

Analisis Daya Dukung Dan Sifat Fisik Tanah Sebagai Penyebab Kerusakan Pada Jalan Padang Solok Baru, Balai Gadang, Kecamatan Koto Tengah, Kota Padang

Farhan Alghaffar Riyadi^{1*}, Nidal Zuwida²

^{1,2}Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Emai: farhanalghaffar64@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kerusakan perkerasan jalan berupa penurunan (*settlement*) dan gelombang (*undulation*) pada ruas Jalan Padang–Solok Baru, Kelurahan Balai Gadang, Kecamatan Koto Tengah, Kota Padang, yang diduga disebabkan oleh rendahnya daya dukung tanah dasar (*subgrade*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat fisik tanah, nilai daya dukung tanah berdasarkan *California Bearing Ratio* (CBR), serta hubungan keduanya. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan pendekatan deskriptif kuantitatif. Pengujian lapangan dilakukan menggunakan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) untuk memperoleh nilai CBR, sedangkan pengujian laboratorium meliputi kadar air, batas Atterberg, berat jenis, analisis saringan, berat isi tanah, dan hidrometer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai CBR tanah dasar pada lokasi penelitian berkisar antara 2,97% hingga 6,64%. Sebagian besar nilai CBR berada di bawah standar minimum 6%, yaitu pada titik STA 0+000 sebesar 4,25%, STA 0+012 sebesar 2,98%, STA 0+060 sebesar 3,28%, dan STA 0+070 sebesar 2,97%, sedangkan pada STA 0+036 sebesar 6,64% dan STA 0+048 sebesar 6,09% telah memenuhi standar minimum. Hasil pengujian sifat fisik tanah menunjukkan kadar air berkisar antara 34,33% hingga 51,55% dengan indeks plastisitas berkisar antara 8,49% hingga 9,21% yang termasuk kategori plastisitas sedang. Kesimpulan menunjukkan bahwa kerusakan jalan dipengaruhi oleh rendahnya daya dukung tanah, tingginya kadar air, serta kondisi drainase yang kurang baik.

Kata Kunci: Daya Dukung Tanah, *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP), *California Bearing Ration* (CBR), c

Pernyataan Pendanaan

Penelitian ini tidak menerima hibah khusus dari lembaga pendanaan mana pun di sektor publik, komersial, atau nirlaba.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT. kepada kedua orang tua, kepada Ibu Nidal Zuwida, S.Pd.T., M.T, selaku dosen pembimbing, Ibu Fithriyah Patriotika, S.T., M.T, dan Bapak Agri Americo Agamuddin, M.Pd.T, selaku dosen penguji, dan teman-teman yang memberikan dukungan serta bantuan mulai dari awal penelitian hingga ke tahap penelitian ini selesai dilakukan.

Etika Publikasi

Penelitian ini telah memperoleh izin dari pihak proyek yang bertanggung jawab atas Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Kota Padang dan orang yang terlibat telah memberikan persetujuan untuk menjadi subjek dalam penelitian.

Penyataan AI

Struktur tata bahasa artikel ini diperbaiki dengan menggunakan ChatGPT, dan para penulis telah memeriksa kembali keakuratan dan kebenaran kalimat yang dihasilkan sesuai dengan topik dan data penelitian ini. Penggunaan bahasa dalam artikel ini telah diverifikasi dan divalidasi oleh ahli bahasa Inggris, dan tidak ada kalimat yang dihasilkan oleh AI yang termasuk dalam artikel ini.

