Tebal total lapisan

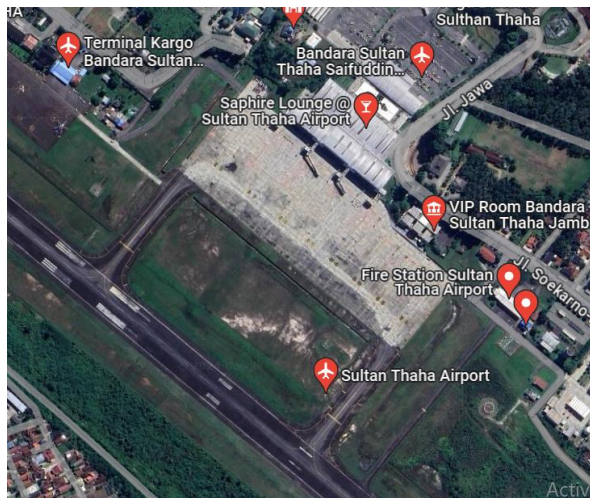
CBR = Nilai *California Bearing Ratio*

METODE

Untuk data-data pada penelitian ini, menggunakan pengumpulan data sekunder yang didapatkan dari pekerjaan lapangan PT. Tribina Wahana Cipta pada proyek evaluasi daya

dukung *shoulder* Bandara Sultan Thaha, Jambi. Data yang diambil pada penelitian ini adalah 14 titik data sondir dan 14 titik pengujian DCP yang jaraknya saling berdekatan.

Pada penelitian ini, dilakukan identifikasi lapisan pada 1 m pertama dari permukaan tanah menggunakan hasil dari SBT. SBT dilakukan untuk menentukan persamaan korelasi data kuat geser tanah. Kemudian data penetrasi konus (q_c) juga dirata – ratakan untuk mewakili nilai pada 1 m pertama lapisan tanah. Data disajikan dalam hubungan antara nilai CBR dengan kuat geser tanah dan q_c dan CBR, kemudian akan dicari persamaan regresi yang mewakili hubungan dari data tersebut. Kemudian akan dilihat keterkaitan antara data – data tersebut apakah saling terkait atau tidak dilihat dari koefisien determinasi (R^2). Secara umum hasil R^2 yang besar akan menunjukkan hubungan yang baik antara kedua data [10].



Gambar 4 Lokasi penelitian, Bandara Sultan Thaha (Google Maps)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian lapangan

Data pengujian lapangan berupa data CPT dan DCP sebanyak masing – masing 14 titik pengujian. Untuk data CPT yang digunakan adalah nilai tahanan konus pada satu meter pertama dari permukaan tanah. Berikut Pengolahan data SBT dari hasil pengujian CPT :

Tabel 2. *Soil Behavior Type* dari Hasil Pengujian CPT

Titik	Soil Behavior Type	Konsistensi Tanah
1	<i>Clay</i>	<i>Medium Stiff</i>
2	<i>Silty Clay</i>	<i>Medium Stiff</i>
3	<i>Silty Clay</i>	<i>Medium Stiff</i>
4	<i>Clay</i>	<i>Soft</i>
5	<i>Silty Clay</i>	<i>Stiff</i>
6	<i>Silty Clay</i>	<i>Stiff</i>
7	<i>Silty Clay</i>	<i>Medium Stiff</i>
8	<i>Clay</i>	<i>Medium Stiff</i>
9	<i>Silty Clay</i>	<i>Medium Stiff</i>

Titik	Soil Behavior Type	Konsistensi Tanah
10	<i>Silty Clay</i>	<i>Soft</i>
11	<i>Silty Clay</i>	<i>Medium Stiff</i>
12	<i>Silty Clay</i>	<i>Medium Stiff</i>
13	<i>Silty Clay</i>	<i>Medium Stiff</i>
14	<i>Silty Clay</i>	<i>Medium Stiff</i>

Hasil Korelasi Data

Dengan menggunakan korelasi q_c dengan c_u sesuai pada persamaan (1), didapatkan nilai sesuai dengan Tabel 3 dibawah ini. Nilai q_c yang digunakan adalah rata – rata q_c pada 1m dari permukaan tanah.

