Jurnal Forum Teknik Sipil, Vol. 05 No.2 Tahun 2025, pp.58-65 P-ISSN : 2776-6102
E-ISSN : 2776-8155

# *Analisis Kepadatan Tanah Timbunan untuk Jalan Akses Proyek (Studi Kasus: Kabupaten Siak)*

*Soil Embankment Density Analysis for Project Access Road (Case Study: Siak Regency)*

**Miguel Felix Wijaya**[1*)], **Debora Lau**[2], **Alfadhella Ridwan**[3], **Nikmatul Fuadiz Zikri**[4], **Khairunnas**[5]

[1*]Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya 60294, Indonesia
[2]Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia
[3,4,5]Officer, PT. Geo Kreasi Mahakarya, Pekanbaru 28282, Indonesia

Article info:

Kata kunci:

Jalan Akses, Kadar Air, Kepadatan, Subgrade, Tanah Timbunan

Keywords:

*Access Road, Water Content, Density, Subgrade, Fill Soil*

Article history:
Received: 23-09-2025
Accepted: 30-09-2025

[*)]Koresponden email:
miguel_felix.ts@upnjatim.ac.id

**Abstrak**

Pembangunan infrastruktur jalan yang berkualitas merupakan aspek penting dalam mendukung konektivitas antarwilayah serta mendorong pertumbuhan ekonomi dan sosial masyarakat. Salah satu faktor utama yang menentukan mutu jalan adalah kondisi tanah dasar (subgrade) yang harus memiliki tingkat kepadatan sesuai standar teknis yang berlaku. Berdasarkan SNI 2828:2011, tanah dasar harus memenuhi persyaratan kepadatan minimal agar mampu menahan beban lalu lintas secara optimal dan mencegah terjadinya penurunan (settlement). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kepadatan tanah timbunan yang digunakan sebagai lapisan subgrade pada jalan akses menuju proyek di Kabupaten Siak. Pengujian dilakukan menggunakan metode **sand cone** untuk menentukan berat volume kering serta **speedy moisture tester** untuk mengetahui kadar air tanah, sesuai SNI 2828:2011 dan SNI 03-1965.1-2000. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh titik uji memenuhi persyaratan minimal 95% dengan rata-rata kepadatan sebesar 96,23%, berat volume kering maksimum 1,84 gr/cm³, dan kadar air optimum 10,74%. Dengan demikian, kondisi subgrade telah memenuhi spesifikasi teknis untuk tahap konstruksi berikutnya.

***Abstract***

*The development of high-quality road infrastructure plays a crucial role in enhancing regional connectivity and promoting economic and social growth. One of the key factors determining road performance is the condition of the subgrade soil, which must achieve the required compaction level according to technical standards. Based on SNI 2828:2011, the subgrade must meet the minimum compaction requirement to ensure adequate load-bearing capacity and prevent settlement or deformation. This study aims to analyze the compaction level of embankment soil used as the subgrade layer for a project access road in Siak Regency. The testing was carried out using the **sand cone** method to determine dry density and the **speedy moisture tester** to measure moisture content, referring to SNI 2828:2011 and SNI 03-1965.1-2000. The results show that all test points met the minimum 95% requirement, with an average compaction degree of 96.23%, a maximum dry density of 1.84 g/cm³, and an optimum moisture content of 10.74%. Thus, the subgrade condition is in accordance with the required specifications for subsequent construction stages.*

