

TUGAS AKHIR

EVALUASI NILAI UJI SAND CONE PADA PROYEK JALAN TOL SOLO – YOGYAKARTA – NYIA KULON PROGO SEKSI PAKET 1.1 : SOLO - KLATEN (STA 00+000 – STA 22 +300)

Disusun untuk memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Islam Agung

Semarang



Disusun oleh:

CHOLID AS'SIDQI MAJID

30201700051

M.YUSUF AKHSAN

30201700131

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS ISLAM
SULTAN AGUNG SEMARANG**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

EVALUASI NILAI UJI SAND CONE PADA PROYEK JALAN TOL SOLO –
YOGYAKARTA – NYIA KULON PROGO SEKSI PAKET 1.1 : SOLO -
KLATEN (STA 00+000 – STA 22 +300)



Cholid Assidqi Majid
NIM : 30201700051



M. Yusuf Akhsan
NIM : 30201700131

Telah disetujui oleh dan disahkan di Semarang, Agustus 2024 :

No.	Tim Penguji	Tanda Tangan
1.	Lisa Fitriyana ST., M.Eng NIDN : 0631128901	
2.	Muhammad Rusli Ahyar ST., M.Eng NIDN : 0625059102	
3.	Dr. Juny Andry Sulistiyo, ST, MT NIDN : 0611118903	

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN : 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No. : ...39.../A...2.../SA...T.../V.../2024

Pada hari ini tanggal Agustus 2024 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Lisa Fitriyana, ST.,M.Eng
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Muhammad Rusli Ahyar, ST.,M.Eng
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut dibawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Cholid Assidqi Majid	Muhammad Yusuf Ahsan
NIM : 30201700051	NIM : 30201700131

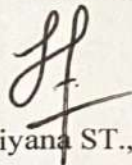
Judul : Evaluasi Nilai Uji Sand Cone Pada Proyek Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA
Kulon Progo Seksi Paket 1.1 : Solo – Klaten (STA 00+000 – STA 22+300).

Dengan Tahapan Sebagai Berikut :

No.	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1.	Penunjukan Dosen Pembimbing	05/06/2024	ACC
2.	Seminar Proposal	22/07/2024	ACC
3.	Pengumpulan Data	25/07/2024	ACC
4.	Analisis Data	30/07/2024	ACC
5.	Penyusunan Laporan	12/08/2024	ACC
6.	Selesai Laporan	15/08/2024	ACC

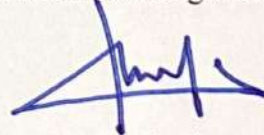
Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan.

Dosen Pembimbing Utama



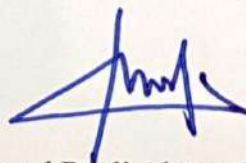
Lisa Fitriyana ST.,M.Eng

Dosen Pembimbing Pendamping



Muhammad Rusli Ahyar ST.,M.Eng

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhammad Rusli Ahyar, ST.,M.Eng

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

1. Nama : Cholid As'sidqi Majid
NIM : 30201700051
2. Nama : Muhammad Yusuf Akhsan
NIM : 30201700131

Dengan ini menyatakan Bahwa Tugas Akhir yang berjudul "Evaluasi Nilai Uji Sand Cone Pada Proyek Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Seksi Paket 1.1 : Solo – Klaten (STA 00+000 – STA 22+300)" benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pertanyaan ini saya buat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 15 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan 1,

Yang membuat pernyataan ini 2,

Cholid Assidqi Majid
30201700051



Muhammad Yusuf Akhsan
30201700131

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Cholid Assidqi Majid (30201700051)
Muhammad Yusuf Akhsan (30201700131)
Judul Tugas Akhir : Evaluasi Nilai Uji Sand Cone Pada Proyek Jalan Tol
Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Seksi Paket
1.1 : Solo – Klaten (STA 00+000 – STA 22+300)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasi sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Semarang, 15 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan 1, Yang membuat pernyataan ini 2,

Cholid Assidqi Majid
30201700051



Muhammad Yusuf Akhsan
30201700131

MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ
نَهُمُ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ الْفَاسِقُونَ ۖ بِاللَّهِ ۖ وَلَوْ آمَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ ۚ م

“Kalian adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang-orang yang fasik.” (Q.S. Ali Imraan: 110)

كَمْ تَنْفَقُونَ ۗ ا كُتِبَ عَلَى الَّذِينَ مِنْ قَبْلِكُمْ لَعَلَّ َيَأْتِيهَا الَّذِينَ آمَنُوا كُتِبَ عَلَيْكُمُ الصِّيَامُ كَمْ

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Dia mendapat (pahala) dari (kebajikan) yang dikerjakannya dan dia mendapat (siksa) dari (kejahatan) yang diperbuatnya. (Mereka berdoa), “Ya Tuhan kami, janganlah Engkau hukum kami jika kami lupa atau kami melakukan kesalahan. Ya Tuhan kami, janganlah Engkau bebani kami dengan beban yang berat sebagaimana Engkau bebani orang-orang sebelum kami. Ya Tuhan kami, janganlah Engkau pikulkan kepada kami apa yang tidak sanggup kami memikulnya. Maafkanlah kami, ampunilah kami, dan rahmatilah kami. Engkaulah pelindung kami, maka tolonglah kami menghadapi orang-orang kafir.”

(Q.S Al Baqarah : 286)

م بَرَكَاتٍ مِّنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ وَلَكِنْ كَذَّبُوا ۖ وَلَوْ أَنَّ أَهْلَ الْفُرَىٰ آمَنُوا وَاتَّقَوْا لَفَتَحْنَا عَلَيْهِ
فَأَخَذْنَاهُمْ بِمَا كَانُوا يَكْسِبُونَ

“ Dan Sekiranya penduduk negeri-negeri beriman dan bertakwa, niscaya Kami akan membukakan untuk mereka berbagai keberkahan dari langit dan bumi. Akan tetapi, mereka mendustakan (para rasul dan ayat-ayat Kami). Maka, Kami menyiksa mereka disebabkan oleh apa yang selalu mereka kerjakan. ”

(Q.S Al A'raf : 96)

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut asma Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, segala puja dan puji syukur bagi Allah Subhanahu Wa ta'ala yang melimpahkan atas Rahmat, Taufiq, dan Hidayah Nya, kami telah dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “EVALUASI NILAI UJI SAND CONE PADA PROYEK JALAN TOL SOLO – YOGYAKARTA – NYIA KULON PROGO (STA 0+000 – STA 22+300)”.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terwujud atas pertolongan Allah Tuhan Yang Maha Penolong dan atas bantuan serta dukungan beberapa pihak. Untuk itu ingin mengucapkan terima kasih kepada kepada:

1. Kedua orang tua yang kami sayangi dan cintai, untuk semua doa, motivasi dukungan dan semangat yang selalu ada selama penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Ibu Lisa Fitriyana, ST.,M.Eng, yang telah membimbing kami sepenuh hati untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat dan sangat berguna selama saya menuntut ilmu di Fakultas Teknik UNISSULA.
4. Untuk teman-teman Angkatan 2017 Fakultas Teknik UNISSULA khusus Sedulur Sipil A 2017 yang selalu menghibur saat kesusahan dalam penyusunan laporan ini dengan memberikan dukungan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
5. Sahabat – sahabat saya Rama Bagaskara, Yogi Kurniawan , Reza Harinur Prasetya , Budi Haryono, Inkaana Bi Haqqi yang telah membantu dan memberikan saya dorongan motivasi selama ini.

Terimakasih telah memberikan ruang, waktu, bantuan serta kelongaran untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga laporan ini bermanfaat bagi diri kami pada khususnya dan semua pihak yang memerlukan pada umumnya.

Cholid Assidqi Majid / Muhammad Yusuf Ahsan

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “ EVALUASI NILAI UJI SAND CONE PADA PROYEK JALAN TOL SOLO – YOGYAKARTA – NYIA KULON PROGO (STA 0+000 – STA 22+300)“ guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, banyak kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ibu Lisa Fitriyana, ST.,M.Eng. Selaku dosen pembimbing utama yang selalu memberikan waktu bimbingan – bimbingan dan arahan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak M. Rusli Ahyar, ST.,M.Eng Selaku dosen pembimbing pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan – bimbingan dan arahan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Seluruh Dosen Program studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Semarang, 15 Agustus 2024

Cholid Assidqi Majid / Muhammad Yusuf Akhsan

EVALUASI NILAI UJI SAND CONE PADA PROYEK JALAN TOL SOLO – YOGYAKARTA – NYIA KULON PROGO

Abstrak

Dalam pelaksanaan pekerjaan timbunan sangat penting sekali dilakukan uji kepadatan tanah. Uji kepadatan di lapangan yaitu uji *sand cone* dilakukan pada proyek pembangunan jalan tol Solo-Jogja. Studi ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk mengetahui kepadatan lapisan tanah *subgrade* sebagai pondasi jalan.

Metode pengujian pada penelitian yaitu eksperimen di lapangan (uji *sand cone*). Pelaksanaan uji *sand cone* dilakukan di beberapa titik lokasi sepanjang jalur proyek. Analisis data pada penelitian ini dengan melakukan evaluasi hasil uji *sand cone* di lapangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *sand cone* merupakan indikator yang berguna dalam mengevaluasi kualitas tanah dan efisiensi konstruksi.

Kata Kunci : *Sand Cone*; Kepadatan Lapisan Tanah; Kualitas Tanah dan Efisiensi Konstruksi.

EVALUASI NILAI UJI SAND CONE PADA PROYEK JALAN TOL SOLO – YOGYAKARTA – NYIA KULON PROGO

Abstract

In carrying out embankment work, it is very important to carry out a soil density test. The density test in the field, namely the sand cone test, was carried out on the Solo-Jogja toll road construction project. It is hoped that this study will provide benefits for determining the density of the subgrade soil layer as a road foundation.

The testing method in the research is field experiments (sand cone test). The sand cone test was carried out at several locations along the project route. Data analysis in this research was carried out by evaluating the sand cone test results in the field.

The research results show that the sand cone value is a useful indicator in evaluating soil quality and construction efficiency.

Keywords : Sand Cone; Soil Layer Density; Soil Quality and Construction Efficiency

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Definisi dan Klasifikasi Jalan	4
2.2 Pemadatan Tanah	5
2.2.1 Alat Pemadatan	6
2.2.2 Fungsi Pemadatan Tanah	7
2.2.3 Sand Cone	8

BAB III METODE PENELITIAN	11
3.1 Pendahuluan.....	11
3.2 Studi Literatur	11
3.3 Pengumpulan Data	11
3.4 Pelaksanaan Pengujian	11
3.4.1 Uji Sand Cone	11
3.4.1.11 Alat Uji Sand Cone	11
3.5 Analisa Data.....	13
3.6 Diagram Alir	14
3.7 Kesimpulan Dan Saran	14
3.8 Pembuatan Laporan.....	14
3.9 Metode Analisis	15
BAB IV.....	16
EVALUASI DAN HASIL PEMBAHASAN	16
4.1 Data Penelitian	16
4.1.01 Evaluasi Data Uji Penelitian Sand Cone Test	16
4.2 Hasil Pengujian Uji <i>Sand Cone</i>	16
4.2.1 Perhitungan Titik STA 17+125	18
4.2.2 Perhitungan Titik STA 17+175	20
4.2.3 Perhitungan Titik STA 17+330	22
4.2.4 Perhitungan Titik STA 17+380	24
4.2.5 Perhitungan Titik STA 17+525	26
4.2.6 Perhitungan Titik STA 17+575	28
4.2.7 Perhitungan Titik STA 17+825	30
4.2.6 Perhitungan Titik STA 17+875	32
4.2.8 Perhitungan Titik STA 17+130	34
4.2.9 Perhitungan Titik STA 17+180	36
4.2.10 Perhitungan Titik STA 17+320	38
4.2.11 Perhitungan Titik STA 17+370	40
4.2.12 Perhitungan Titik STA 17+515	42
4.2.13 Perhitungan Titik STA 17+565	44
4.2.14 Perhitungan Titik STA 17+820	46