Tabel 3. Korelasi Nilai q_c Terhadap c_u

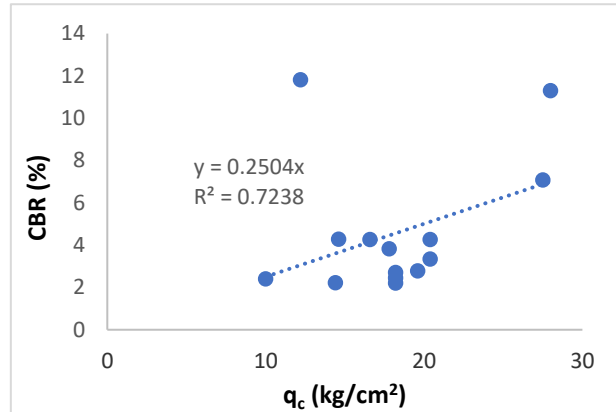
Titik	q_c (kg/cm²)	c_u (kPa)
1	10	50
2	12.2	61
3	14.4	72
4	14.6	73
5	16.6	83
6	17.8	89
7	18.2	91
8	18.2	91
9	18.2	91
10	19.6	98
11	20.4	102
12	20.4	102
13	27.5	137.5
14	28	140

Berikut pada Tabel 4 adalah hubungan antara nilai CBR hasil dari persamaan (2) dan persamaan (4) jika pada suatu lokasi terdapat beberapa nilai CBR.

Tabel 4. Korelasi Nilai DCP Terhadap CBR

Titik	CBR (%)
1	2.40
2	11.82
3	2.21
4	4.28
5	4.26
6	3.83
7	2.44
8	2.69
9	2.20
10	2.78

11	3.33
12	4.25
13	7.07
14	11.30



Gambar 5 Hubungan antara Nilai Penetrasi Konus (q_c) dengan CBR

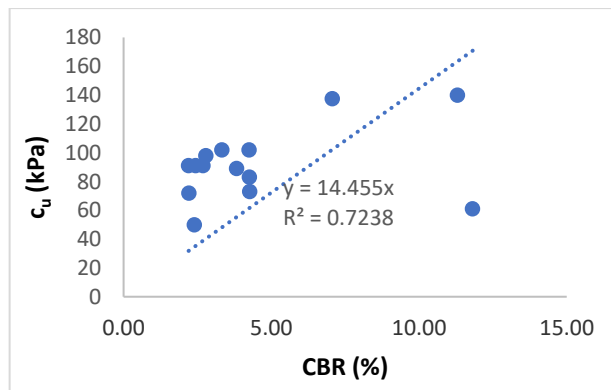
Dari grafik Gambar 5 dapatkan hubungan antara nilai CBR terhadap nilai *undrained shear strength* (c_u) dengan nilai R^2 adalah 0,7238.

$$CBR (\%) = 0,2504 q_c (kg/cm^2) \tag{5}$$

Dari Rahardjo [7] didapatkan korelasi empirik hubungan antara nilai CBR dengan q_c sebesar $CBR (\%) = 0,5 q_c (kg/cm^2)$. Artinya korelasi yang diperoleh pada penelitian ini kurang lebih kecil nilainya dari penelitian Rahardjo dan Schmertmann. Demikian juga untuk nilai dari CBR hasil uji DCP dengan menggunakan persamaan yang ditunjukkan oleh persamaan regresi linier pada Gambar 6 :

$$c_u (kPa) = 14,455 CBR (\%) \tag{6}$$

Dari Gambar 6 diperoleh hubungan antara nilai CBR terhadap nilai *undrained shear strength* (c_u) dengan nilai R^2 adalah 0,7238. Berdasarkan nilai R^2 yang didapatkan, menunjukkan korelasi CBR dengan c_u atau CBR dengan q_c berlaku cukup kuat untuk dilakukan suatu korelasi.