1. Pendahuluan

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi yang berperan vital dalam mendukung kelancaran mobilitas serta kegiatan perekonomian masyarakat. Kinerja jalan sangat dipengaruhi oleh kondisi struktur perkerasan serta kemampuan tanah dasar dalam mendukung beban lalu lintas yang bekerja di atasnya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2023), kondisi jalan di Indonesia masih menghadapi tantangan, terutama pada jalan daerah, di mana tingkat kemantapan jalan kabupaten hanya mencapai sekitar 52,40%. Hal ini menunjukkan bahwa masih banyak ruas jalan yang mengalami kerusakan dan memerlukan penanganan yang tepat. Salah satu segmen jalan yang mengalami kondisi tersebut adalah ruas Jalan Padang–Solok Baru yang terletak di Kelurahan Balai Gadang, Kecamatan Koto Tangah, Kota Padang. Hasil observasi lapangan, kerusakan yang dijumpai berupa permukaan jalan bergelombang, penurunan permukaan secara lokal, serta genangan air di beberapa titik. Kondisi ini mengindikasikan adanya deformasi struktur perkerasan yang diduga berkaitan dengan rendahnya daya dukung tanah dasar. Secara feoteknik, kemampuan tanah dasar dalam mendukung beban dapat dievaluasi melalui nilai *California Bearing Ratio* (CBR), sedangkan karakteristik tanah dapat diketahui melalui pengujian sifat fisik seperti kadar air, berat jenis, distribusi ukuran butiran, dan batas-batas Atterberg. Hubungan antara sifat fisik tanah dan nilai CBR sangat penting untuk menjelaskan penyebab terjadinya kerusakan jalan. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat fisik tanah dan daya dukung tanah dasar pada ruas jalan Padang-Solok baru menggunakan pengujian laboratorium dan *dyanmic Cone Penetrometer*. Studi ini bertujuan untuk menjelaskan adanya hubungan antara karakteristik tanah dengan nilai CBR sebagai penyebab kerusakan jalan, sekaligus menjadi dasar teknis dalam menentukan penanganan dan perbaikan perkerasan pada lokasi penelitian.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar (*subgrade*) merupakan lapisan paling bawah pada struktur perkerasan jalan yang disusun secara berlapis sebagaimana umum diterapkan dalam konstruksi jalan raya (Soekoto, R.L., 1984). Sifat dan karakteristik tanah dasar memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kinerja lapisan perkerasan di atasnya, sehingga proses persiapan tanah dasar menjadi tahap yang sangat mendasar dalam pembangunan jalan. Kekuatan serta umur layanan konstruksi perkerasan sangat ditentukan oleh kondisi dan daya dukung tanah dasar

tersebut. Namun demikian, penilaian daya dukung tanah melalui pengujian laboratorium tidak selalu mampu merepresentasikan secara rinci variasi sifat dan kemampuan tanah pada setiap titik di sepanjang ruas jalan.

2.2. Sifat Fisik Tanah

Menurut Muntaha dkk. (2012), sifat fisik tanah merupakan karakteristik yang berkaitan dengan komponen penyusun massa tanah. Pada kondisi tidak jenuh, tanah tersusun atas tiga fase utama, yaitu butiran padat (*solid*), air (*water*), dan udara (*air*). Air dan udara tersebut umumnya berada serta mengisi ruang antar butiran tanah atau pori-pori dalam massa tanah.

2.2.1. Kadar Air

Menurut SNI 1967:2008, kadar air tanah merupakan perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butiran keringnya yang dinyatakan dalam persen. Pengujian dilakukan dengan mengeringkan sampel di dalam oven selama 12 hingga 16 jam hingga mencapai berat tetap. Selisih berat sebelum dan sesudah pengeringan menunjukkan jumlah air yang terkandung dalam tanah. Selanjutnya, kadar air dihitung berdasarkan perbandingan antara berat air dengan berat tanah kering. Kadar air tanah bervariasi pada setiap wilayah, tergantung pada kondisi lingkungan setempat. Secara umum, kadar air tanah berada pada kisaran 20%–100% dan masih dianggap dalam kondisi normal. Apabila kadar air melebihi 100%, tanah dikategorikan dalam kondisi jenuh, sedangkan jika nilainya kurang dari 20%, tanah dianggap dalam kondisi kering.

2.2.2. Berat Jenis

Menurut SNI 1964:2008, berat jenis tanah didefinisikan sebagai perbandingan antara berat isi butiran tanah dengan berat isi air suling pada kondisi temperatur dan volume yang sama. Berat isi butiran tanah sendiri merupakan rasio antara berat butiran tanah terhadap volumenya, sedangkan berat isi air adalah perbandingan antara berat air dengan volume air tersebut.

2.2.3. Analisa Saringan

Menurut Das (1995), analisis ayakan merupakan metode pengujian dengan cara mengayak dan menggetarkan sampel tanah melalui serangkaian saringan yang memiliki ukuran bukaan semakin kecil secara bertahap. Pengujian ini digunakan untuk menentukan distribusi ukuran butiran pada tanah berbutir kasar (*granuler*) dengan kondisi sampel kering. Prosedur pelaksanaannya dilakukan menggunakan susunan saringan standar yang disusun bertingkat. Tanah yang tertahan pada masing-masing saringan kemudian ditimbang dan dinyatakan dalam bentuk persentase terhadap berat total sampel yang diuji.

2.2.4. Analisa Hidrometer

Menurut Das Braja M (1995), analisis hidrometer merupakan pengujian untuk menentukan variasi ukuran partikel tanah yang berdiameter < 0.075 mm atau partikel yang lolos ayakan No. 200. Metode ini didasari pada kecepatan sedimentasi atau pengendapan tanah di dalam air yang dapat disebabkan oleh faktor-faktor seperti bentuk, ukuran dan berat tanah.