4.2.15 Perhitungan Titik STA 17+870.....	48
4.3 Pembahasan Penelitian.....	50
BAB V.....	52
PENUTUP.....	52
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN.....	56



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Perhitungan STA 17+125.....	(18)
Tabel 4.2 Perhitungan STA 17+175.....	(20)
Tabel 4.3 Perhitungan STA 17+125.....	(22)
Tabel 4.4 Perhitungan STA 17+175.....	(24)
Tabel 4.5 Perhitungan STA 17+330.....	(26)
Tabel 4.6 Perhitungan STA 17+380.....	(28)
Tabel 4.7 Perhitungan STA 17+525.....	(30)
Tabel 4.8 Perhitungan STA 17+575.....	(32)
Tabel 4.9 Perhitungan STA 17+130.....	(34)
Tabel 4.10 Perhitungan STA 17+180.....	(36)
Tabel 4.11 Perhitungan STA 17+320.....	(38)
Tabel 4.12 Perhitungan STA 17+370.....	(40)
Tabel 4.13 Perhitungan STA 17+515.....	(42)
Tabel 4.14 Perhitungan STA 17+565.....	(44)
Tabel 4.15 Perhitungan STA 17+820.....	(46)
Tabel 4.16 Perhitungan STA 17+870.....	(48)
Tabel 4.17 Hasil kepadatan lapangan.....	(50)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Alat uji densitas tanah dengan konus pasir.....	13
Gambar 4.1 Titik pengujian.....	17
Gambar 4.2 Kurva Perhitungan STA.....	51
Gambar 4.3 Kurva Perhitungan STA.....	51



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi memegang peranan penting sebagai sarana pergerakan manusia dari satu tempat ke tempat lain untuk mengerjakan banyak kegiatan dalam kehidupan sehari-hari. Transportasi yang baik akan memberikan dampak positif terhadap perkembangan ekonomi, sosial budaya dan politik Indonesia. Jalan merupakan sarana transportasi yang paling banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia untuk melakukan mobilitas keseharian, dengan meningkatnya arus kendaraan yang melewati suatu ruas jalan maka akan mempengaruhi daya dukung tanah sebagai lapisan pondasi jalan tersebut.

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat-sifat daya dukung tanah itu sendiri, dimana agar konstruksi jalan dapat melayani arus lalu lintas sesuai dengan umur rencana, maka perlu diadakan perencanaan perkerasan yang baik, karena dengan begitu konstruksi perkerasan jalan mampu memikul beban kendaraan yang melintas di atasnya dan menyebarkan beban tersebut ke lapisan-lapisan di bawahnya, termasuk tanah dasar, tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri.

Dalam perencanaan suatu konstruksi jalan harus mampu menerima beban dari semua tekanan dan muatan yang disebabkan oleh lalu lintas yang ada di atasnya. Beban lalu lintas yang mengenai lapisan permukaan jalan akan di distribusikan ke lapisan – lapisan di bawahnya. Karena sifat gaya tersebut makin ke bawah makin menyebar, maka makin ke bawah, beban yang diterima makin kecil sehingga persyaratan material untuk lapisan bawah lebih ringan dibandingkan dengan lapisan di atasnya. Berdasarkan prinsip teori penyebaran muatan, maka konstruksi jalan dibuat atas beberapa lapisan yang terdiri dari tanah dasar (*subgrade*), lapisan pondasi bawah (*subbase course*), lapisan pondasi atas (*base course*), dan lapisan permukaan (*surface course*). Dalam hal ini, pengolahan data yang dilakukan adalah terhadap lapisan

pondasi bawah (*subbase course*), dimana penelitian yang dilakukan yaitu dengan pengujian dengan nilai *Sand Cone* di lapangan.

Untuk mengetahui kepadatan di lapangan dari suatu lapisan perkerasan pada pembangunan jalan Tol Sta. 17+000 sampai dengan Sta 18+000, Desa Karangnom Kecamatan Karangnom Kabupaten Klaten, tepatnya 8,3 km dari Ibu Kota Kabupaten Klaten perlu dilakukn uji *sand cone* di lapangan. Tujuan uji sand cone di lapangan untuk memperoleh angka kepadatan lapangan (γ_d). Nilai *Sand Cone* maksimum untuk suatu jenis material dicapai bila material tersebut cukup padat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diambil dari latar belakang tersebut di atas adalah :

1. Bagaimana menganalisis nilai kepadatan tanah *main road* di lapangan?
2. Bagaimana mengevaluasi data hasil pemadatan tanah dengan uji *sand cone* di lapangan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis nilai kepadatan tanah di lapangan.
2. Mengevaluasi hasil pemadatan tanah di lapangan

1.4 Batasan Masalah

Supaya penelitian dapat terarah dan tidak meluas, maka dalam penelitian ini dibatasi dengan lingkup sebagai berikut :

- a) Penelitian dilakukan pada proyek jalan tol Solo – Yogyakarta – Nyia Kulon Progo pada STA 17+000 - STA 18+000, Desa Karangnom Kec. Karangnom Kab. Klaten.
- b) Penelitian pemadatan dilakukan dengan metode *Sand Cone* (di lapangan).
- c) Pengujian *Sand Cone* dilakukan setiap ketebalan 15 cm, dengan jarak antara titik *sand cone* 50 m.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui hasil pengujian uji *sand cone* berdasarkan pada SNI 03 – 2828 – 1992.
2. Mengevaluasi hasil pengujian *sand cone* di lapangan

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini disajikan dengan rincian sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang landasan teori dari penelitian yang telah dilaksanakan sebelumnya yang memiliki hubungan dengan tema penelitian dan dasar – dasar teori yang mendukung penelitian yang dilaksanakan.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang metode penelitian, prosedur penelitian, alat penelitian dan diagram alur penelitian.

BAB IV : ANALISIS DATA DAN PERHITUNGAN DATA

Menampilkan berbagai data hasil survei dan menjelaskan tentang pengolahan data hasil survei sebelum memasuki tahapan analisis perhitungan data dan menjelaskan secara rinci hasil analisis data pengamatan dan pembahasan hasil survei data.

BAB V : PENUTUP

Memberikan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi dan Klasifikasi Jalan

Jalan tol adalah jenis jalan yang dirancang khusus untuk lalu lintas cepat dan efisien antara lokasi-lokasi penting, seperti kota besar, bandara, pelabuhan, atau pusat industri. Jalan tol memiliki pengaturan akses yang terbatas, artinya akses masuk dan keluar dari jalan tol hanya dapat dilakukan melalui ramp atau gerbang tol yang disediakan secara khusus. Ini bertujuan untuk mempertahankan kecepatan dan keamanan lalu lintas. Desain dan Konstruksi Jalan tol biasanya dibangun dengan standar yang tinggi dan menggunakan material yang tahan lama seperti beton atau aspal. Permukaannya diratakan dan dilengkapi dengan marking yang jelas untuk memfasilitasi navigasi pengemudi. Pembatas dan Separator Jalan tol seringkali dilengkapi dengan pembatas atau median yang memisahkan arus lalu lintas berlawanan, sehingga mengurangi risiko kecelakaan dan meningkatkan keamanan. Biaya penggunaan untuk menggunakan jalan tol, pengguna harus membayar tol sesuai dengan jarak yang ditempuh atau jenis kendaraan yang digunakan. Pendapatan dari tol biasanya digunakan untuk pemeliharaan, perbaikan, dan pengembangan jalan tol tersebut. Kecepatan batas kecepatan maksimum di jalan tol biasanya lebih tinggi dibandingkan dengan jalan raya biasa, seperti 100-120 km/jam atau lebih, tergantung pada regulasi dan kondisi jalan. Pengaturan dan Operasi jalan tol umumnya dikelola oleh badan otoritas khusus atau perusahaan yang bertanggung jawab atas pemeliharaan, kebersihan, keamanan, dan pengoperasiannya.

Jalan tol sangat penting dalam mendukung mobilitas dan pertumbuhan ekonomi suatu wilayah, karena memungkinkan transportasi yang lebih cepat dan efisien antara lokasi-lokasi penting.

Klasifikasi jalan tol umumnya dilakukan berdasarkan beberapa faktor utama, termasuk ukuran, kecepatan, dan jenis lalu lintas yang diakomodasi. Berikut ini adalah beberapa klasifikasi jalan tol yang umum digunakan :

Berdasarkan Jumlah Lajur Jalan Tol Dua Lajur (*Two-lane expressway*) yaitu Jalan tol dengan satu lajur per arah dan jalan Tol Empat Lajur (*Four-lane expressway*) yaitu Jalan tol dengan dua lajur per arah.

Berdasarkan Kecepatan Maksimum jalan tol Standar (*Standard expressway*) yaitu Batas kecepatan maksimum umumnya antara 100-120 km/jam. Dan jalan tol Cepat (*High-speed expressway*) yaitu jalan tol dengan batas kecepatan maksimum yang lebih tinggi dari standar, sering kali 120 km/jam atau lebih.

Berdasarkan Fungsionalitas dan Penggunaan jalan tol utama (*Primary expressway*) yaitu Jalan tol utama yang menghubungkan kota besar atau memiliki peran strategis dalam sistem jalan raya nasional. Dan jalan tol akses (*Access expressway*) yaitu jalan tol yang memberikan akses langsung ke kota-kota atau area industri tertentu.

Berdasarkan keamanan dan kendali akses jalan tol terbatas akses (*Limited-access expressway*) yaitu jalan tol dengan akses yang terbatas melalui ramp khusus, tidak ada persilangan pada permukaan jalan. Dan jalan tol non terbatas akses (*Full-access expressway*) yaitu jalan tol yang memungkinkan akses langsung dari properti dan jalan lainnya tanpa perlu melewati *ramp* khusus.

Berdasarkan Perawatan dan Pengelolaan :

Jalan tol swasta (*Private expressway*) yaitu Jalan tol yang dimiliki dan dioperasikan oleh perusahaan swasta. Dan Jalan tol publik (*Public expressway*) yaitu Jalan tol yang dimiliki dan dioperasikan oleh pemerintah atau badan pemerintah setempat.

Setiap negara atau wilayah dapat memiliki sistem klasifikasi yang berbeda-beda tergantung pada regulasi, kebutuhan transportasi, dan kondisi geografisnya. Klasifikasi ini membantu dalam perencanaan, pengelolaan, dan pengembangan infrastruktur jalan tol untuk memenuhi kebutuhan lalu lintas dan keamanan pengguna jalan.

2.2 Pemadatan Tanah

Pemadatan tanah adalah proses dimana tekanan diterapkan ke tanah agar rongga udara dalam tanah berkurang sehingga kerapatan tanah

bertambah.

Proses ini penting dalam proyek konstruksi seperti pembangunan jalan raya, untuk memastikan stabilitas dan kekuatan struktur yang akan dibangun di atasnya, Berikut adalah tahapan dari proses pemadatan tanah :

1. Persiapan Tanah
2. Pemilihan Peralatan
3. Proses Pemadatan

2.2.1 Alat Pemadatan

1. Pemadatan Mekanis (*Mechanical Compaction*) : Pemadatan dengan Goyang (*Vibratory Compaction*): Menggunakan mesin penggetar untuk menggerakkan partikel-partikel tanah dan meningkatkan kepadatan.
2. Pemadatan dengan Giling (*Roller Compaction*) : Menggunakan roller berat untuk mengompres tanah dari permukaan ke dalam tanah.
3. Pemadatan Kimia (*Chemical Compaction*) : Penggunaan bahan kimia tertentu untuk meningkatkan daya ikat antara partikel tanah atau mengurangi kelembaban tanah untuk memperbaiki kepadatan.
4. Pemadatan Termal (*Thermal Compaction*) : Menggunakan panas untuk meningkatkan kepadatan tanah dengan meningkatkan kekakuan dan daya dukung tanah.
5. Pemadatan Elektrik (*Electrical Compaction*) : Menggunakan arus listrik untuk meningkatkan kepadatan tanah dengan menstimulasi interaksi antar partikel tanah.
6. Pemadatan Hidraulis (*Hydraulic Compaction*) : Menggunakan tekanan air atau injeksi bahan kimia ke dalam tanah untuk mengurangi pori-pori dan meningkatkan kepadatan.

