

ANALISIS KEPADATAN LAPANGAN MENGGUNAKAN METODA SAND CONE DIJALAN PERUMAHAN EKAJAYA PERMATA1 SICINCIN KOTA PAYAKUMBUH

HANIFAH ASNUR*, RIDHA SARI, RINI YUNITA, SUTRIA DESMAN

Teknik Sipil, Teknik, Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh, kota Payakumbuh, provinsi Sumatera Barat.

*Corresponding Author : ✉ hanifasya76@gmail.com

Naskah diterima : 12 Desember 2023. Disetujui: 21 Desember 2023. Diterbitkan : 30 Desember 2023

ABSTRAK

Setiap perumahan harus memiliki akses jalan yang memadai karena jalan adalah sarana transportasi umum yang digunakan oleh masyarakat untuk mendukung aktivitas sehari-hari. Infrastruktur jalan raya memudahkan transportasi dan memungkinkan orang untuk melakukan aktivitas. Lapisan pondasi jalan akan terjadi penurunan daya dukung tanah seiring dengan meningkatnya arus lalu lintas, karena struktur jalan menyalurkan beban ke seluruh lapisan di bawahnya dan menahan beban kendaraan yang lewat di atasnya. Dalam keadaan seperti ini, pembangunan jalan harus menjadi yang paling penting, dan data tentang tanah yang ada di lokasi harus dilakukan pengujian terlebih dahulu. Pada penelitian ini penulis mengambil jalan perumahan yang baru dibangun dan masih berupa lapisan perkerasan yang telah dipadatkan. Dengan membuat jalan ini, orang dapat lebih mudah mengakses transportasi dan merasa nyaman saat menggunakannya. Analisis kepadatan lapangan dilakukan di Jalan Perumahan Ekajaya Permata 1 Sicincin, Kota Payakumbuh. Metode sand cone atau uji kerucut pasir digunakan untuk menghitung derajat kepadatan tanah. Berbagai ukuran dihitung, termasuk berat isi pasir, berat isi tanah, kadar air, berat isi tanah kering, dan derajat kepadatan lapangan. Pengujian dilakukan pada sepuluh titik pada setiap jarak 25 meter. Kadar air tanah rata-rata adalah 7,73%. Menurut SNI 03-2008-1992, nilai derajat kepadatan tanah yang disarankan adalah 95%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa derajat kepadatan rata-rata lapangan sebesar 72,51%, Karena kepadatan tanah di lapangan belum memenuhi persyaratan kepadatan tanah sebesar 95%, maka perlu di tingkatkan lagi pemadatannya sampai memenuhi persyaratan kepadatan yang telah ditentukan.

Kata kunci : Sand cone, kepadatan tanah

1. PENDAHULUAN

Perumahan merupakan hal yang di butuhkan oleh masyarakat pada umumnya, setiap perumahan harus mempunyai akses jalan yang memadai karena Jalan adalah sarana

transportasi umum yang digunakan oleh masyarakat untuk mendukung aktivitas sehari-hari. Infrastruktur jalan raya berfungsi untuk memudahkan transportasi dan menghubungkan orang antara satu tempat ke tempat lainnya, memudahkan orang lokal untuk melakukan aktivitas. Dengan meningkatnya arus lalu lintas yang melintasi suatu jalan, lapis pondasi jalan mengalami penurunan terhadap daya dukung tanah, karena struktur jalan menahan beban kendaraan yang lewat di atasnya dan menyalurkan beban ke seluruh lapisan di bawahnya (Gandi, 2021). Dalam situasi seperti ini, pembangunan jalan harus menjadi yang paling penting, dan perlu dilakukan analisis data tentang tanah yang ada di lokasi.

Dalam konstruksi teknik sipil, tanah sangat penting, baik sebagai bahan konstruksi maupun sebagai pendukung beban. Tanah harus mampu menahan beban konstruksi yang ada di atasnya. Oleh karena itu, tanah harus memenuhi standar kualitas fisik dan teknis. Penyelidikan tanah dilakukan pada setiap proses pembangunan gedung, jembatan, dermaga, atau jalan. Ini dilakukan untuk memastikan bahwa bangunan tetap tegak dan kokoh sehingga tidak mengalami keruntuhan.