**Kutipan:** Diisi oleh Editor
Copy Right to J-ForTeks DOI :xxxxxxxxxxxxxx

## 1. Pendahuluan

Pembangunan jalan merupakan salah satu elemen penting dalam infrastruktur. Jalan yang baik tidak hanya meningkatkan aksesibilitas, tetapi juga berkontribusi pada pengembangan wilayah dan pertumbuhan ekonomi (Das, 2010). Kualitas jalan yang buruk dapat mengakibatkan kecelakaan, mengakibatkan waktu tempuh menjadi lebih lama, dan menambah biaya pemeliharaan. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa semua komponen yang membentuk jalan harus memenuhi standar yang diperlukan. Faktor penting lainnya dalam pembangunan jalan adalah kualitas tanah timbunan yang digunakan. Tanah timbunan harus memiliki kepadatan yang memadai untuk mendukung beban lalu lintas dan mencegah terjadinya penurunan atau kerusakan pada permukaan jalan (Holtz & Kovacs, 1981). Tanah yang tidak terpadatkan dengan baik dapat menyebabkan masalah struktural, seperti retak, penurunan, dan kegagalan total pada jalan (Siregar et al., 2021).

Pengujian *sandcone* adalah salah satu metode yang umum digunakan untuk menentukan kepadatan tanah di lapangan. Metode ini relatif sederhana dan memberikan hasil yang akurat sehingga banyak digunakan dalam proyek-proyek konstruksi (Fattah, 2018). Dengan menggunakan metode ini, dapat ditentukan bahwa tanah timbunan telah terpadatkan dengan baik dan memenuhi standar yang ditetapkan sebagai *subgrade* (Mahajana et al., 2025). Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian ditiga titik berbeda untuk menilai kualitas tanah timbunan yang digunakan dalam proyek jalan. Hasil dari pengujian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas tentang kondisi tanah timbunan dan membantu dalam pengambilan keputusan yang tepat untuk proyek pembangunan infrastruktur jalan yang lebih baik.

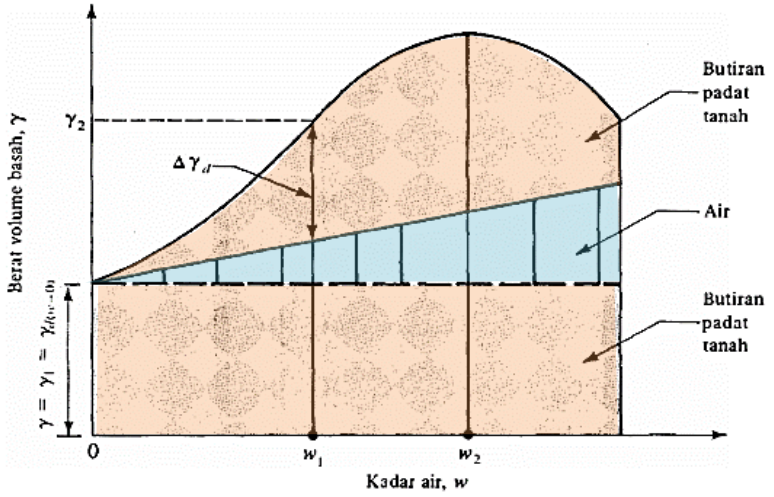
## 2. Tinjauan Pustaka

### *2.1. Kepadatan Tanah*

Kepadatan tanah merupakan parameter penting untuk menilai kualitas tanah dasar. Pemadatan yang optimal bertujuan untuk meningkatkan daya dukung tanah, mengurangi penurunan (*settlement*), dan meminimalkan permeabilitas (Trisnawati & Guntur, 2025). Menurut Bowles (1996), kepadatan tanah dipengaruhi oleh jenis tanah, kadar air, dan energi pemadatan. Pada proyek konstruksi jalan, nilai kepadatan yang dicapai sering dinyatakan dalam persen dari kepadatan kering maksimum yang diperoleh melalui uji laboratorium, seperti *Standard Proctor Test*.

### *2.2. Pemadatan Tanah untuk Konstruksi Jalan*

Pemadatan tanah pada konstruksi jalan berfungsi untuk menciptakan lapisan dasar yang stabil dan mampu menahan beban lalu lintas (Safrina et al., 2023). Hardiyatmo (2017) menjelaskan bahwa tingkat kepadatan minimal yang umumnya disyaratkan untuk *subgrade* jalan berkisar antara 90–95% dari kepadatan kering maksimum. Pemilihan alat pemadat (misalnya *sheep foot roller*, *vibratory roller*, atau *tandem roller*) bergantung pada jenis material dan kedalaman lapisan yang dipadatkan.