Pemadatan tanah adalah proses yang penting dalam proyek konstruksi untuk meningkatkan stabilitas dan kekuatan tanah, metode dan alat yang digunakan dalam proses pemadatan sangat bervariasi, tergantung pada jenis dan kondisi tanah yang akan dipadatkan, dengan metode dan alat yang tepat, proses pemadatan dapat menjadikan lebih cepat dan efektif.

2.2.2 Fungsi Pemadatan Tanah

Pemadatan tanah memiliki beberapa fungsi krusial yang sangat penting dalam konteks konstruksi. Berikut adalah fungsi-fungsi utama dari aktivitas pemadatan tanah:

1. Meningkatkan Kekuatan Tanah

Salah satu fungsi utama pemadatan tanah adalah untuk meningkatkan kekuatan tanah. Dengan meningkatkan kepadatan partikel-partikel tanah, tanah dapat lebih efektif menopang beban konstruksi yang diberikan. Hal ini membantu menciptakan fondasi yang lebih kokoh, yang merupakan syarat penting untuk memastikan keberlanjutan dan keamanan struktur bangunan.

2. Memperkecil Daya Rembes Air

Pemadatan tanah dapat membantu mengurangi daya rembes air melalui tanah. Dengan meningkatkan kepadatan, celah antar partikel tanah berkurang, sehingga menurunkan permeabilitas tanah. Hal ini dapat menghambat pergerakan air melalui tanah, mencegah terjadinya rembesan yang dapat merusak struktur konstruksi.

3. Mengurangi Permeabilitas dan Kompresibilitas

Proses pemadatan dapat mengurangi permeabilitas tanah, yaitu kemampuan tanah untuk mengalirkan air. Selain itu, pemadatan juga dapat mengurangi kompresibilitas atau penurunan beban yang mungkin terjadi pada tanah. Ini penting untuk mencegah penurunan yang signifikan atau deformasi struktur tanah akibat beban konstruksi.

4. Mengurangi Sifat Kembang Susut pada Tanah Tertentu

Pemadatan tanah memiliki peran penting dalam mengurangi sifat kembang susut pada beberapa jenis tanah, seperti tanah lempung, gambut, dan jenis tanah lainnya. Tanah yang mengalami perubahan volume akibat kembang susut dapat menyebabkan keretakan pada struktur, sehingga pemadatan menjadi langkah krusial untuk mengatasi risiko tersebut.

5. Mengurangi Risiko Perubahan Volume Akibat Kadar Air

Dengan memadatkan tanah, risiko perubahan volume akibat fluktuasi kadar air dalam tanah dapat diminimalkan. Perubahan kadar

air dapat menyebabkan tanah mengembang atau menyusut, yang dapat merusak stabilitas struktur konstruksi. Pemadatan membantu menjaga kestabilan dan mencegah perubahan volume yang merugikan.

6. Memperbaiki Mutu atau Kualitas Tanah

Pemadatan tanah juga berperan dalam memperbaiki mutu atau kualitas tanah. Dengan mencapai kepadatan yang optimal, tanah dapat memiliki daya dukung yang baik, meningkatkan kemampuan tanah untuk menopang beban, dan dengan demikian, meningkatkan kualitas keseluruhan dari fondasi konstruksi.

Dalam kesimpulan dapat disimpulkan bahwa pemadatan tanah adalah proses penting yang melibatkan peningkatan kepadatan tanah dengan tujuan meningkatkan daya dukungnya. Proses ini dapat dilakukan dengan berbagai metode, seperti penggalian, penambahan bahan tambahan, atau penggunaan alat berat khusus.

Pemadatan tanah memiliki peran krusial dalam konstruksi bangunan, jalan, dan proyek infrastruktur lainnya untuk memastikan stabilitas struktur dan mencegah penurunan atau kerusakan yang dapat terjadi akibat beban yang diberikan.

2.2.3 Sand Cone

Uji *sand cone* yaitu suatu pengujian untuk memeriksa tingkat kepadatan tanah yang dilakukan di lapangan dengan bahan utama berupa pasir Ottawa sebagai acuan yang bersifat bersih, kering, keras, serta tidak mempunyai bahan pengikat. Sehingga mampu mengalir tanpa adanya hambatan berarti. Syarat pasir yang digunakan yaitu pasir yang tertahan di saringan nomor 200 dan lolos saringan nomor 10. Ketebalan ukuran lapisan atas tanah untuk metode ini terbatas, yaitu antara 10 – 15 cm. (IdaHajidah, 2015).

Uji *sand cone* bertujuan untuk menentukan tingkat kepadatan tanah di lapangan dan kepadatan relatif tanah (%) terhadap kepadatan tanah dari hasil pengujian yang telah dilakukan di laboratorium atau hasil pemadatan kompaksi berdasarkan ketentuan di ASTM D-1556 dan SNI 03-2828-1992. Uji *sand cone* menggunakan pasir ottawa yang

memiliki berat jenis tetap dalam kondisi apapun. Maka dari itu material pasir Ottawa dijadikan sebagai material untuk mengukur tingkat kepadatan di lapangan. (Angga Brata dkk, 2021).

Rumus umum untuk mendapatkan nilai kepadatan tanah dari pengujian *sand cone* adalah sebagai berikut :

Berat isi tanah kering (γ_d)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_w}{100 + w_c} \cdot 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

γ_d = Berat kering isi tanah (g/cm^3)

γ_w = Berat isi tanah (g/cm^3)

w_c = Kadar air (%)

2.2.3.10 Alat Uji Sand Cone

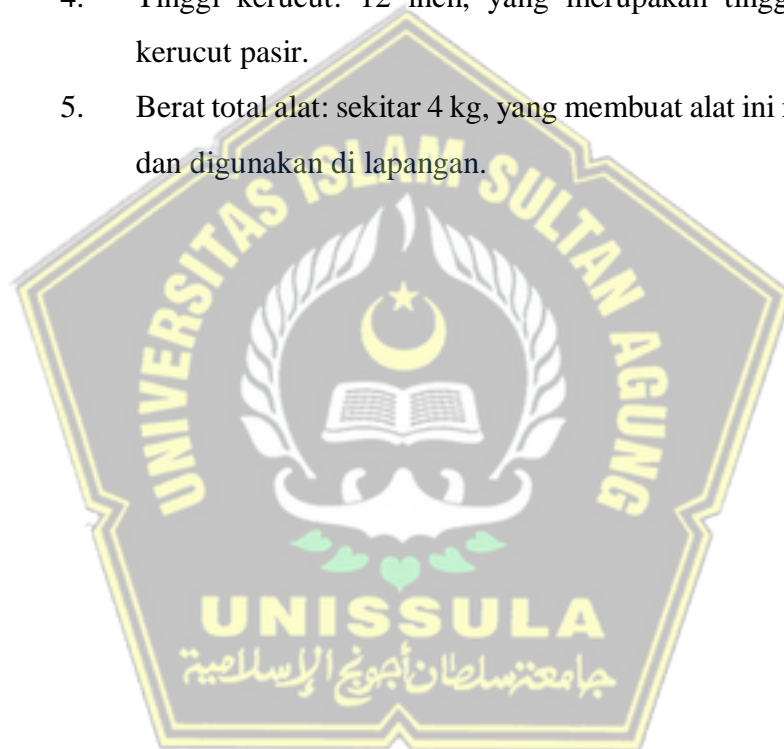
Berikut adalah beberapa fitur yang dimiliki oleh alat uji *Sand Cone Test* :

- Bahan berkualitas tinggi: Alat uji *Sand Cone Test* terbuat dari bahan berkualitas tinggi yang tahan lama dan kuat, sehingga alat ini dapat digunakan secara berulang-ulang tanpa harus khawatir akan rusak.
- Wadah kaca transparan: Alat uji ini sudah lengkap dengan wadah kaca transparan. Hal ini sangat berguna untuk pengamat dalam mengamati sampel uji selama pengujian berlangsung. Hal ini juga memungkinkan untuk mengontrol volume pasir yang masuk ke dalam kerucut pasir.
- Mudah digunakan dan dirawat: Alat uji *Sand Cone Test* mudah digunakan dan dirawat, sehingga tidak membutuhkan waktu yang lama untuk mengoperasikan alat ini.
- Akurasi pengukuran yang tinggi: Alat uji *Sand Cone Test* memiliki akurasi pengukuran yang tinggi, sehingga hasil pengukuran yang didapat dapat diandalkan.

2.2.3.11 Spesifikasi Alat Uji Sand Cone

Berikut adalah beberapa spesifikasi dari alat *Sand Cone Test* :

1. Kapasitas maksimum uji: 3 kg, yang berarti bahwa alat uji ini dapat digunakan untuk mengukur berat jenis tanah dengan massa maksimum 3 kg.
2. Volume kerucut pasir: 4,5 liter, yang merupakan volume kerucut pasir yang digunakan untuk menimbang sampel tanah selama pengujian.
3. Diameter kerucut: 6,5 inch, yang merupakan diameter dari bagian bawah kerucut pasir.
4. Tinggi kerucut: 12 inch, yang merupakan tinggi dari bagian kerucut pasir.
5. Berat total alat: sekitar 4 kg, yang membuat alat ini mudah dibawa dan digunakan di lapangan.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Metode penelitian yang digunakan adalah studi eksperimen di lapangan. Dalam laporan tugas akhir ini dibutuhkan tahapan pengerjaan yang teratur dan sistematis agar mendapatkan hasil yang sesuai kondisi sebenarnya di lapangan.

3.2 Studi Literatur

Sumber literatur atau pustaka dapat diperoleh dari beberapa jurnal, buku panduan, makalah pedoman, peraturan – peraturan maupun bacaan lain yang merupakan sumber referensi untuk memperoleh dasar – dasar teori dan parameter yang diperlukan dalam memahami mekanika tanah, metode – metode pemadatan tanah yang berkaitan dengan metode uji *sand cone*, serta penelitian – penelitian sebelum yang membahas tentang pelaksanaan pemadatan tanah jalan tol.

3.3 Pengumpulan Data

Data primer adalah jenis data penelitian yang dikumpulkan untuk pertama kali melalui pengalaman atau bukti pribadi, khususnya untuk penelitian. Data primer yang digunakan pada penelitian ini adalah hasil uji *sand cone* di lapangan secara langsung dilakukan.

Data sekunder adalah data yang didapatkan dengan mencari informasi secara ilmiah pada instansi maupun lembaga – lembaga yang terkait dengan proyek pelaksanaan pemadatan tanah jalan tol.

3.4 Pelaksanaan Pengujian

3.4.1 Uji Sand Cone

3.4.1.11 Alat Uji Sand Cone

- A. Botol transparan tempat pasir dengan isi ± 4 liter.
- B. Corong kerucut diameter 16,51 cm.
- C. Plat untuk corong pasir ukuran 30,48 x 30,48 cm dengan lubang bergaris tengah 16,51 cm.
- D. Neraca kapasitas 10 kg dengan ketelitian sampai 1,0 gram.
- E. Neraca kapasitas 500 gram dengan ketelitian sampai 0,1 gram.
- F. Pasir *Ottawa* yang bersifat bersih, kering, keras dan tidak mengandung bahan pengikat.