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat, atau butiran, material padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan organik yang telah melapuk, dan zat cair dan gas yang mengisi ruang kosong di antara partikel padat tersebut. Salah satu contoh pekerjaan pemadatan adalah pada tanah timbunan dimana pemadatan tanah dilakukan untuk mengetahui derajat kepadatan tanah hasil pemadatan. Pengujian kepadatan tanah di lapangan bisa dilakukan dengan menggunakan metode kerucut pasir (sand cone) (Siregar et al., 2021). Untuk mengetahui apakah pekerjaan pemadatan di lapangan sudah memenuhi standar yang disyaratkan berdasarkan SNI 03 -2828-1992 sebesar 95% . Perumahan ekajaya permata 1 merupakan perumahan yang baru dibangun dan kondisinya pada saat ini semua rumah telah dihuni oleh pemiliknya sementara jalan perumahannya masih timbunan yang sudah dipadatkan, oleh karena itu lokasi ini dipilih sebagai lokasi penelitian. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kepadatan tanah dilapangan dengan metoda sand cone di jalan perumahan tersebut.

1.1. Tanah

Tanah digunakan sebagai bahan dasar konstruksi, sifat fisik dan mekanik tanah sangat berbeda. Dengan adanya perilaku dari luar, sifat fisik tanah seperti kadar air, berat isi, dan berat jenisnya dapat diubah. Menurut Braja (1993), berbagai jenis tanah di permukaan bumi ini terdiri dari tiga bagian utama: butiran tanah (soil), dan ruang pori antar butiran (void) yang terisi air (water) atau udara (air). Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari beberapa zat alam yang terbentuk dari pelapukan. Dalam ilmu teknik sipil, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran), mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain, dan bahan-bahan organik yang telah melapuk (partikel padat), ditambah dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang (Adenora et al., 2021).

Sifat Fisis Tanah adalah : a. Berat Isi Tanah (γ_d), atau berat isi tanah yang masih mengandung air. Berat isi tanah basah (γ_d) adalah istilah untuk berat isi tanah dalam kondisi yang tidak mengandung air (SNI 03 – 2929 – 1992). b. Kadar Air Tanah (w): Kadar air tanah adalah perbandingan berat air di dalam tanah dengan berat tanah kering. pengukuran kadar air ini harus dilakukan di laboratorium sedangkan Sifat mekanis tanah adalah sifat tingkat struktur massa tanah yang dipengaruhi oleh gaya atau tekanan melalui teknik mekanis (Safrina et al., 2023).

1.2. Pemadatan Tanah

Pemadatan tanah adalah upaya untuk meningkatkan kerapatan tanah dengan menggunakan energi mekanis untuk memampatkan partikel. Mula-mula, proses pemadatan tanah dimulai dengan pengeringan, penambahan air, agregat (butir-butir), atau dengan penggunaan bahan stabilisasi seperti semen, gamping, abu batubara, atau bahan lainnya. Menggaruk, membajak, atau menggunakan mesin pencampur adalah beberapa metode yang dapat digunakan tergantung pada kondisi tanah. Mesin gilas, alat pemadat getaran, dan benda-benda yang dijatuhkan dapat memberikan energi pemadatan di lapangan. Pemadatan yang tepat menciptakan daya dukung yang dapat menahan beban yang bekerja padanya, "Pemadatan" adalah proses mengeluarkan udara dari pori-pori tanah melalui proses penghancuran, yang biasanya dilakukan di lapangan, dan ditumbuk atau dipukul di laboratorium (Revaldi et al., 2022).