2.2.5. Batas – Batas Atterberg

Menurut Hardiyatmo (2012), keadaan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut sebagai konsistensi, yang dipengaruhi oleh gaya tarik antar partikel mineral lempung. Atterberg (1911) mengembangkan metode untuk menentukan batas konsistensi tanah berdasarkan perubahan kadar air. Batas-batas tersebut meliputi batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*), yang masing-masing dinyatakan dalam persentase kadar air. Pengujian batas cair dilakukan menggunakan alat *Casagrande*, sedangkan batas susut ditentukan dengan cawan logam melalui pengukuran perubahan volume tanah yang umumnya melibatkan penggunaan air raksa. Sementara itu, batas plastis diperoleh dengan cara menggulung sampel tanah pada permukaan datar hingga terjadi retakan.

2.3. Klasifikasi Tanah

Menurut Amran & Surandono (2017) klasifikasi tanah adalah sistem penyusunan jenis – jenis tanah berdasarkan penggunaannya yang memiliki sifat yang sama tetapi mempunyai jenis-jenis yang berbeda ke dalam beberapa kelompok dan subkelompok. Nasrullah (2022) juga menyatakan bahwa klasifikasi tanah merupakan ilmu yang mempelajari komponen-komponen yang khusus tentang beberapa jenis tanah dan sifat tanah yang berfungsi untuk mempelajari susunan dari sistem klasifikasi tanah, interpretasi ditinjau dari sistem pengelompokan tanah yang digunakan dan implementasinya dalam kondisi lapangan..

2.4 Dynamic Cone Penetrometer (DCP)

Dynamic Cone Penetrometer (DCP) merupakan alat yang paling umum digunakan di Indonesia dalam aspek geoteknik dan transportasi untuk menilai karakteristik tanah dasar (subgrade) dan kekuatan perkerasan lentur (Trisnawati & Erny, 2024). Pengujian Dynamic Cone Penetrometer (DCP) adalah pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan nilai kekuatan tanah yang hasilnya berupa nilai CBR (Afrida & Senja Rum Harnaeni, 2022). Nur (2024) menyatakan bahwa Dynamic Cone Penetrometer (DCP) adalah alat yang digunakan untuk mengukur kapasitas daya dukung tanah dasar dimana alat ujung konus menembus masuk kedalam tanah dasar setelah mendapatkan tumbukan dari hammer terhadap landasan batang utama.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif yang bertujuan untuk menganalisis hubungan antara sifat fisik tanah dan daya dukung tanah dasar sebagai penyebab kerusakan pada ruas Jalan Padang–Solok Baru, Kelurahan Balai Gadang, Kecamatan Koto Tangah, Kota Padang. Penelitian dilakukan melalui pengujian lapangan dan laboratorium terhadap sampel tanah yang diambil dari lokasi penelitian. Pengujian lapangan menggunakan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) untuk memperoleh nilai *California Bearing Ratio* (CBR), sedangkan pengujian laboratorium meliputi uji kadar air, berat jenis, analisis saringan, analisis hidrometer, serta batas Atterberg yang mencakup batas cair (*LL*) dan batas plastis (*PL*). Seluruh prosedur pengujian mengacu pada standar yang berlaku, yaitu SNI, ASTM, dan AASHTO.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah dilakukan untuk memperoleh informasi dasar mengenai karakteristik tanah dan keperluan konstruksi lainnya. Hasil rekapitulasi pengujian sifat fisik tanah dilaboratrium dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

No	Jenis Pengujian	Simbol	Titik 1	Titik 3	Titik 6
1	Kadar Air Tanah	W	47.00%	34.33%	51.55%
2	Berat Jenis Tanah	Gs	2.645	2.603	2.602
3	Persen Lolos No. 200	-	10.040	11.292	11.869
4	Koefesien Keseragaman	Cu	14.58	7.04	42.90
5	Koefesien Kelengkungan	Cc	2.15	1.28	4.37
6	Batas Cair Tanah	LL	43.91%	42.49%	41.39%
7	Batas Plastis Tanah	PL	34.75%	33.28%	32.89%

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik tanah yang telah disajikan, selanjutnya dilakukan klasifikasi tanah yang bertujuan untuk menentukan jenis tanah pada titik – titik pengujian yang hasilo rekapitulasinya bisa dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Klasifikasi Tanah

No	Titik Pengujian	Klasifikasi AASHTO	Klasifikasi USCS
1	Titik 1	A-2-5	SP–SM (Pasir Bergradasi Buruk dengan Kandungan Lanau)
2	Titik 2	A-2-5	SW-SM (Pasir Bergradasi Baik dengan Kandungan Lanau)
3	Titik 3	A-2-5	SW-SM (Pasir Bergradasi Baik dengan Kandungan Lanau)

Dari hasil klasifikasi tanah, material yang diperoleh rata rata tergolong sebagai pasir yang mengandung lanau. Tanah berpasir pada umumnya memiliki daya dukung yang baik sebagai tanah dasar, namun sangat dipengaruhi oleh kondisi kepadatan dan kadar air tanah.