G. Oven dan peralatan lain seperti : palu, sendok, pahat, mistar dan sebagainya.

3.4.1.12 Metode Pelaksanaan Uji sand Cone

Pelaksanaan uji *sand cone* pada proyek ini bertumpu pada SNI 03 – 2828 – 1992 berikut :

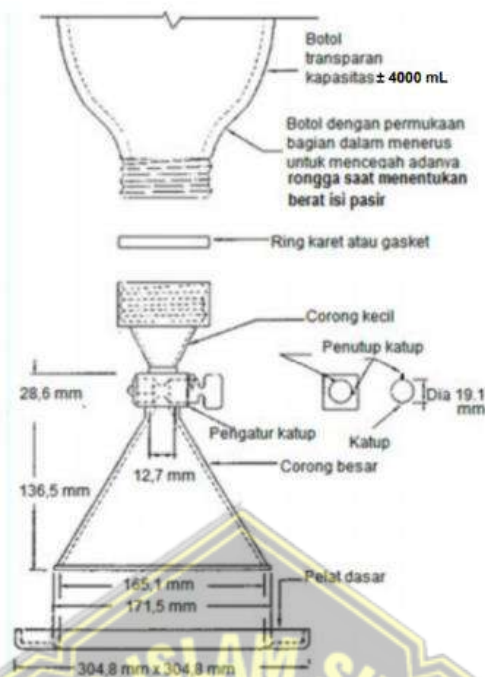
A. Lokasi titik uji dengan ketentuan sebagai berikut :

- 1) Pengujian kepadatan tidak dapat dilakukan jika titik uji berada di dalam air.
- 2) Uji kerapatan minimal dilaksanakan sebanyak dua kali disetiap titiknya, dengan jarak setiap 50 cm.
- 3) Dalam pengujian, tidak boleh ada getaran.
- 4) Hasil perhitungan dari pengujian ini berupa nilai rata-rata dari pengujian kepadatan ini, dihitung dengan menuliskan bentuk angka yaitu dua desimal.

B. Dalam pelaksanaan penghitungan kadar air tanah, alat yang dipakai berupa oven atau dilakukan penggorengan. Pada pengujian ini, tanah yang masih basah di dalam cawan dicampur cairan spiritus kemudian dibakar hingga benar – benar kering.

C. Bahan pasir yang dipakai disini berupa pasir biasa sesuai dengan syarat yang ditentukan, yaitu pasir harus bersih, kering, keras dan bebas mengalir.

D. Pengisian lubang dengan pasir dengan saksama supaya terpadatkan secara merata, saat mengganti dengan tipe baru, tentukan dulu berat jenisnya.



Gambar 3.1 Alat uji densitas tanah dengan konus pasir

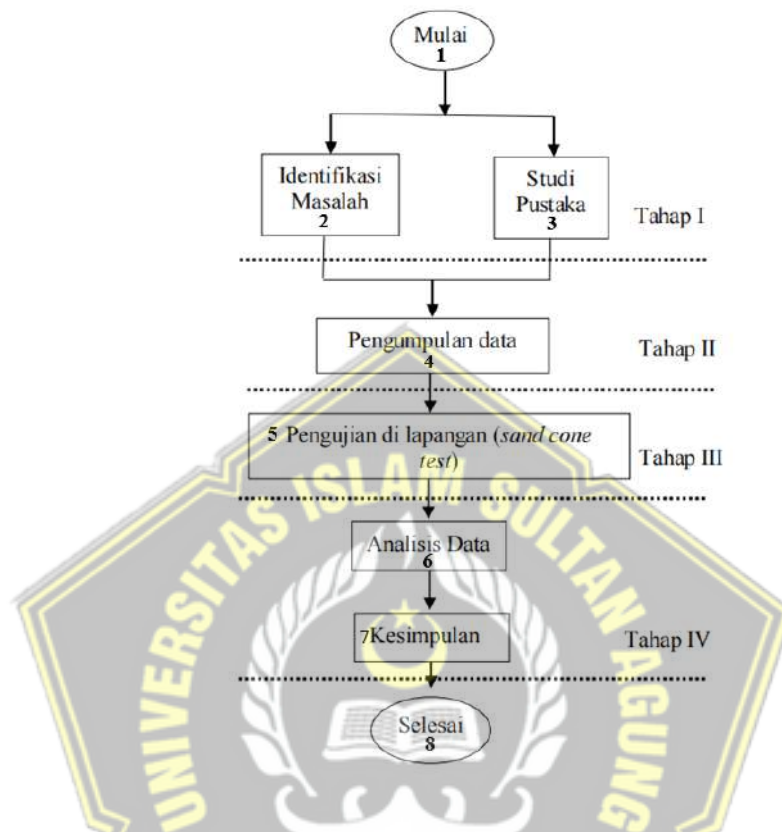
3.5 Analisa Data

Menganalisis data pengujian *Sand cone* merupakan suatu cara yang digunakan untuk mengolah data yang telah didapat dari hasil penelitian agar dapat dihasilkan suatu kesimpulan yang tepat. Dalam penelitian ini metode yang digunakan untuk menganalisis data adalah metode analisis statistik deskriptif. Analisis statistik deskriptif adalah metode yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi (Sugiyono, 2013). Data yang didapat dari penelitian dikumpulkan, dikelompokkan, diinterpretasikan untuk kemudian disimpulkan.

Analisa *Sand Cone* Untuk mengetahui kepadatan dari berbagai jenis material yang akan digunakan pada kegiatan pembangunan jalan. *Sand cone* adalah salah satu alat untuk menentukan kepadatan di tempat dari lapisan tanah atau perkerasan yang telah dipadatkan, hasilnya didapat setelah contoh material yang di dapat di lapangan diolah di laboratorium. Metode pengujian ini meliputi persyaratan dan ketentuan-ketentuan pengujian tanah yang mempunyai partikel

berbutir tidak lebih dari 5 cm. Tujuan metode ini untuk memperoleh angka kepadatan lapangan (γ_d).

3.6 Diagram Alir



Gambar 3.2 Diagram Alir

3.7 Kesimpulan Dan Saran

Membuat kesimpulan sesuai dengan proses pengolahan data dan hasil proses yang didapat kan dengan penjelasan secara singkat dan dapat menggambarkan jelas hasil analisa.

3.8 Pembuatan Laporan

Dalam pembuatan laporan ini dilakukan dengan menyusun hasil dari penelitian yang telah diselesaikan . Isi laporan memuat hasil data analisa pemadatan tanah menggunakan program pengujian *Sand Cone Test* yang telah dilakukan pengujian di lapangan.

3.9 Metode Analisis

Penelitian ini dilakukan pada proyek tol Solo - Yogyakarta - NYIA Kulon Progo STA 17+ 000 - 18 - 000 untuk mengevaluasi nilai uji *sand cone* kemudian melakukan penelitian dengan beberapa sumber referensi untuk memperoleh dasar teori dan parameter yang berkaitan dengan metode uji *sand cone* ,kemudian setelah studi pustaka diperoleh dilakukan pengumpulan data berupa data primer yang di gunakan di lapangan secara langsung untuk didapatkan hasil uji *sand cone*.

Setelah pengumpulan data di peroleh kemudian dilakukan uji *sand cone* secara langsung di lapangan yang di laksanakan sebanyak 2 kali di setiap titik dengan jarak 50 cm dengan hasil perhitungan pada pengujian ini berupa nilai rata rata dari uji kepadatan dengan hasil bentuk angka yaitu berupa 2 desimal . Setelah di lakukan uji *sand cone* di lapangan kemudian menganalisis data dengan menggunakan metode analisis statistik deskriptif dengan cara mendeskripsikan data yang telah terkumpul kemudian di kelompokkan, diinterpretasikan untuk kemudian di ambil sebuah kesimpulan.

Dalam analisa uji *sand cone* ditunjukan untuk mengetahui kepadatan dari berbagai jenis matrial yang di gunakan untuk pembangunan jalan ,dimana pada metode pengujian ini meliputi persyaratan dan juga ketentuan-ketentuan pengujian tanah yang mempunyai partikel berbutir >5cm ,dimana tujuan dari metode ini adalah untuk memperoleh nilai kepadatan lapangan .sehingga dari hal di atas dapat di tarik kesimpulan yaitu hasil pengujian yang telah di lakukan dilapangan berdasarkan ketentuan di ASTM D-1556 atau SNI 03-2828-1992 yaitu nilai kepadatan >95% .

BAB IV

EVALUASI DAN HASIL PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

4.1.01 Evaluasi Data Uji Penelitian Sand Cone Test

Evaluasi hasil nilai uji *sand cone* yang didapatkan secara langsung pengujian di lapangan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo STA 17+000 – 18+000 Jawa Tengah, pekerjaan pemadatan tanah pada jalan tol sesuai dengan derajat yang disyaratkan adalah 100%. Pada tugas akhir ini dilakukan evaluasi nilai uji *sand cone* dengan menghitung secara manual. Pengujian kepadatan di lapangan dengan metode *sand cone test* dilakukan pada 6 titik dengan jarak antara 50 m.

Untuk nilai berat isi tanah kering lapangan berbanding terbalik dengan besarnya kadar air lapangan. Semakin besar nilai kadar air, maka nilai berat isi tanah kering lapangannya akan semakin kecil. Berat isi kering tanah atau material lapis dasar dapat diperoleh dari hasil pengujian dengan *sand cone*.

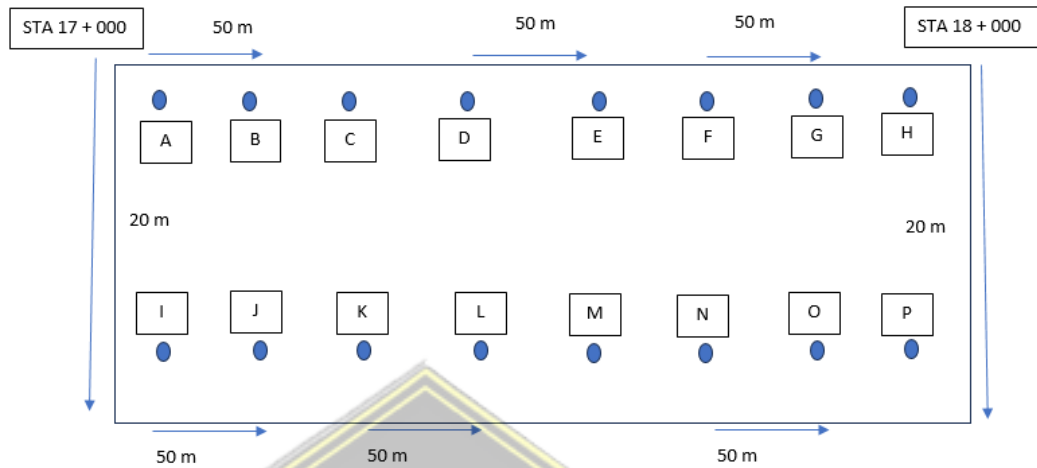
4.2 Hasil Pengujian Uji Sand Cone

Pada hasil pengujian *sand cone* ini terdapat beberapa perhitungan agar mendapatkan hasil pengujian dan sudah diperhitungkan dengan baik beserta peta titik lokasi pengujian, berikut perhitungan dan gambar peta titik lokasi pada pengujian *sand cone test* :

Dimana :

W	= berat tanah kering	(gr)
W_1	= berat pasir + botol sebelum	(gr)
W_2	= berat pasir + botol sesudah	(gr)
V_e	= Volume lubang	(cm ³)
γ_w	= berat isi tanah	(gr/m ³)
W_c	= kadar air	(%)
W_{air}	= berat air	(gr)

Berikut ini adalah peta titik dari pengujian sand cone (di lapangan) pada STA 17+000 – STA 18+000.



Gambar 4.1 Titik pengujian

Keterangan titik pengujian :

1. Titik A adalah STA 17+125 (L)
2. Titik A adalah STA 17+175 (L)
3. Titik A adalah STA 17+330 (L)
4. Titik A adalah STA 17+380 (L)
5. Titik A adalah STA 17+525 (L)
6. Titik A adalah STA 17+575 (L)
7. Titik A adalah STA 17+825 (L)
8. Titik A adalah STA 17+875 (L)
9. Titik A adalah STA 17+130 (R)
10. Titik A adalah STA 17+180 (R)
11. Titik A adalah STA 17+320 (R)
12. Titik A adalah STA 17+370 (R)
13. Titik A adalah STA 17+515 (R)
14. Titik A adalah STA 17+565 (R)
15. Titik A adalah STA 17+820 (R)
16. Titik A adalah STA 17+870 (R)

4.2.1 Perhitungan Titik STA 17+125

Pengambilan data ini diambil dari sisi kiri kedalaman sampel tanah 15 cm, pada ketinggian timbunan 5 m.