**Gambar 1.** Prinsip Pemadatan (Das, 2010).

Prinsip pemadatan untuk konstruksi jalan dapat dilihat pada Gambar 1 (Das, 2010). Pada awal pengujian, berat volume kering bertambah dengan ditambahnya kadar air. Pada kadar air nol, maka berat volume tanah basah sama dengan berat volume kering. Ketika kadar air perlahan ditambah (dengan pemdatan yang sama), maka berat butiran tanah padat per volume satuan juga bertambah. Pada kadar air lebih besar dari kadar air tertentu (saat kadar air optimum), maka kenaikan kadar air akan mengurangi berat volume keringnya. Hal tersebut dikarenakan air mengisi rongga pori yang sebelumnya diisi oleh butiran padat. Kadar air saat berat volume kering mencapai maksimum, maka disebut dengan kadar air optimum.

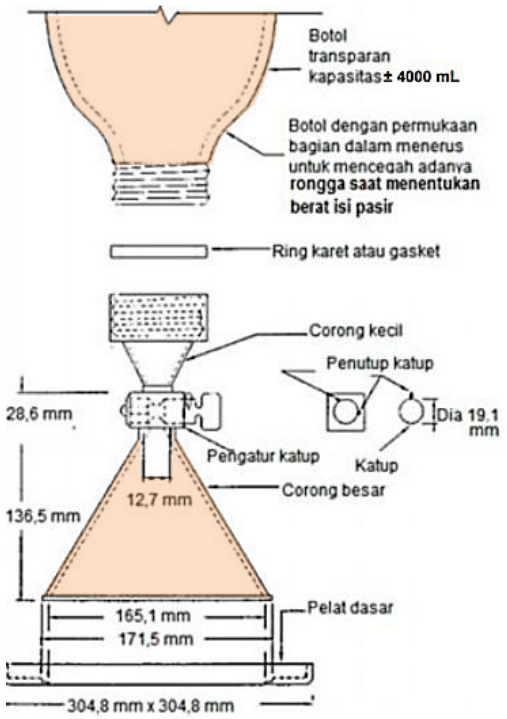
### *2.3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kepadatan Tanah Timbunan*

Menurut Holtz & Kovacs (1981), faktor-faktor utama yang memengaruhi kepadatan tanah antara lain sebagai berikut.

1. Jenis tanah, yaitu tanah berbutir halus (lempung, lanau) memiliki perilaku pemadatan yang berbeda dengan tanah berbutir kasar (pasir, kerikil).
2. Kadar air optimum, yaitu pemadatan paling efektif terjadi pada kadar air tertentu di mana gaya adhesi antarpartikel cukup untuk memudahkan pergeseran dan pengisian rongga.
3. Energi pemadatan, yaitu besarnya energi per satuan volume tanah menentukan tingkat kepadatan yang dapat dicapai.
4. Ketebalan lapisan timbunan, yaitu lapisan yang terlalu tebal akan mengurangi efektivitas pemadatan di bagian bawah.

### *2.4. Sandcone Test*

*Sandcone test* adalah metode pengujian kepadatan tanah di lapangan yang digunakan untuk menentukan kepadatan kering in-situ dari lapisan tanah yang telah dipadatkan. Prinsipnya adalah mengukur volume lubang galian pada tanah dengan mengisinya menggunakan pasir kering yang diketahui kepadatannya, lalu membandingkan dengan massa tanah yang diambil untuk mendapatkan nilai kepadatan lapangan (ASTM D1556/D1556M-15, 2015; SNI 2828:2011). Metode ini sering digunakan pada pekerjaan timbunan, terutama pada proyek jalan, untuk memastikan kepadatan lapangan sesuai spesifikasi. Hasilnya biasanya dinyatakan sebagai persentase kepadatan relatif terhadap *Standard Proctor Test* (Bowles, 1996; Das, 2010).