Jenis tanah dan seberapa padat tanah dikerjakan adalah dua faktor lain yang dapat mempengaruhi kepadatan tanah yang dapat diperoleh dari tanah. Kadar air juga sangat mempengaruhi kepadatan tanah yang dapat diperoleh dari tanah (Sukarmi et al., 2023). Konstruksi jalan akan didukung dengan baik oleh lapis pondasi bawah yang memiliki kepadatan yang tinggi. Karena kekuatan pemadatan ini bergantung pada jumlah air yang ada, nilai kerapatan akhir pasti akan berbeda meskipun kekuatan pemadatan yang digunakan sama. Jika kadar air terlalu rendah, tanah akan lebih sulit untuk memadat, tetapi jika kadar air terlalu tinggi, nilai kerapatan akan turun hingga kadar air naik, sehingga pemadatan tidak dapat mengeluarkan air dari dalam tanah. Untuk mencapai kondisi terpadat (dengan rasio pori terendah) pada kadar air tertentu.

1.3. Sand Cone

Test sand cone mengacu pada standar ASTM D-1556 (ASTM, n.d.) (Saputro et al., 2020) digunakan untuk Memeriksa kepadatan lapangan pada lapisan perkerasan atau tanah. yang dipadatkan dengan menggunakan pasir ottawa sebagai parameter kepadatan tanah. Pasir ottawa harus kering, bersih, dan keras dan tidak mengandung bahan pengikat, sehingga tanah dapat mengalir bebas. Pasir ottawa yang digunakan lolos saringan nomor 10 dan tetap di saringan nomor 200 (Annas Fahlevi isma, 2023).

Metode ini hanya dapat digunakan pada lapisan atas tanah sekitar sepuluh hingga lima belas centimeter. Uji sand cone digunakan untuk mengukur kepadatan tanah di lapangan dan nilai berat isi kering dapat ditentukan dari perbandingan uji di lapangan dengan uji laboratorium untuk nilai kepadatan tanah minimal 95 % pada lapisan tanah atau perkerasan yang telah dipadatkan (Cisadane & Kawasan, 2023). Pengujian yang diuraikan hanya melibatkan butiran batuan dan tanah dengan diameter tidak lebih dari lima sentimeter. Dengan kata lain, kepadatan lapangan adalah berat kering persatuan isi. Pengujian sand cone ini memeriksa hubungan antara kadar air dan kepadatan contoh tanah. Kadar air tanah adalah konsentrasi air dalam tanah, yang biasanya ditunjukkan dalam bentuk persentase berat kering. Kadar air sangat mempengaruhi tingkat pemadatan yang dapat dicapai oleh suatu tanah.

2. METODA PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah metoda sand cone dengan persyaratan derajat kepadatan sesuai SNI 03-2828-1992. :

1. Persyaratan untuk pengujian: a. menentukan Lokasi titik uji; b. Tidak boleh dilakukan saat lokasi pengujian tergenang air; c. Pastikan tidak ada getaran selama pengujian; dan d. Nilai kepadatan rata-rata dihitung dengan dua angka di belakang koma.
2. Gunakan oven untuk pengujian kadar air
3. Pasir standar yang sesuai dengan persyaratan yang berlaku, yaitu pasir Ottawa yang bersih, keras, kering, dan dapat mengalir bebas.
4. Isi lubang dengan hati-hati agar pasir memadat dengan rata.
5. Berat jenis harus ditentukan sebelum menambahkan pasir jenis baru.

Adapun tahap-tahap pengujian dan rumusnya dalam sand cone adalah sebagai berikut :