	Keterangan Sampel	Satuan	STA 17+125	
1	Berat pasir + botol sebelum	gr	6.683	W_1
2	Berat pasir + botol sesudah	gr	3.090	W_2
3	Berat Pasir	gr	3.593	W_3
4	Berat Pasir Dalam Corong	gr	1.619	W_4
5	Berat Pasir Dalam Lubang	gr	1.974	W_{10}
6	Berat Isi Pasir	gr/cm ³	1.419	γ_s
7	Volume Lubang	gr/cm ³	1391,12	V_e / W_{13}
8	Berat Tanah Basah	gr	3.458	W_6
9	Berat Sempel Basah + Cawan	gr	177,4	W_7
10	Berat Sempel Kering + Cawan	gr	172,8	W_8
11	Berat Cawan	gr	34,2	W_9
12	Berat Sampel Kering	gr	4,6	Γ_d
13	Berat Air	gr	1.386	W_{air}
14	Kadar Air	gr	3,32	W_C
15	Kepadatan Basah Lapangan	gr/cm ³	2.486	W_{14}
16	Kepadatan Kering Lapangan	gr/cm ³	2.406	W_{15}
17	Kepadatan Kering Maksimum Lab	gr/cm ³	2.142	MDD
18	Derajat Kepadatan	%	98,46	W_{16}
19	Derajat kepadatan disyaratkan	%	100%	

Tabel 4.1 Perhitungan STA

- W_3 (Berat Pasir) = $W_1 - W_2$ (4.1)

$$= 6.683 - 3.090$$

$$= 3.593 \text{ gr}$$

Jadi berat pasir yaitu 3.593 gr.

- W_{10} (Berat Pasir Dalam Lubang) = $W_3 - W_4$(4.2)

$$= 3.593 - 1.619$$

$$= 1.974 \text{ gr}$$

Jadi berat pasir dalam lubang yaitu 1.974 gr.

- $V_e \text{ (Volume Lubang)} = \frac{W_{10}}{\gamma_s} \dots\dots\dots(4.3)$

$$= \frac{1.974}{1.419}$$

$$= 1391,12 \text{ gr}$$

Jadi hasil volume lubang yaitu 1391,12 gr

- $W_{air} \text{ (Berat Air)} = W_7 - W_8 \dots\dots\dots(4.4)$

$$= 177,4 - 172,8$$

$$= 138,6 \text{ gr}$$

Jadi hasil berat air 136,6 gr

- $W_c \text{ (Kadar Air)} = \frac{W_{air}}{\text{berat sampel kering}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.5)$

$$= \frac{138,6}{4,6} \cdot 100\%$$

$$= 3,32 \%$$

Jadi hasil kadar air yaitu 3,32%

- $W_{14} \text{ (Kepadatan tanah Lapangan)} = \frac{W_6}{W_{13}} \dots\dots\dots(4.6)$

$$= \frac{3.458}{1532,06}$$

$$= 2.486 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil kepadatan basah lapangan yaitu 2.486 gr/cm³

- $W_{15} \text{ (Kepadatan Kering Lapangan)} = \frac{W_{14}}{(1+W_c)} \dots\dots\dots(4.7)$

$$= \frac{2.486}{(1+3,32\%)}$$

$$= \frac{2.486}{(1+0,0332)}$$

$$= \frac{2486}{1,0332}$$

$$= 2.406 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil kepadatan kering lapangan yaitu 2.406 gr/cm³

- $W_{16} \text{ (Derajat Kepadatan)} = \frac{W_{15}}{MDD} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.8)$

$$= \frac{2.406}{2.142} \cdot 100\%$$

$$= 98,46 \%$$

Jadi hasil derajat kepadatan yaitu 98,46%

4.2.2 Perhitungan Titik STA 17+175

Pengambilan data ini diambil dari sisi kiri kedalaman sampel tanah 15 cm, pada ketinggian timbunan 5 m.

	Keterangan Sampel	Satuan	STA 17+175	
1	Berat pasir + botol sebelum	gr	6.615	W_1
2	Berat pasir + botol sesudah	gr	2.890	W_2
3	Berat Pasir	gr	3.785	W_3
4	Berat Pasir Dalam Corong	gr	1.619	W_4
5	Berat Pasir Dalam Lubang	gr	2.166	W_{10}
6	Berat Isi Pasir	gr/cm ³	1.419	Γ_s
7	Volume Lubang	gr/cm ³	1526,43	V_e/ W_{13}
8	Berat Tanah Basah	gr	3.794	W_6
9	Berat Sempel Basah + Cawan	gr	216,7	W_7
10	Berat Sempel Kering + Cawan	gr	209,6	W_8
11	Berat Cawan	gr	34,2	W_9
12	Berat Sempel Kering	gr	7,1	Γ_d
13	Berat Air	gr	175,4	W_{air}
14	Kadar Air	gr	4,05	W_C
15	Kepadatan Basah Lapangan	gr/cm ³	2.486	W_{14}
16	Kepadatan Kering Lapangan	gr/cm ³	2.389	W_{15}
17	Kepadatan Kering Maksimum Lab	gr/cm ³	2.142	MDD
18	Derajat Kepadatan	%	99,37	W_{16}
19	Derajat kepadatan disyaratkan	%	100%	

Tabel 4.2 Perhitungan STA

- W_3 (Berat Pasir) = $W_1 - W_2$ (4.9)

$$= 6.615 - 2.390$$

$$= 3.785 \text{ gr}$$

Jadi berat pasir yaitu 3.785 gr.

- W_{10} (Berat Pasir Dalam Lubang = $W_3 - W_4$(4.10)

$$= 3.785 - 1.619$$

$$= 2.166 \text{ gr}$$

Jadi hasil berat pasir dalam lubang yaitu 2.166 gr

- $V_e \text{ (Volume Lubang)} = \frac{W_{10}}{\gamma_s} \dots\dots\dots(4.11)$

$$= \frac{2.166}{1.419}$$
$$= 1526,13 \text{ gr}$$

Jadi hasil volume lubang yaitu 156,13 gr

- $W_{air} \text{ (Berat Air)} = W_7 - W_8 \dots\dots\dots(4.12)$

$$= 216,7 - 209,6$$
$$= 175,4 \text{ gr}$$

Jadi hasil berat air yaitu 175,4 gr

- $W_c \text{ (Kadar Air)} = \frac{W_{air}}{\text{berat sampel kering}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.13)$

$$= \frac{1765,4}{7,1} \cdot 100\%$$
$$= 4,65 \%$$

Jadi hasil kadar air yaitu 4,65 %

- $W_{14} \text{ (Kepadatan Basah Lapangan)} = \frac{W_6}{W_{13}} \dots\dots\dots(4.14)$

$$= \frac{3.794}{1526,43}$$
$$= 2.486 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil kepadatan basah lapangan yaitu 2.486 gr/cm³

- $W_{15} \text{ (Berat Pasir)} = \frac{W_{14}}{(1+W_c)} \dots\dots\dots(4.15)$

$$= \frac{2.486}{(1+4,05\%)}$$
$$= \frac{2.486}{(1+0,0405)}$$
$$= \frac{2.486}{1,0405}$$
$$= 2.890 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil Berat pasir yaitu 2.890 gr/cm³

- $W_{16} \text{ (Derajat Kepadatan)} = \frac{W_{15}}{MDD} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.16)$

$$= \frac{2.389}{2.142} \cdot 100\%$$
$$= 99,37 \%$$

Jadi hasil derajat kepadatan yaitu 99,37 %



4.2.3 Perhitungan Titik STA 17+330

Pengambilan data ini diambil dari sisi kiri kedalaman sampel tanah 15 cm, pada ketinggian timbunan 5 m.

	Keterangan Sampel	Satuan	STA 17+330	
1	Berat pasir + botol sebelum	gr	7.391	W_1
2	Berat pasir + botol sesudah	gr	3.785	W_2
3	Berat Pasir	gr	3.606	W_3
4	Berat Pasir Dalam Corong	gr	1.619	W_4
5	Berat Pasir Dalam Lubang	gr	1.987	W_{10}
6	Berat Isi Pasir	gr/cm ³	1.419	Γ_s
7	Volume Lubang	gr/cm ³	1400,28	V_e / W_{13}
8	Berat Tanah Basah	gr	3.427	W_6
9	Berat Sempel Basah + Cawan	gr	135,4	W_7
10	Berat Smpel Kering + Cawan	gr	132,2	W_8
11	Berat Cawan	gr	34,2	W_9
12	Berat Sampel Kering	gr	3,2	Γ_d
13	Berat Air	gr	98	W_{air}
14	Kadar Air	gr	3,27	W_C
15	Kepadatan Basah Lapangan	gr/cm ³	2.447	W_{14}
16	Kepadatan Kering Lapangan	gr/cm ³	2.370	W_{15}
17	Kepadatan Kering Maksimum Lab	gr/cm ³	2.142	MDD
18	Derajat Kepadatan	%	97,14	W_{16}
19	Derajat kepadatan disyaratkan	%	100%	

Tabel 4.3 Perhitungan STA

- W_3 (Berat Pasir) = $W_1 - W_2$ (4.17)

$$= 7.931 - 3.785$$

$$= 3.606 \text{ gr}$$

Jadi berat pasir yaitu 3.606 gr.

- W_{10} (Berat Pasir Dalam Lubang) = $W_3 - W_4$(4.18)

$$= 3.606 - 1.619$$

$$= 1.987 \text{ gr}$$

Jadi hasil berat pasir dalam lubang yaitu 1.987 gr

- $V_e \text{ (Volume Lubang)} = \frac{W_{10}}{\gamma_s} \dots\dots\dots(4.19)$

$$= \frac{1.987}{1.419}$$
$$= 1400,28 \text{ gr}$$

Jadi hasil volume lubang yaitu 1400,28 gr

- $W_{air} \text{ (Berat Air)} = W_7 - W_8 \dots\dots\dots(4.20)$

$$= 135,4 - 132,2$$
$$= 9,8 \text{ gr}$$

Jadi hasil berat air yaitu 9,8 gr

- $W_c \text{ (Kadar Air)} = \frac{W_{air}}{\text{berat sampel kering}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.21)$

$$= \frac{3,27}{3,2} \cdot 100\%$$
$$= 3,27 \%$$

Jadi hasil kadar air yaitu 3,27%

- $W_{14} \text{ (Kepadatan Basah Lapangan)} = \frac{W_6}{W_{13}} \dots\dots\dots(4.22)$

$$= \frac{3.427}{1400,8}$$
$$= 2.447 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil kepadatan basah lapangan yaitu 2.447 gr/cm³

- $W_{15} \text{ (Kepadatan Kering Lapangan)} = \frac{W_{14}}{(1+W_c)} \dots\dots\dots(4.23)$

$$= \frac{2.247}{(1+3,27\%)}$$
$$= \frac{2.247}{(1+0,0327)}$$
$$= \frac{2.247}{1,0327}$$

$$= 2.370 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil kepadatan kering lapangan yaitu 2.370 gr/cm³

- $W_{16} \text{ (Derajat Kepadatan)} = \frac{W_{15}}{MDD} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.24)$

$$= \frac{2.370}{2.142} \cdot 100\%$$
$$= 97,14 \%$$

Jadi hasil dari derajat kepadatan yaitu 97,14%

4.2.4 Perhitungan Titik STA 17+380

Pengambilan data ini diambil dari sisi kiri kedalaman sampel tanah 15 cm, pada ketinggian timbunan 6 m.