4.2 Pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP)

Pengujian DCP merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai kemampuan tanah dalam menahan beban pada tanah dasar (*subgrade*), data hasil pengujian kemudian diubah menjadi nilai CBR sebagai dasar dalam penilaian daya dukung tanah. Ringkasan hasil uji DCP dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi Pengujian DCP

No	Titik Pengujian	CBR (%)	Daya Dukung Tanah (%)
1	Titik 1	4.25	4.40
2	Titik 2	2.98	3.74
3	Titik 3	6.64	5.24
4	Titik 4	6.09	5.08

5	Titik 5	3.28	3.92
6	Titik 6	2.97	3.74

Hasil pengujian DCP menunjukkan bahwa nilai CBR pada lokasi penelitian memiliki variasi disetiap titik pengujian. Pada Titik 3 dan 4 diperoleh nilai CBR diatas minimum (>6%) yang menunjukkan bahwa daya dukung tanah pada segmen tersebut memiliki daya dukung tanah yang baik. Sebaliknya pada titik 1,2,5, dan 6 memperoleh nilai CBR dibawah minimum yang mengindikasikan bahwa daya dukung tanah pada segmen tersebut belum memenuhi persyaratan sebagai tanah subgrade yang baik.

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian sifat fisik tanah di laboratorium dan pengujian lapangan, dapat diambil Kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan hasil observasi lapangan dapat diketahui bahwa kerusakan yang paling banyak terjadi adalah penurunan jalan (Settlement). Penurunan permukaan jalan mengindikasikan bahwa lapisan tanah subgrade mengalami deformasi akibat tidak mampu menahan beban lalu lintas. Selain itu, adanya genangan air pada lokasi menunjukkan bahwa sistem drainase yang kurang baik sehingga menimbulkan genangan yang menyebabkan kadar air tanah meningkat dan mempercepat penurunan kekuatan tanah subgrade
- Hasil pengujian Dynamic Cone Penetrometer (DCP) menunjukkan bahwa nilai california bearing ratio (CBR) pada lokasi penelitian bervariasi pada setiap titik pengujian. Pada Titik 3 dan 4 diperoleh nilai CBR diatas minimum (>6%) yang menunjukkan bahwa daya dukung tanah pada segmen tersebut memiliki daya dukung tanah yang baik. Sebaliknya pada titik 1,2,5, dan 6 memperoleh nilai CBR dibawah minimum yang mengindikasikan bahwa daya dukung tanah pada segmen tersebut belum memenuhi persyaratan sebagai tanah subgrade yang baik.
- Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik tanah, tanah pada lokasi penelitian cenderung memiliki nilai kadar air dan indeks plastisitas yang cukup tinggi. Berdasarkan analisis hubungan antara sifat fisik tanah dengan daya dukung tanah, diketahui bahwa karakteristik tanah memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai CBR. Semakin tinggi kadar air dan indeks plastisitas yang dimiliki tanah, maka daya dukung tanah cenderung semakin rendah. Namun daya dukung tanah juga dapat dipengaruhi oleh faktor lainya seperti kepadatan pada tanah di lokasi penelitian.
- Kerusakan jalan pada ruas Jalan Padang–Solok Baru tidak hanya dipengaruhi oleh beban kendaraan yang melintas, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi tanah dasar yang memiliki daya dukung rendah, tingginya kadar air akibat sistem drainase yang kurang baik, serta variasi karakteristik tanah di sepanjang lokasi penelitian. Kombinasi faktor-faktor tersebut menyebabkan terjadinya deformasi pada lapisan perkerasan berupa gelombang dan penurunan permukaan jalan.
- Kerusakan jalan yang terjadi pada lokasi penelitian dipengaruhi oleh kondisi tanah dasar yang kurang baik diakibatkan oleh daya dukung tanah yang rendah, dan adanya genangan air sehingga kadar air tanah lapangan tinggi. kombinasi ini menyebabkan terjadinya deformasi pada lapisan perkerasan jalan.
- Berdasarkan hasil penelitian secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa kondisi tanah dasar pada beberapa segmen ruas Jalan Padang–Solok Baru belum sepenuhnya layak digunakan sebagai subgrade tanpa dilakukan upaya perbaikan. Oleh karena itu,

diperlukan penanganan seperti perbaikan sistem drainase, pemadatan ulang, stabilisasi tanah, atau metode perbaikan tanah lainnya agar daya dukung tanah meningkat dan kerusakan jalan dapat diminimalkan.