**Gambar 2.** Alat Uji Kepadatan Tanah di Lapangan (SNI 2828:2011).

Menurut SNI 2828:2011 dan ASTM D1556/D1556M-15, peralatan utama yang digunakan dalam pengujian dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut.

1. Botol dan kerucut pasir (*sandcone apparatus*).
2. Pasir standar kering dengan kepadatan diketahui.
3. Pelat dasar berlubang sesuai diameter kerucut.
4. Timbangan dengan ketelitian minimal 1 gram.

Berdasarkan SNI 2828:2011 dan ASTM D1556/D1556M-15, langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut.

1. Persiapan
   Tentukan lokasi titik uji di lapangan. Pastikan permukaan tanah rata dan bersih dari material lepas.
2. Penempatan Pelat Dasar
   Letakkan pelat dasar dengan lubang di tengah pada titik uji. Pastikan pelat tidak bergerak saat pengujian.
3. Penggalian Lubang
   Gali tanah melalui lubang pelat dasar hingga kedalaman sesuai ketebalan lapisan yang diuji. Simpan semua tanah yang digali di kantong plastik untuk penimbangan.
4. Pengisian dengan Pasir Standar
   Timbang alat kerucut pasir berisi pasir kering sebelum digunakan ($W_1$). Letakkan alat kerucut di atas pelat dasar dan buka katup untuk mengisi lubang dengan pasir hingga penuh. Tutup katup, lalu timbang alat kerucut dan pasir yang tersisa ($W_2$).
5. Perhitungan Volume Lubang
   Tentukan massa pasir yang digunakan ($M = W_1 - W_2$). Hitung volume lubang ($V = M/\rho_s$), di mana $\rho_s$ adalah kepadatan pasir standar.
6. Penentuan Kepadatan Kering Tanah
   Timbang massa tanah basah yang digali ($W_w$). Ambil sebagian sampel untuk menentukan kadar air (w) menggunakan oven. Hitung kepadatan kering in-situ ($\rho_d$).
7. Evaluasi
   Bandingkan nilai kepadatan kering lapangan dengan kepadatan kering maksimum dari Proctor Test untuk mendapatkan persentase pemadatan.

### *2.5. Speedy Moisture Tester*

Metode pengujian kadar air yang paling umum adalah metode *oven-drying*, tetapi metode ini memerlukan waktu yang relatif lama (minimal 24 jam), sehingga tidak praktis untuk pengendalian kualitas di lapangan yang membutuhkan hasil cepat. Sebagai alternatif, alat *Speedy Moisture Tester* (*Calcium Carbide Gas Pressure Tester*) dapat digunakan untuk menentukan kadar air tanah secara cepat. *Speedy Moisture Tester* bekerja berdasarkan reaksi antara air bebas pada sampel dan kalsium karbida (*calcium carbide*). Reaksi menghasilkan gas asetilena; tekanan gas yang terbentuk proporsional terhadap jumlah air bebas dalam sampel. Tekanan terukur dibaca pada dial/gauge yang dikalibrasi untuk menunjukkan persen kadar air berdasarkan berat basah. Sampel umumnya kecil (8 - 20 g tergantung model) dan pengadukan berlangsung beberapa menit sehingga pembacaan dapat dilakukan cepat di lapangan berdasarkan SNI 03-1965.1-2000.