	Keterangan Sampel	Satuan	STA 17+380	
1	Berat pasir + botol sebelum	gr	7.320	W_1
2	Berat pasir + botol sesudah	gr	3.595	W_2
3	Berat Pasir	gr	3.725	W_3
4	Berat Pasir Dalam Corong	gr	1.619	W_4
5	Berat Pasir Dalam Lubang	gr	2.106	W_{10}
6	Berat Isi Pasir	gr/cm ³	1.419	Γ_s
7	Volume Lubang	gr/cm ³	1484,14	V_e / W_{13}
8	Berat Tanah Basah	gr	3621	W_6
9	Berat Sempel Basah + Cawan	gr	182,1	W_7
10	Berat Sempel Kering + Cawan	gr	178	W_8
11	Berat Cawan	gr	34,2	W_9
12	Berat Sempel Kering	gr	4,1	Γ_d
13	Berat Air	gr	143,8	W_{air}
14	Kadar Air	gr	2,85	W_C
15	Kepadatan Basah Lapangan	gr/cm ³	2.440	W_{14}
16	Kepadatan Kering Lapangan	gr/cm ³	2.372	W_{15}
17	Kepadatan Kering Maksimum Lab	gr/cm ³	2.142	MDD
18	Derajat Kepadatan	%	98,04	W_{16}
19	Derajat kepadatan disyaratkan	%	100%	

Tabel 4.4 Perhitungan STA

- W_3 (Berat Pasir) = $W_1 - W_2$ (4.25)

$$= 7.320 - 3.595$$

$$= 3.725 \text{ gr}$$

Jadi hasil berat pasir yaitu 3725 gr.

- W_{10} (Berat Pasir Dalam Lubang) = $W_3 - W_4$(4.26)

$$= 3.725 - 1.619$$

$$= 2.106 \text{ gr}$$

Jadi hasil berat pasir dalam lubang yaitu 2.106 gr

- $V_e \text{ (Volume Lubang)} = \frac{W_{10}}{\gamma_s} \dots\dots\dots(4.27)$

$$= \frac{2.106}{1.419}$$

$$= 1484,14 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari volume lubang yaitu 1484,14 gr

- $W_{air} \text{ (Berat Air)} = W_7 - W_8 \dots\dots\dots(4.28)$

$$= 182,1 - 178,0$$

$$= 143,8 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat air yaitu 143,8 gr

- $W_c \text{ (Kadar Air)} = \frac{W_{air}}{\text{berat sampel kering}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.29)$

$$= \frac{134,8}{4,1} \cdot 100\%$$

$$= 2,85 \%$$

Jadi hasil dari kadar air yaitu 2,85 %

- $W_{14} \text{ (Kepadatan Basah Lapangan)} = \frac{W_6}{W_{13}} \dots\dots\dots(4.30)$

$$= \frac{3621}{1484,14}$$

$$= 2.440 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan basah lapangan yaitu 2.440 gr/cm³

- $W_{15} \text{ (Kepadatan Kering Lapangan)} = \frac{W_{14}}{(1+W_c)} \dots\dots\dots(4.31)$

$$= \frac{2.440}{(1+2,85\%)}$$

$$= \frac{2.440}{(1+0,0285)}$$

$$= \frac{2.440}{1,0285}$$

$$= 2.372 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan kering lapangan yaitu 2.372 gr/cm³

- $W_{16} \text{ (Derajat Kepadatan)} = \frac{W_{15}}{MDD} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.32)$

$$= \frac{2.372}{2.142} \cdot 100\%$$

$$= 98,4 \%$$

Jadi hasil dari derajat kepadatan yaitu 98,4%

4.2.5 Perhitungan Titik STA 17+525

Pengambilan data ini diambil dari sisi kiri kedalaman sampel tanah 15 cm, pada ketinggian timbunan 5 m.

	Keterangan Sampel	Satuan	STA 17+525	
1	Berat pasir + botol sebelum	gr	6.830	W_1
2	Berat pasir + botol sesudah	gr	3.149	W_2
3	Berat Pasir	gr	3.681	W_3
4	Berat Pasir Dalam Corong	gr	1.619	W_4
5	Berat Pasir Dalam Lubang	gr	2.062	W_{10}
6	Berat Isi Pasir	gr/cm ³	1.419	γ_s
7	Volume Lubang	gr/cm ³	1453,14	V_e / W_{13}
8	Berat Tanah Basah	gr	3.601	W_6
9	Berat Sempel Basah + Cawan	gr	237,3	W_7
10	Berat Sempel Kering + Cawan	gr	230,5	W_8
11	Berat Cawan	gr	34,2	W_9
12	Berat Sampel Kering	gr	6,8	γ_d
13	Berat Air	gr	196,3	W_{air}
14	Kadar Air	gr	3,46	W_C
15	Kepadatan Basah Lapangan	gr/cm ³	2.478	W_{14}
16	Kepadatan Kering Lapangan	gr/cm ³	2.395	W_{15}
17	Kepadatan Kering Maksimum Lab	gr/cm ³	2.142	MDD
18	Derajat Kepadatan	%	97,28	W_{16}
19	Derajat kepadatan disyaratkan	%	100%	

Tabel 4.5 Perhitungan STA

- W_3 (Berat Pasir) = $W_1 - W_2$ (4.33)

$$= 6.830 - 3.149$$

$$= 3.681 \text{ gr}$$

Jadi berat pasir (W) yaitu 3.681 gr.

- W_{10} (Berat Pasir Dalam Lubang) = $W_3 - W_4$(4.34)

$$= 3.681 - 1.619$$

$$= 2.062 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat pasir dalam lubang yaitu 2.062 gr

- $$V_e (\text{Volume Lubang}) = \frac{W_{10}}{\gamma_s} \dots\dots\dots(4.35)$$
$$= \frac{2.062}{1.419}$$
$$= 1453,14 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari volume lubang yaitu 1453,14 gr

- $$W_{air} (\text{Berat Air}) = W_7 - W_8 \dots\dots\dots(4.36)$$
$$= 237,3 - 230,5$$
$$= 196,3 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat air yaitu 196,3 gr

- $$W_c (\text{Kadar Air}) = \frac{W_{air}}{\text{berat sampel kering}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.37)$$
$$= \frac{196,3}{230,5} \cdot 100\%$$
$$= 3,46 \%$$

Jadi hasil dari kadar air yaitu 3,46%

- $$W_{14} (\text{Kepadatan Basah Lapangan}) = \frac{W_6}{W_{13}} \dots\dots\dots(4.38)$$
$$= \frac{3.601}{1453,14}$$
$$= 2.478 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan basah lapangan yaitu 2.478 gr/cm³

- $$W_{15} (\text{Kepadatan Kering Lapangan}) = \frac{W_{14}}{(1+W_c)} \dots\dots\dots(4.39)$$
$$= \frac{2478}{(1+3,46\%)}$$
$$= \frac{2478}{(1+0,0346)}$$
$$= \frac{2.478}{1,0346}$$
$$= 2.395 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan kering lapangan yaitu 2.395 gr/cm³

- $$W_{16} (\text{Derajat Kepadatan}) = \frac{W_{15}}{MDD} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.40)$$
$$= \frac{2.395}{2.142} \cdot 100\%$$
$$= 97,28 \%$$

Jadi hasil dari derajat kepadatan yaitu 97,28%

4.2.6 Perhitungan Titik STA 17+575

Pengambilan data ini diambil dari sisi kiri kedalaman sampel tanah 15 cm, pada ketinggian timbunan 4 m.

	Keterangan Sampel	Satuan	STA 17+575	
1	Berat pasir + botol sebelum	Gr	6.722	W_1
2	Berat pasir + botol sesudah	Gr	2.961	W_2
3	Berat Pasir	Gr	3.761	W_3
4	Berat Pasir Dalam Corong	Gr	1.619	W_4
5	Berat Pasir Dalam Lubang	Gr	2.142	W_{10}
6	Berat Isi Pasir	gr/cm ³	1.419	γ_s
7	Volume Lubang	gr/cm ³	1509,51	V_e / W_{13}
8	Berat Tanah Basah	gr	3.744	W_6
9	Berat Sempel Basah + Cawan	gr	209,6	W_7
10	Berat Sempel Kering + Cawan	gr	202,9	W_8
11	Berat Cawan	gr	34,2	W_9
12	Berat Sempel Kering	gr	6,7	γ_d
13	Berat Air	gr	168,7	W_{air}
14	Kadar Air	gr	3,97	W_C
15	Kepadatan Basah Lapangan	gr/cm ³	2.480	W_{14}
16	Kepadatan Kering Lapangan	gr/cm ³	2.386	W_{15}
17	Kepadatan Kering Maksimum Lab	gr/cm ³	2.142	MDD
18	Derajat Kepadatan	%	98,45 %	W_{16}
19	Derajat kepadatan disyaratkan	%	100%	

Tabel 4.6 Perhitungan STA

- W_3 (Berat Pasir) = $W_1 - W_2$ (4.41)

$$= 6.722 - 2.961$$

$$= 3.761 \text{ gr}$$

Jadi berat pasir (W_3) yaitu 3.761 gr.

- W_{10} (Berat Pasir Dalam Lubang) = $W_3 - W_4$(4.42)

$$= 3.761 - 1.619$$

$$= 2.142 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat pasir dalam lubang yaitu 2.142 gr

- $$V_e \text{ (Volume Lubang)} = \frac{W_{10}}{\gamma_s} \dots\dots\dots(4.43)$$
$$= \frac{2.142}{1.419}$$
$$= 1509,51 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari volume lubang yaitu 1509,51 gr

- $$W_{air} \text{ (Berat Air)} = W_7 - W_8 \dots\dots\dots(4.44)$$
$$= 209,6 - 202,9$$
$$= 168,7 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat air yaitu 168,7 gr

- $$W_c \text{ (Kadar Air)} = \frac{W_{air}}{\text{berat sampel kering}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.45)$$
$$= \frac{168,7}{6,7} \cdot 100\%$$
$$= 3,97 \%$$

Jadi hasil dari kadar air yaitu 3,97 %

- $$W_{14} \text{ (Kepadatan Basah Lapangan)} = \frac{W_6}{W_{13}} \dots\dots\dots(4.46)$$
$$= \frac{3.744}{1509,51}$$
$$= 2.480 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan basah lapangan yaitu 2.480 gr/cm³

- $$W_{15} \text{ (Kepadatan Kering Lapangan)} = \frac{W_{14}}{(1+W_c)} \dots\dots\dots(4.47)$$
$$= \frac{2.430}{(1+3,97\%)}$$
$$= \frac{2.430}{(1+0,0397)}$$
$$= \frac{2.430}{1,03927}$$
$$= 2.386 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan kering lapangan yaitu 2.386 gr/cm³

- $$W_{16} \text{ (Derajat Kepadatan)} = \frac{W_{15}}{MDD} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.48)$$
$$= \frac{2.386}{2.142} \cdot 100\%$$
$$= 98,45 \%$$

Jadi hasil dari derajat kepadatan yaitu 98,45 %.

4.2.7 Perhitungan Titik STA 17+825

Pengambilan data ini diambil dari sisi kiri kedalaman sampel tanah 15 cm, pada ketinggian timbunan 4 m.

	Keterangan Sampel	Satuan	STA 17+825	
1	Berat pasir + botol sebelum	gr	7.636	W_1
2	Berat pasir + botol sesudah	gr	3.916	W_2
3	Berat Pasir	gr	3.719	W_3
4	Berat Pasir Dalam Corong	gr	1.619	W_4
5	Berat Pasir Dalam Lubang	gr	2.100	W_{10}
6	Berat Isi Pasir	gr/cm ³	1.419	γ_s
7	Volume Lubang	gr/cm ³	1479,92	V_e / W_{13}
8	Berat Tanah Basah	gr	3631	W_6
9	Berat Sempel Basah + Cawan	gr	182,7	W_7
10	Berat Sempel Kering + Cawan	gr	177,6	W_8
11	Berat Cawan	gr	34,2	W_9
12	Berat Sempel Kering	gr	5,1	γ_d
13	Berat Air	gr	14,34	W_{air}
14	Kadar Air	gr	3,56	W_C
15	Kepadatan Basah Lapangan	gr/cm ³	2.1454	W_{14}
16	Kepadatan Kering Lapangan	gr/cm ³	2.369	W_{15}
17	Kepadatan Kering Maksimum Lab	gr/cm ³	2.142	MDD
18	Derajat Kepadatan	%	99,17 %	W_{16}
19	Derajat kepadatan disyaratkan	%	100%	

Tabel 4.7 Perhitungan STA

- W_3 (Berat Pasir) = $W_1 - W_2$ (4.41)

$$= 7.636 - 3.916$$

$$= 3.719 \text{ gr}$$

Jadi berat pasir (W_3) yaitu 3.719 gr.