Gambar 6 Hubungan antara Nilai Penetrasi CBR dengan Nilai c_u

SIMPULAN

Kesimpulan

Dari pengujian 14 titik sondir, didapatkan prediksi *Soil Behavior Type* (SBT) dari tanah di Bandara Sultan Thaha adalah jenis tanah berbutir halus dari konsistensi lunak (*soft*) hingga kaku (*stiff*). Dari hasil ini, maka korelasi pengujian DCP dan CPT dikategorikan untuk tanah yang berbutir halus. Didapatkan hubungan antara nilai CBR hasil DCP dan nilai q_c yaitu $CBR (\%) = 0,2504 q_c (kg/cm^2)$ dengan nilai $R^2 = 0,7238$. Untuk nilai c_u hasil korelasi CPT dan CBR adalah $c_u (kPa) = 14,445 CBR (\%)$ dengan nilai $R^2 = 0,7238$. Korelasi ini merupakan pendekatan untuk menentukan nilai kuat geser tanah berdasarkan pengujian CPT dan DCP sehingga dapat memberikan prediksi awal bagi *engineer* saat membuat *basic design* konstruksi jalan dan lapangan terbang.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, perlu adanya pengujian yang lebih lanjut untuk jenis tanah dan lokasi tanah yang berbeda untuk mendapatkan data base data hubungan antara CBR dengan kuat geser dan CBR dengan q_c yang lebih baik di masa yang akan datang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tentunya tidak akan berjalan lancar, tanpa adanya bantuan dari beberapa pihak. Terima kasih kepada pihak terkait yang telah membantu dan bekerjasama demi kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. T. Dachlan, "Pengujian Daya Dukung Perkerasan Jalan Dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP) Sebagai Standar Untuk Evaluasi Perkerasan Jalan," *Jurnal Standarisasi*, vol. 7, pp. 126 - 134, 2005.
- [2] K. Meshram, "Estimation of Field CBR from DCP for Subgrade Soils," *Arabian Journal of Geoscience*, vol. 15, no. 9, 2022.
- [3] R. A. Sidabutar, Y. Saragi and J. Situmorang, "Korelasi Hambatan Konus Dengan California Bearing Ratio Lapangan Pada Tanah Lempung," *Sprocket Journal of Mechanical Engineering (SJoME)*, vol. IV, no. 2, pp. 114 - 125, 2023.
- [4] P. Robertson and K. Cabal, *Guide to Cone Penetration Testing 7th Edition*, California: Gregg, 2022.
- [5] P. T. B. K. B. d. R. Sipil, "Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan Alat Sondir," Badan Standarisasi Nasional, Bandung, 2008.
- [6] J. H. Schmertmann, "Guidelines For Cone Penetration Test (Performance and Design)," U.S. Department of Transportaion, Florida, 1978.
- [7] P. F. Rahardjo, *Uji Sondir, Interpretasi dan Aplikasinya Untuk Perancangan Pondasi*, Bandung: Geotechnical Research Centre-Parahyangan Catholic, 1992.
- [8] Erny, "ANALISIS KORELASI TAHANAN KONUS DENGAN NILAI CBRLABORATORIUM DAN CBR HASIL UJI DCP STUDI KASUS INDRAGIRI HULU DAN PEKANBARU," *Jurnal Syntax Admiration*, vol. III, no. 3, pp. 491 - 505, 2022.
- [9] B. P. S. D. Manusia, *SPESIFIKASI UMUM DIVISI 3 : SPESIFIKASI PEKERJAAN TANAH*, Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2016.

- [10] <https://lmsspada.kemdikbud.go.id/>, "LMS Spada Indonesia," 2005, 2005. [Online]. Available: https://lmsspada.kemdikbud.go.id/pluginfile.php/18061/mod_resource/content/1/Regresi.pdf. [Accessed 9 5 2024].
- [11] B. Look, Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables, London: Taylor & Francis Group, 2007.
- [12] B. M. Das and N. Sivakugan, Principles Of Foundation Engineering 9th Edition, Boston: Cengage Learning, Inc., 2019.
- [13] K. P. Umum, Pemberlakuan Pedoman Cara Uji California Bearing Ratio (CBR) dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP), Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum, 2010.
- [14] S. Sukirman, Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur, Bandung: Penerbit NOVA, 2010.