A. Tahap Persiapan :

1. Berat volume kering pasir (γ_d pasir)
2. Berat pasir yang akan mengisi kerucut (W_c)

B. Tahap Pemeriksaan di lapangan

1. Berat tabung, kerucut logam dan pasir dalam botol mula-mula (W_1)
2. Gali lubang pada permukaan tanah timbunan yang telah dipadatkan.
3. Timbang berat tanah yang digali (W_2) dan periksa kadar airnya
4. Maka berat kering dari tanah dapat ditentukan (W_3) dengan rumus sebagai berikut :

$$W_3 = \frac{W_2}{1 + \frac{w(\%)}{100}}$$

5. Buka keran botol dan biarkan pasir mengisi seluruh lubang tanah
6. Timbang berat tabung, kerucut dan sisa pasir dalam botol (W_4)
7. Berat pasir yang mengisi lubang (W_5) atau bisa di dapatkan dengan rumus :

$$W_5 = W_1 - W_4$$

8. Cari volume lubang dengan rumus berikut :

$$V_{\text{Lubang}} = \frac{W_5 - W_c}{\gamma_d \text{ pasir}}$$

9. Dapatkan berat isi kering (γ_d) dengan rumus sebagai berikut :

$$\gamma_d = \frac{W_3}{V_{\text{Lubang}}}$$

10. Kepadatan tanah dilapangan (D) adalah perbandingan berat isi kering tanah lapangan dengan berat isi kering maksimum di laboratorium (Ikbal & Zhafirah, 2022)

$$D = \frac{\gamma_d \text{Lapangan}}{\gamma_d \text{Laboratorium}} \times 100\%$$

D = Derajat kepadatan tanah

$\gamma_d \text{Lapangan}$ = Berat volume kering lapangan

$\gamma_d \text{Laboratorium}$ = Berat volume kering laboratorium

2.1. Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian ini berlangsung selama tiga hari mulai dari tanggal 2 sampai 4 februari 2023. Pengujian lapangan dilakukan di Jalan Perumahan Ekajaya Permata I, Sicincin Kota Payakumbuh, Sampel tanah diambil dilapangan dan diuji di Laboratorium Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh.

2.2. Pengujian data lapangan

Untuk mengukur kepadatan tanah di lapangan, sampel diambil dari setiap lokasi dengan jarak pertitik 25 meter. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan menggali tanah urugan sedalam 10 cm dari permukaan plat pasir, dan kemudian diuji untuk mengetahui kepadatan tanah. Sebelum melakukan pengujian di lapangan, data harus tersedia, seperti berat pasir dalam botol dan berat pasir dalam corong, Adapun cara pelaksanaannya bisa dilihat dari gambar 1 dibawah ini :

1. Melakukan penimbangan botol pasir sebelum dituangkan



Gambar 1. Penimbangan botol pasir sebelum dituang

2. Lubangi area yang akan diuji, diameter lubang disesuaikan dengan plat besi, hasil galian disimpan diwadah untuk ditimbang dan diuji.



Gambar 2. Penggalian lubang

3. Letakan tabung sand cone dengan posisi terbalik, kemudian buka pengunci corongnya,



Gambar 3. Tabung sand cone dibalik

4. Setelah pasir tidak ada penurunan, kunci penutup sand cone, kemudian angkat dan timbang botol sand cone



Gambar 4.Penimbangan botol sand cone

5. Catat hasil pengujian tadi kemudian dihitung dengan rumus sand cone

2.3. Pengujian data laboratorium

Untuk mengetahui kepadatan kering maksimum di lapangan melalui pengovenan, hasil sampel tanah yang sudah diambil di lapangan kemudian diuji di laboratorium. Oven dipanaskan selama 24 jam pada suhu 110 derajat Celcius. Dalam penelitian ini, sepuluh titik sampel yang berbeda diambil untuk setiap 25 meter pada titik lokasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sesuai dengan SNI 03-2828-1992, hasil penelitian di lapangan dan laboratorium dikumpulkan, dan data disusun menjadi tabel dari derajat kepadatan tanah penelitian di jalan perumahan ekajaya permata I sicincin, Kota payakumbuh,. Derajat kepadatan tanah di lapangan harus sama atau lebih besar dari 95%.