- W_{10} (Berat Pasir Dalam Lubang) = $W_3 - W_4$(4.42)

$$= 3.719 - 1.619$$

$$= 2.100 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat pasir dalam lubang yaitu 2.100 gr

- $V_e \text{ (Volume Lubang)} = \frac{W_{10}}{\gamma_s} \dots\dots\dots(4.43)$

$$= \frac{2.100}{1.419}$$

$$= 1479,92 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari volume lubang yaitu 1479,92 gr

- $W_{air} \text{ (Berat Air)} = W_7 - W_8 \dots\dots\dots(4.44)$

$$= 182,7 - 177,6$$

$$= 14,34 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat air yaitu 14,34 gr

- $W_c \text{ (Kadar Air)} = \frac{W_{air}}{\text{berat sampel kering}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.45)$

$$= \frac{14,34}{5,1} \cdot 100\%$$

$$= 3,56 \%$$

Jadi hasil dari kadar air yaitu 3,56 %

- $W_{14} \text{ (Kepadatan Basah Lapangan)} = \frac{W_6}{W_{13}} \dots\dots\dots(4.46)$

$$= \frac{3.631}{1479,92}$$

$$= 2.454 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan basah lapangan yaitu 2.454 gr/cm³

- $W_{15} \text{ (Kepadatan Kering Lapangan)} = \frac{W_{14}}{(1+W_c)} \dots\dots\dots(4.47)$

$$= \frac{2.454}{(1+3,56\%)}$$

$$= \frac{2.454}{(1+0,0356)}$$

$$= \frac{2.454}{1,0356}$$

$$= 2.369 \text{ gr/cm}^3$$

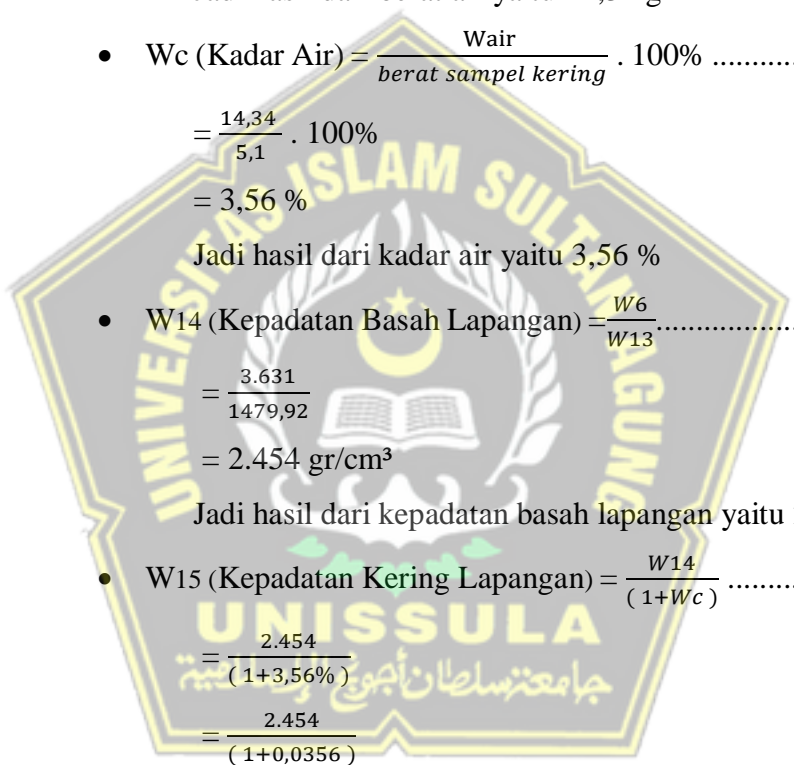
Jadi hasil dari kepadatan kering lapangan yaitu 2.369 gr/cm³

- $W_{16} \text{ (Derajat Kepadatan)} = \frac{W_{15}}{MDD} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.48)$

$$= \frac{2.369}{2.142} \cdot 100\%$$

$$= 99,17 \%$$

Jadi hasil dari derajat kepadatan yaitu 99,17 %.



4.2.6 Perhitungan Titik STA 17+875

Pengambilan data ini diambil dari sisi kiri kedalaman sampel tanah 15 cm, pada ketinggian timbunan 4 m.

	Keterangan Sampel	Satuan	STA 17+875	
1	Berat pasir + botol sebelum	Gr	7.571	W ₁
2	Berat pasir + botol sesudah	Gr	3.824	W ₂
3	Berat Pasir	Gr	3.747	W ₃
4	Berat Pasir Dalam Corong	Gr	1.614	W ₄
5	Berat Pasir Dalam Lubang	gr	2.128	W ₁₀
6	Berat Isi Pasir	gr/cm ³	1.419	γ _s
7	Volume Lubang	gr/cm ³	1499,65	Ve/ W ₁₃
8	Berat Tanah Basah	gr	3.702	W ₆
9	Berat Sempel Basah + Cawan	gr	175,4	W ₇
10	Berat Sempel Kering + Cawan	gr	170,2	W ₈
11	Berat Cawan	gr	3,42	W ₉
12	Berat Sempel Kering	gr	5,2	γ _d
13	Berat Air	gr	13,6	W _{air}
14	Kadar Air	gr	3,82	W _C
15	Kepadatan Basah Lapangan	gr/cm ³	2.469	W ₁₄
16	Kepadatan Kering Lapangan	gr/cm ³	2.378	W ₁₅
17	Kepadatan Kering Maksimum Lab	gr/cm ³	2.142	MDD
18	Derajat Kepadatan	%	99,28 %	W ₁₆
19	Derajat kepadatan disyaratkan	%	100%	

Tabel 4.8 Perhitungan STA

- W_3 (Berat Pasir) = $W_1 - W_2$ (4.41)

$$= 7.571 - 3824$$

$$= 3.747 \text{ gr}$$

Jadi berat pasir (W_3) yaitu 3.747 gr.

- W_{10} (Berat Pasir Dalam Lubang) = $W_3 - W_4$(4.42)

$$= 3.747 - 1.619$$

$$= 2.128 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat pasir dalam lubang yaitu 2.128 gr

- $V_e \text{ (Volume Lubang)} = \frac{W_{10}}{\gamma_s} \dots\dots\dots(4.43)$

$$= \frac{2.128}{1.419}$$

$$= 1499,65 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari volume lubang yaitu 1499,65 gr

- $W_{air} \text{ (Berat Air)} = W_7 - W_8 \dots\dots\dots(4.44)$

$$= 175,4 - 170,2$$

$$= 136 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat air yaitu 136 gr

- $W_c \text{ (Kadar Air)} = \frac{W_{air}}{\text{berat sampel kering}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.45)$

$$= \frac{136}{5,2} \cdot 100\%$$

$$= 3,82 \%$$

Jadi hasil dari kadar air yaitu 3,82 %

- $W_{14} \text{ (Kepadatan Basah Lapangan)} = \frac{W_6}{W_{13}} \dots\dots\dots(4.46)$

$$= \frac{3.702}{1499,65}$$

$$= 2.469 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan basah lapangan yaitu 2.469 gr/cm³

- $W_{15} \text{ (Kepadatan Kering Lapangan)} = \frac{W_{14}}{(1+W_c)} \dots\dots\dots(4.47)$

$$= \frac{2.469}{(1+3,82\%)}$$

$$= \frac{2.469}{(1+0,0382)}$$

$$= \frac{2.469}{1,0382}$$

$$= 2.378 \text{ gr/cm}^3$$

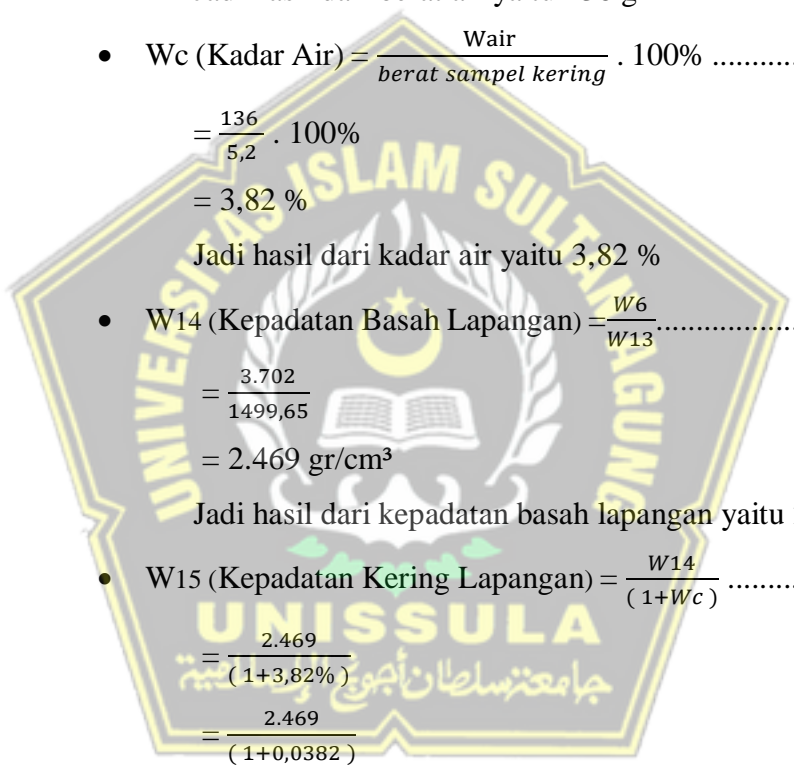
Jadi hasil dari kepadatan kering lapangan yaitu 2.378 gr/cm³

- $W_{16} \text{ (Derajat Kepadatan)} = \frac{W_{15}}{MDD} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.48)$

$$= \frac{2.378}{2.142} \cdot 100\%$$

$$= 99,28 \%$$

Jadi hasil dari derajat kepadatan yaitu 99,28 %.



4.2.8 Perhitungan Titik STA 17+130

Pengambilan data ini diambil dari sisi kanan kedalaman sampel tanah 15 cm, pada ketinggian timbunan 4 m.

	Keterangan Sampel	Satuan	STA 17+130	
1	Berat pasir + botol sebelum	Gr	8.149	W_1
2	Berat pasir + botol sesudah	Gr	4.445	W_2
3	Berat Pasir	Gr	3.704	W_3
4	Berat Pasir Dalam Corong	Gr	1.619	W_4
5	Berat Pasir Dalam Lubang	Gr	2.085	W_{10}
6	Berat Isi Pasir	gr/cm ³	1.419	γ_s
7	Volume Lubang	gr/cm ³	1469,34	V_e / W_{13}
8	Berat Tanah Basah	Gr	3.657	W_6
9	Berat Sempel Basah + Cawan	Gr	217,5	W_7
10	Berat Sempel Kering + Cawan	Gr	210,4	W_8
11	Berat Cawan	Gr	34,2	W_9
12	Berat Sempel Kering	Gr	7,1	γ_d
13	Berat Air	Gr	176,2	W_{air}
14	Kadar Air	Gr	4,03	W_C
15	Kepadatan Basah Lapangan	gr/cm ³	2.489	W_{14}
16	Kepadatan Kering Lapangan	gr/cm ³	2.392	W_{15}
17	Kepadatan Kering Maksimum Lab	gr/cm ³	2.142	MDD
18	Derajat Kepadatan	%	99,17 %	W_{16}
19	Derajat kepadatan disyaratkan	%	100%	

Tabel 4.9 Perhitungan STA

- W_3 (Berat Pasir) = $W_1 - W_2$ (4.49)

$$= 8.149 - 4.445$$

$$= 3.704 \text{ gr}$$

Jadi berat pasir (W_3) yaitu 3.704 gr.