## 3. Metode Pengujian

Pengambilan sampel tanah dari tiga titik uji (SC-01, SC-02 dan SC-03) dengan koordinat pada Tabel 1 di lokasi proyek dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Selanjutnya, dilakukan pengujian kepadatan menggunakan metode *Standard Proctor* untuk mendapatkan nilai *Maximum Dry Density* (MDD) dan *Optimum Moisture Content* (OMC) (ASTM D698-12, 2012). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik tanah yang akan digunakan sebagai timbunan. Setelah mendapatkan nilai MDD dan OMC, dilakukan pengujian *sandcone* untuk menentukan kepadatan kering tanah di lapangan. Pengujian *sandcone* dilakukan dengan cara menggali lubang pada lokasi pengujian, kemudian mengisi lubang tersebut dengan pasir dari alat *sandcon*e. Dari hasil pengujian ini, diperoleh nilai kepadatan kering, kandungan air, dan hasil pemadatan lapangan (Dumbleton, 1980).

**Gambar 3.** Titik Lokasi Pengujian.

**Gambar 4.** Pengujian di Lapangan (a) SC-01 (b) SC-02 (c) SC-03.

**Tabel 1.** Koordinat Titik Lokasi Pengujian.

| No | Titik Uji | Koordinat | |
|---|---|---|---|
| | | ***Easting* (E)** | ***Northing* (N)** |
| 1 | SC-01 | 754900.44 | 95365.33 |
| 2 | SC-02 | 754902.29 | 95373.99 |
| 3 | SC-03 | 754910.63 | 95392.99 |

## 4. Hasil dan Pembahasan

### *4.1. Hasil Pengujian*

Berdasarkan Tabel 2 hasil pengujian dapat dilihat bahwa semua titik uji menunjukkan nilai kepadatan kering yang cukup baik. Nilai *dry density* yang diperoleh berkisar antara 1.821 g/cc hingga 1.853 g/cc, yang semuanya berada di atas 95% dari MDD yang ditetapkan. Hasil ini menunjukkan bahwa tanah timbunan yang diuji memiliki kepadatan yang memadai untuk mendukung struktur jalan (Budhu, 2010).

**Tabel 2.** Hasil Pengujian *Sandcone*

| **Penentuan Volume Lubang Uji** | | Satuan | SC-01 | SC-02 | SC-03 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Massa alat yang diisi dengan pasir | g | 7080 | 7065 | 7060 |
| 2 | Massa alat dan pasir sisa | g | 2590 | 2590 | 2580 |
| 3 | Massa pasir di lubang, pelat, dan inti | g | 4490 | 4475 | 4480 |
| 4 | Massa pasir di kerucut dan pelat | g | 1451,5 | 1451,5 | 1451,5 |
| 5 | Massa pasir di lubang | g | 3038,50 | 3023,50 | 3028,50 |
| 6 | Kepadatan volume pasir | g/cc | 1,508 | 1,508 | 1,508 |
| 7 | Volume lubang uji | cc | 2015,11 | 2005,16 | 2008,48 |

| **Penentuan Kepadatan Basah** | | Satuan | SC-01 | SC-02 | SC-03 |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Massa tanah basah dari lubang + tare | g | 4155 | 4065 | 4052 |
| 9 | Massa tare | g | 5 | 5 | 5 |
| 10 | Massa tanah basah | g | 4150 | 4060 | 4047 |
| 11 | Kepadatan basah | g/cc | 2,059 | 2,024 | 2,015 |

| **Penentuan Kadar Air dan Kepadatan Kering** | | Satuan | SC-01 | SC-02 | SC-03 |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | tare no | g | 1 | 2 | 1 |
| 13 | Massa tare | g | 75 | 75 | 75 |
| 14 | Massa sampel basah ditambah tare | g | 125 | 125 | 130 |
| 15 | Massa sampel kering ditambah tare | g | 120 | 120 | 125 |
| 16 | Massa air dalam sampel | g | 5 | 5 | 5 |
| 17 | Massa tanah kering | g | 45 | 45 | 50 |
| 18 | Kandungan air | % | 11,11 | 11,11 | 10,00 |
| 19 | Kandungan air rata-rata | % | 11,11 | 11,11 | 10,00 |
| 20 | Kepadatan kering | g/cc | **1,853** | **1,821** | **1,831** |