Adapun hasil dari pengujian sand cone yang telah dilakukan dan analisisnya bisa dilihat dari table 1 dibawah ini :

Tabel 1. Hasil perhitungan Sand cone di 10 titik lokasi pengujian

No (Titik)	γ_d pasir	Wc	W1	W2	W3	W4	W5	wc (%)	Vlobang	γ_d	γ_d max	D (%)
1	1,5	1400	7500	3000	2578	2600	4900	0,82	2333	1,11	1,56	70,83
2	1,5	1400	7500	3500	2482	2400	5100	0,72	2467	1,01	1,56	64,50
3	1,5	1400	7500	3100	2579	2300	5200	0,80	2533	1,02	1,56	65,27
4	1,5	1400	7500	2800	2982	2100	5400	0,62	2667	1,12	1,56	71,67

No (Titik)	γ_d pasir	Wc	W1	W2	W3	W4	W5	wc (%)	Vlobang	γ_d	γ_d max	D (%)
5	1,5	1400	7500	2900	2182	3000	4500	0,82	2067	1,06	1,56	67,67
6	1,5	1400	7500	3200	2877	2800	4700	0,78	2200	1,31	1,56	83,83
7	1,5	1400	7500	2500	2480	3400	4100	0,81	1800	1,38	1,56	88,32
8	1,5	1400	7500	3000	2183	3200	4300	0,79	1933	1,13	1,56	72,37
9	1,5	1400	7500	2800	1984	3100	4400	0,80	2000	0,99	1,56	63,58
10	1,5	1400	7500	2300	2084	3500	4000	0,77	1733	1,20	1,56	77,07
Jumlah rata-rata								7,3				72,51

Menurut SNI 03-2828-1992, derajat kepadatan lapangan yang disarankan adalah 95%. Sementara dari data hasil pengujian menunjukkan bahwa, derajat kepadatan rata-ratanya adalah 72,51%, dan ini belum memenuhi persyaratan yang ditentukan. Oleh karena itu, kondisi lapangan harus ditingkatkan lagi pemadatannya sampai memenuhi persyaratan derajat kepadatan 95 %.