- Berdasarkan hasil obeservasi lapangan, kondisi kerusakan jalan tidak terjadi setiap segmen. Perbedaan tersebut sesuai dengan hasil pengujian DCP yang menunjukkan variasi besaran daya dukung tanah pada setiap titik pengujian.

Referensi

- Anonim. (2004). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/40785/uu-no-38-tahun-2004>.
- Afrizal (2021). Dampak Alih Fungsi Lahan Sawah Terhadap Ketahanan Pangan di Kota Padang.
- Akbar, Said Jalalul. (2013). Kajian Pengaruh Nilai CBR Subgrade Terhadap tebal Perkerasan Jalan (Studi Komparasi CBR Kecamatan Nisan Antara, Kecamatan Sawang dan Kecamatan Kuta Makmur). Teras Jurnal.
- Bowles, J. E. (1988). Foundation analysis and design (4th ed.). McGraw-Hill.
- Budhu, M. (2000). Soil mechanics and foundations. John Wiley & Sons.
- Climate Study (2021). Impacts of Land Cover Change on Climate Trend in Padang.
- Das, B. M. (1995). Principles of geotechnical engineering (Terj. Mekanika tanah). Jakarta: Erlangga.
- Fauizek, F., Rahmawati, R., & Mulyono, S. (Eds.). (2018). Dasar-dasar ilmu tanah. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.
- Gunawan, dkk. (2021). Korelasi Nilai CBR Laboratorium dan Nilai Dynamic Cone Penetrometer (DCP) Pada Tanah. Jurnal Rekayasa Sipil Universitas Lampung.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). Mekanika Tanah 1, Cetakan 1-Edisi 3. Gadjah Mada University Press.
- Ichwan. (2010, Januari). Kondisi tanah di Pulau Sumatera. Blog One-Geo. <https://one-geo.blogspot.com/2010/01/kondisi-tanah-pulau-sumatera.html>
- Latif, D. O., & Supriyono. (2021). Buku praktik Mekanika Tanah. Yogyakarta: UGM Press. https://books.google.com/books/about/Praktikum_mekanika_tanah.html?id=PXyEAAAQBAJ
- Muntaha, M., Syarifuddin, & Arifin, H. (2012). Ilmu tanah. Jakarta: Rajawali Pers.
- Niko, dkk. (2023). Analisis Dampak Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Debit Limpasan Permukaan. (Jurnal Pendidikan Tambusai).
- Jurnal Buana UNP (2022). Studi Perubahan Lahan dan Sistem Drainase Kota Padang.
- Journal System.Kementerian Pekerjaan Umum RI. (2010). Pedoman Cara Uji CBR dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP) (Surat Edaran Menteri PU No. 04/SE/M/2010). Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Rahmawati, Rima., & Maruman, Azahri. (2024). Studi Analisis Kinerja Jalan Raya Akibat Beban Lalu Lintas dan Faktor Lingkungan. Jurnal Teknik Sipil UBL (vol. 15, no. 2).
- Rizki (2020). Analisis Spasial Perubahan Lahan Pertanian ke Non-Pertanian.
- Sriharyani, L., Prasetyo, T., & Anwar, M. (2016). Ilmu tanah dasar. Semarang: UNDIP Press.
- Sugiyono. (2022). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Sukirman, S. (1999). Perkerasan lentur jalan raya. Jakarta: Nova.
- Wesley, L. D. (2010). Mekanika tanah untuk endapan dan tanah lunak. Yogyakarta: Andi.

- Badan Standardisasi Nasional. (2008a). SNI 1965:2008 – Cara uji kadar air tanah dan batuan di laboratorium. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008b). SNI 1967:2008 – Cara uji batas cair tanah. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008c). SNI 1966:2008 – Cara uji batas plastis dan indeks plastisitas tanah. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008d). SNI 1964:2008 – Cara uji berat jenis tanah. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008e). SNI 3423:2008 – Metode pengujian analisis saringan. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (1994). SNI 03-3637-1994 – Metode uji berat isi tanah berbutir halus. Jakarta: BSN.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2010). Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 04/SE/M/2010 tentang pedoman uji CBR dengan DCP. Jakarta: Kementerian PUPR. <https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/1034/manual-petunjuk-teknis-pengujian-tanah.pdf>