| **Data Pemadatan** | | Satuan | SC-01 | SC-02 | SC-03 |
|---|---|---|---|---|---|
| 21 | Kepadatan maksimum dari uji pemadatan | g/cc | **1,907** | **1,907** | **1,907** |
| 22 | Kandungan air optimum dari uji pemadatan | % | **11,75** | **11,75** | **11,75** |

| **Persyaratan dan Hasil Uji Kepadatan** | | Satuan | SC-01 | SC-02 | SC-03 |
|---|---|---|---|---|---|
| 23 | Kepadatan relatif yang ditentukan | ± % | **95** | **95** | **95** |
| 24 | Hasil kepadatan lapangan | ± % | **97,19** | **95,49** | **96,01** |
| 25 | Kesimpulan | | **Memenuhi** | **Memenuhi** | **Memenuhi** |

*4.2. Hasil Perhitungan*

Pengujian *sandcone* ini memberikan informasi penting mengenai kondisi tanah timbunan. Pada titik uji SC-01, nilai kepadatan kering mencapai 1.853 g/cc dengan hasil pemadatan di lapangan sebesar 97.19%. Ini menunjukkan bahwa tanah pada titik ini telah terpadatkan dengan baik dan memenuhi syarat untuk digunakan dalam proyek jalan. Di titik uji SC-02, meskipun nilai kepadatan kering sedikit lebih rendah, yaitu 1.821 g/cc, hasil pemadatan lapangan sebesar 95.49% masih memenuhi syarat yang ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa tanah timbunan di lokasi ini juga memiliki kualitas yang baik, meskipun perlu diperhatikan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi kinerja tanah di lapangan (Sharma & Singh, 2014). Pada titik uji SC-03, nilai kepadatan kering sebesar 1.831 g/cc dan hasil pemadatan lapangan sebesar 96.01% menunjukkan bahwa tanah di lokasi ini juga memenuhi standar yang ditetapkan. Kandungan air yang terukur di titik ini adalah 10.00%, yang lebih rendah dibandingkan dengan titik uji lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa tanah di titik ini mungkin lebih kering, yang dapat mempengaruhi proses pemadatan. Rangkuman hasil perhitungan pada pengujian *sandcone* dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3.** Rangkuman Hasil Perhitungan pada Pegujian *Sandcone*

| **Titik Uji** | **Uji Proctor** | | **Uji Sandcone** | | | **Syarat Minimal 95% MDD** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **MDD (g/cc)** | **OMC (%)** | **Kepadatan Kering (g/cc)** | **Kadar Air (%)** | **Kepadatan Lapangan (%)** | |
| SC-01 | 1.907 | 11.75 | 1.853 | 11.11 | 97.19 | Memenuhi |
| SC-02 | 1.907 | 11.75 | 1.821 | 11.11 | 95.49 | Memenuhi |
| SC-03 | 1.907 | 11.75 | 1.831 | 10.00 | 96.01 | Memenuhi |

*4.3. Pembahasan*

Kepadatan tanah timbunan sangat berpengaruh terhadap kestabilan dan daya dukung jalan. Tanah yang tidak terpadatkan dengan baik dapat menyebabkan penurunan permukaan jalan, retak, dan kerusakan lainnya (Lambe & Whitman, 1969). Oleh karena itu, penting untuk melakukan pengujian yang akurat untuk memastikan bahwa tanah timbunan memenuhi syarat yang ditetapkan. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa penggunaan metode *sandcone* dapat diandalkan untuk menilai kualitas tanah timbunan. Selain itu, penting untuk mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti jenis tanah, kandungan air, dan metode pemadatan yang digunakan dalam proyek (Terzaghi & Peck, 1967). Pengujian lebih lanjut dapat dilakukan untuk memastikan konsistensi hasil dan kualitas tanah timbunan dalam kondisi yang berbeda.