4. KESIMPULAN

Dari pengujian yang telah dilakukan bahwasanya kadar air tanah rata-rata sebesar 7,3%. Sementara untuk nilai derajat kepadatan lapangan dengan metode sand cone adalah 77,94 % dan masih kurang dari 95%. maka untuk itu, perlu ditingkatkan pemadatan tanah pada jalan perumahan ekajaya permata I sicincin kota payakumbuh untuk mendapatkan derajat kepadatan tanah 95 % yang disyaratkan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Adenora, N., Afriani, L., Iswan, & Putra, A. D. (2021). Perbandingan Nilai Derajat Kepadatan Tanah Metode Standard Proctor dengan Alat Uji Tekan Modifikasi dan Uji Sand Cone di Lapangan. *Jrsdd*, 9(4), 739–748.
- Annas Fahlevi isma. (2023). Analisa Lapis Pondasi Dengan Metode Sand Cone. *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, 4(1), 159–162. <https://doi.org/10.55616/jitu.v4i1.562>
- ASTM. (n.d.). *Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by Sand-Cone Method*. ASTM IP. https://www.astm.org/d1556_d1556m-15e01.html
- Cisadane, S., & Kawasan, D. I. (2023). ANALISA KEPADATAN TANAH MENGGUNAKAN SAND CONE PADA PENINGKATAN STRUKTUR JALAN DI PROYEK RANCANG DAN BANGUN JEMBATAN AKSES MELINTASI SUNGAI CISADANE DI KAWASAN PIK-2 EXTENTION Rizal Fathoni 1 , Aliem Sudjarmiko 2. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, 1–6.
- Gandi, V. F. S. S. (2021). Analisis Nilai Kepadatan Lapangan Dengan Sand Cone Test (Studi Kasus: Jalan Yos Sudarso kota Palangkaraya). *Info Teknik*, 22(1), 51–62.
- Ikkal, F. M., & Zhafirah, A. (2022). Evaluasi Kepadatan Tanah Timbunan dengan Sand Cone Test. *Jurnal Konstruksi*, 1, 228–233.
- Revaldi, Irfan, & Meidia Refiyanni. (2022). Analisa Ketebalan Perkerasan Pada Agregat Kelas B Dengan Kerucut Pasir Pada Ruas li Kegiatan Peningkatan Kapasitas Kontruksi Jalan Desa Lhok Buya-Lhok Bot. *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, 3(2), 132–139. <https://doi.org/10.55616/jitu.v3i2.368>
- 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 2023 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, 355–360.
- Saputro, Y. A., Umam, K., & Fauziah, S. (2020). Analisis Sandcone Test (AASHTO T 191 dan ASTM D 1556 64) Pada Peningkatan Jalan Jepara – Kedungmalang – Pecangaan. *Reviews in Civil Engineering*, 4(2), 41–46. <https://doi.org/10.31002/rice.v4i2.2921>
- 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*, 16(2), 157–162.
- Sukarmi, S., Djamluddin, R., & Amir, A. (2023). Analisis Kepadatan Lapis Pondasi Kelas B Menggunakan Metode Sand Cone AASHTO 191-96 (Study Kasus Peningkatan Struktur Jalan Kabu Tunong-Cot Gud). 10(1), 33–36. <https://doi.org/10.21063/JTS.2023.V1001.033-36>
- Adenora, N., Afriani, L., Iswan, & Putra, A. D. (2021). Perbandingan Nilai Derajat Kepadatan Tanah Metode Standard Proctor dengan Alat Uji Tekan Modikasi dan Uji Sand Cone di Lapangan. *Jrsdd*, 9(4), 739–748.
- Annas Fahlevi isma. (2023). Analisa Lapis Pondasi Dengan Metode Sand Cone. *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, 4(1), 159–162. <https://doi.org/10.55616/jitu.v4i1.562>
- ASTM. (n.d.). *Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by Sand-Cone Method*. ASTM IP. https://www.astm.org/d1556_d1556m-15e01.html
- Cisadane, S., & Kawasan, D. I. (2023). ANALISA KEPADATAN TANAH MENGGUNAKAN SAND CONE PADA PENINGKATAN STRUKTUR JALAN DI PROYEK RANCANG DAN BANGUN JEMBATAN AKSES MELINTASI SUNGAI CISADANE DI KAWASAN PIK-2 EXTENTION Rizal Fathoni 1 , Aliem Sudjatmiko 2. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, 1–6.
- Gandi, V. F. S. S. (2021). Analisis Nilai Kepadatan Lapangan Dengan Sand Cone Test (Studi Kasus: Jalan Yos Sudarso kota Palangkaraya). *Info Teknik*, 22(1), 51–62.
- Ikbal, F. M., & Zhafirah, A. (2022). Evaluasi Kepadatan Tanah Timbunan dengan Sand Cone Test. *Jurnal Konstruksi*, 1, 228–233.
- Revaldi, Irfan, & Meidia Refiyanni. (2022). Analisa Ketebalan Perkerasan Pada Agregat Kelas B Dengan Kerucut Pasir Pada Ruas li Kegiatan Peningkatan Kapasitas Kontruksi Jalan Desa Lhok Buya-Lhok Bot. *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, 3(2), 132–139. <https://doi.org/10.55616/jitu.v3i2.368>
- 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 2023 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 355–360.
- Saputro, Y. A., Umam, K., & Fauziah, S. (2020). Analisis Sandcone Test (AASHTO T 191 dan ASTM D 1556 64) Pada Peningkatan Jalan Jepara – Kedungmalang – Pecangaan. *Reviews in Civil Engineering*, 4(2), 41–46. <https://doi.org/10.31002/rice.v4i2.2921>
- 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*, 16(2), 157–162.
- Sukarmi, S., Djamluddin, R., & Amir, A. (2023). Analisis Kepadatan Lapis Pondasi Kelas B Menggunakan Metode Sand Cone AASHTO 191-96 (Study Kasus Peningkatan Struktur Jalan Kabu Tunong-Cot Gud). 10(1), 33–36. <https://doi.org/10.21063/JTS.2023.V1001.033-36>