## 5. Kesimpulan dan Saran

Hasil pengujian *sandcone* pada tanah timbunan menunjukkan bahwa semua titik uji memenuhi standar yang diperlukan untuk proyek jalan. Penggunaan metode ini terbukti efektif dalam menilai kualitas tanah timbunan dan memastikan bahwa tanah tersebut cukup terpadatkan untuk mendukung struktur jalan yang dibangun. Disarankan untuk melakukan pengujian lebih lanjut pada titik-titik lain dan dalam kondisi cuaca yang berbeda untuk memastikan konsistensi hasil dan kualitas tanah timbunan. Selain itu, penelitian lebih lanjut tentang pengaruh jenis tanah dan metode pemadatan terhadap kepadatan tanah timbunan juga perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas infrastruktur jalan.

**Ucapan terima kasih**

Terimakasih atas dukungan dari PT. Geo Kreasi Mahakarya untuk penerbitan ini, semoga jurnal ini dapat bermanfaat bagi siapapun untuk perkembangan ilmu, khususnya bidang geoteknik.

## Daftar Pustaka

ASTM D1556/D1556M-15. (2015). Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by Sand-Cone Method.

Bowles, J. E. (1996). Foundation Analysis and Design. McGraw-Hill.

Budhu, M. (2010). Soil Mechanics and Foundations. John Wiley & Sons.

Das, B. M. (2010). Principles of Geotechnical Engineering. Cengage Learning.

Dumbleton, M. J. (1980). The Use of Sand Cone Tests in the Field. Journal of Soil Mechanics and Foundations Engineering.

Fattah, I. R. (2018). Field Compaction Testing of Soil Using Sand Cone Method. International Journal of Engineering Research and Applications.

Hardiyatmo, H. C. (2017). Mekanika Tanah 1. Gadjah Mada University Press.

Holtz, R. D., & Kovacs, W. D. (1981). An Introduction to Geotechnical Engineering. Prentice Hall.

Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (1969). Soil Mechanics. Wiley.

Mahajana, A. N., Salim, A., Putra, I. N. D. P. (2025). Kepadatan Tanah Timbunan Menggunakan Metode Sand cone Pada Proyek Pembangunan Jalan Lintas Selatan (JLS) Lot 2 Bululawang – Sidomulyo – Tambakrejo. Jurnal Talenta Sipil Vol. 8(1).

Safrina, S., Wiqoyah, Q., Nuswantoro, D. (2023). Analisis Kepadatan Lapangan Menggunakan Uji Sand Cone pada Proyek Peningkatan Ruas Jalan Keyongan - Batas Kab.Sragen R.205. Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil: Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Sharma, H. D., & Singh, R. (2014). Soil Compaction: A Review. International Journal of Civil Engineering and Technology.

Siregar, R. D., Sarifah, J., Tanjung, D. (2021). Analisa Kepadatan Tanah Menggunakan Metode Sand Cone pada Pembangunan Relokasi Jalan Bendungan Lau Simeme Paket Ii Kab. Deli Serdang Sumatera Utara. Buletin Utama Teknik Vol. 16(2).

SNI 03-1965.1-2000. (2000). Metode Pengujian Kadar Air Tanah dengan Alat Speedy Test. Badan Standardisasi Nasional.

SNI 2828:2011. (2011). Metode Uji Densitas Tanah Di Tempat (Lapangan) dengan Alat Konus Pasir. Badan Standardisasi Nasional.

Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1967). Soil Mechanics in Engineering Practice. Wiley.

Trisnawati, L., Guntur, S. (2025). Analisis Kepadatan Lapangan Dengan Sand Cone pada Jalan Banteng Kabupaten Indragiri Hulu. Sainstek Vol. 13(1).