- W_{10} (Berat Pasir Dalam Lubang) = $W_3 - W_4$(4.50)

$$= 3.704 - 1.619$$

$$= 1.419 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat pasir dalam lubang yaitu 1.1419 gr

- $V_e \text{ (Volume Lubang)} = \frac{W_{10}}{\gamma_s} \dots\dots\dots(4.43)$

$$= \frac{1.619}{2.017}$$
$$= 1421,42 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari volume lubang yaitu 1421,42 gr

- $W_{air} \text{ (Berat Air)} = W_7 - W_8 \dots\dots\dots(4.44)$

$$= 217,5 - 210,4$$
$$= 176,2 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat air yaitu 176,2 gr

- $W_c \text{ (Kadar Air)} = \frac{W_{air}}{\text{berat sampel kering}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.45)$

$$= \frac{176,2}{7,1} \cdot 100\%$$
$$= 4,03 \%$$

Jadi hasil dari kadar air yaitu 4,03 %

- $W_{14} \text{ (Kepadatan Basah Lapangan)} = \frac{W_6}{W_{13}} \dots\dots\dots(4.46)$

$$= \frac{3.657}{1469,34}$$
$$= 2.489 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan basah lapangan yaitu 2.489 gr/cm³

- $W_{15} \text{ (Kepadatan Kering Lapangan)} = \frac{W_{14}}{(1+W_c)} \dots\dots\dots(4.47)$

$$= \frac{2.489}{(1+4,03\%)}$$
$$= \frac{2.489}{(1+0,0403)}$$
$$= \frac{2.489}{1,0403}$$

$$= 2.392 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan kering lapangan yaitu 2.392 gr/cm³

- $W_{16} \text{ (Derajat Kepadatan)} = \frac{W_{15}}{MDD} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.48)$

$$= \frac{2.392}{2.142} \cdot 100\%$$
$$= 99,17 \%$$

Jadi hasil dari derajat kepadatan yaitu 99,17 %

4.2.9 Perhitungan Titik STA 17+180

Pengambilan data ini diambil dari sisi kanan kedalaman sampel tanah 15 cm, pada ketinggian timbunan 4 m.

	Keterangan Sampel	Satuan	STA 17+180	
1	Berat pasir + botol sebelum	Gr	8.087	W_1
2	Berat pasir + botol sesudah	Gr	4.451	W_2
3	Berat Pasir	Gr	3.636	W_3
4	Berat Pasir Dalam Corong	Gr	1.619	W_4
5	Berat Pasir Dalam Lubang	Gr	2.017	W_{10}
6	Berat Isi Pasir	gr/cm ³	1.419	γ_s
7	Volume Lubang	gr/cm ³	1421,42	V_e / W_{13}
8	Berat Tanah Basah	Gr	3.541	W_6
9	Berat Sempel Basah + Cawan	Gr	174,3	W_7
10	Berat Sempel Kering + Cawan	gr	169,2	W_8
11	Berat Cawan	gr	34,2	W_9
12	Berat Sempel Kering	gr	5,1	γ_d
13	Berat Air	gr	135	W_{air}
14	Kadar Air	gr	3,78	W_C
15	Kepadatan Basah Lapangan	gr/cm ³	2.491	W_{14}
16	Kepadatan Kering Lapangan	gr/cm ³	2.400	W_{15}
17	Kepadatan Kering Maksimum Lab	gr/cm ³	2.142	MDD
18	Derajat Kepadatan	%	99,31	W_{16}
19	Derajat kepadatan disyaratkan	%	100%	

Tabel 4.10 Perhitungan STA

- W_3 (Berat Pasir) = $W_1 - W_2$ (4.41)

$$= 8.087 - 4.451$$

$$= 3.636 \text{ gr}$$

Jadi berat pasir (W_3) yaitu 3.636 gr.

- W_{10} (Berat Pasir Dalam Lubang) = $W_3 - W_4$(4.42)

$$= 3.636 - 1.619$$

$$= 2.017 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat pasir dalam lubang yaitu 2.017 gr

- $V_e (\text{Volume Lubang}) = \frac{W_{10}}{\gamma_s} \dots\dots\dots(4.43)$

$$= \frac{2.017}{1.419}$$

$$= 1421,42 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari volume lubang yaitu 1421,42 gr

- $W_{air} (\text{Berat Air}) = W_7 - W_8 \dots\dots\dots(4.44)$

$$= 174,3 - 169,2$$

$$= 1,35 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat air yaitu 1,35 gr

- $W_c (\text{Kadar Air}) = \frac{W_{air}}{\text{berat sampel kering}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.45)$

$$= \frac{1,35}{5,1} \cdot 100\%$$

$$= 3,78 \%$$

Jadi hasil dari kadar air yaitu 3,78 %

- $W_{14} (\text{Kepadatan Basah Lapangan}) = \frac{W_6}{W_{13}} \dots\dots\dots(4.46)$

$$= \frac{354,1}{1421,42}$$

$$= 2.491 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan basah lapangan yaitu 2.491 gr/cm³

- $W_{15} (\text{Kepadatan Kering Lapangan}) = \frac{W_{14}}{(1+W_c)} \dots\dots\dots(4.47)$

$$= \frac{2.491}{(1+3,78\%)}$$

$$= \frac{2.491}{(1+0,0378)}$$

$$= \frac{2.491}{1,0378}$$

$$= 2.400 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan kering lapangan yaitu 2.400 gr/cm³

- $W_{16} (\text{Derajat Kepadatan}) = \frac{W_{15}}{MDD} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.48)$

$$= \frac{2.400}{2.142} \cdot 100\%$$

$$= 99,31 \%$$

Jadi hasil dari derajat kepadatan yaitu 99,31 %

4.2.10 Perhitungan Titik STA 17+320

Pengambilan data ini diambil dari sisi kanan kedalaman sampel tanah 15 cm, pada ketinggian timbunan 4 m.

	Keterangan Sampel	Satuan	STA 17+320	
1	Berat pasir + botol sebelum	gr	8.012	W_1
2	Berat pasir + botol sesudah	gr	4.439	W_2
3	Berat Pasir	gr	3.573	W_3
4	Berat Pasir Dalam Corong	gr	1.619	W_4
5	Berat Pasir Dalam Lubang	gr	1.954	W_{10}
6	Berat Isi Pasir	gr/cm ³	1.419	γ_s
7	Volume Lubang	gr/cm ³	1377,03	V_e / W_{13}
8	Berat Tanah Basah	gr	3.407	W_6
9	Berat Sempel Basah + Cawan	gr	1.932	W_7
10	Berat Sempel Kering + Cawan	gr	188,5	W_8
11	Berat Cawan	gr	34,2	W_9
12	Berat Sempel Kering	gr	4,7	γ_d
13	Berat Air	gr	154,3	W_{air}
14	Kadar Air	gr	3,05	W_C
15	Kepadatan Basah Lapangan	gr/cm ³	2.474	W_{14}
16	Kepadatan Kering Lapangan	gr/cm ³	2.401	W_{15}
17	Kepadatan Kering Maksimum Lab	gr/cm ³	2.142	MDD
18	Derajat Kepadatan	%	98,11	W_{16}
19	Derajat kepadatan disyaratkan	%	100%	

Tabel 4.11 Perhitungan STA

- W_3 (Berat Pasir) = $W_1 - W_2$ (4.41)

$$= 8.012 - 4.439$$

$$= 3.573 \text{ gr}$$

Jadi berat pasir (W_3) yaitu 3.573 gr.

- W_{10} (Berat Pasir Dalam Lubang) = $W_3 - W_4$(4.42)

$$= 3.573 - 1.619$$

$$= 1.954 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat pasir dalam lubang yaitu 1.954 gr

- $$V_e (\text{Volume Lubang}) = \frac{W_{10}}{\gamma_s} \dots\dots\dots(4.43)$$
$$= \frac{1.954}{1.419}$$
$$= 1377,03 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari volume lubang yaitu 1377,03 gr

- $$W_{air} (\text{Berat Air}) = W_7 - W_8 \dots\dots\dots(4.44)$$
$$= 193,2 - 188,5$$
$$= 154,3 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat air yaitu 154,3 gr

- $$W_c (\text{Kadar Air}) = \frac{W_{air}}{\text{berat sampel kering}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.45)$$
$$= \frac{154,3}{4,7} \cdot 100\%$$
$$= 3,05 \%$$

Jadi hasil dari kadar air yaitu 3,05 %

- $$W_{14} (\text{Kepadatan Basah Lapangan}) = \frac{W_6}{W_{13}} \dots\dots\dots(4.46)$$
$$= \frac{3.407}{1377,03}$$
$$= 2.474 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan basah lapangan yaitu 2.474 gr/cm³

- $$W_{15} (\text{Kepadatan Kering Lapangan}) = \frac{W_{14}}{(1+W_c)} \dots\dots\dots(4.47)$$
$$= \frac{2.474}{(1+3,05\%)}$$
$$= \frac{2.474}{(1+0,305)}$$
$$= \frac{2.474}{1,0305}$$
$$= 2.401 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan kering lapangan yaitu 2.401 gr/cm³

- $$W_{16} (\text{Derajat Kepadatan}) = \frac{W_{15}}{MDD} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.48)$$
$$= \frac{2.401}{2.142} \cdot 100\%$$
$$= 98,11 \%$$

Jadi hasil dari derajat kepadatan yaitu 98,11 %

4.2.11 Perhitungan Titik STA 17+370

Pengambilan data ini diambil dari sisi kanan kedalaman sampel tanah 15 cm, pada ketinggian timbunan 4 m.

	Keterangan Sampel	Satuan	STA 17+370	
1	Berat pasir + botol sebelum	gr	7.973	W ₁
2	Berat pasir + botol sesudah	gr	4.387	W ₂
3	Berat Pasir	gr	3.586	W ₃
4	Berat Pasir Dalam Corong	gr	1.619	W ₄
5	Berat Pasir Dalam Lubang	gr	1.967	W ₁₀
6	Berat Isi Pasir	gr/cm ³	1.419	γ _s
7	Volume Lubang	gr/cm ³	1386,19	Ve/ W ₁₃
8	Berat Tanah Basah	gr	3.427	W ₆
9	Berat Sempel Basah + Cawan	gr	144,6	W ₇
10	Berat Sempel Kering + Cawan	gr	141,2	W ₈
11	Berat Cawan	gr	34,2	W ₉
12	Berat Sempel Kering	gr	3,4	γ _d
13	Berat Air	gr	107	W _{air}
14	Kadar Air	gr	3,18	W _C
15	Kepadatan Basah Lapangan	gr/cm ³	2.472	W ₁₄
16	Kepadatan Kering Lapangan	gr/cm ³	2.396	W ₁₅
17	Kepadatan Kering Maksimum Lab	gr/cm ³	2.142	MDD
18	Derajat Kepadatan	%	96,92	W ₁₆
19	Derajat kepadatan disyaratkan	%	100%	

Tabel 4.12 Perhitungan STA

- W_3 (Berat Pasir) = $W_1 - W_2$ (4.41)

$$= 7.793 - 4.387$$

$$= 3.586 \text{ gr}$$

Jadi berat pasir (W_3) yaitu 3.586 gr.

- W_{10} (Berat Pasir Dalam Lubang) = $W_3 - W_4$(4.42)

$$= 3.586 - 1.619$$

$$= 1.967 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat pasir dalam lubang yaitu 1.967 gr

- $V_e \text{ (Volume Lubang)} = \frac{W_{10}}{\gamma_s} \dots\dots\dots(4.43)$

$$= \frac{1.967}{1.419}$$

$$= 1386,19 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari volume lubang yaitu 1386,19 gr

- $W_{air} \text{ (Berat Air)} = W_7 - W_8 \dots\dots\dots(4.44)$

$$= 144,6 - 141,2$$

$$= 10,7 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat air yaitu 10,7 gr

- $W_c \text{ (Kadar Air)} = \frac{W_{air}}{\text{berat sampel kering}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.45)$

$$= \frac{10,7}{3,4} \cdot 100\%$$

$$= 3,18 \%$$

Jadi hasil dari kadar air yaitu 3,18 %

- $W_{14} \text{ (Kepadatan Basah Lapangan)} = \frac{W_6}{W_{13}} \dots\dots\dots(4.46)$

$$= \frac{3.427}{1386,19}$$

$$= 2.472 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan basah lapangan yaitu 2.472 gr/cm³

- $W_{15} \text{ (Kepadatan Kering Lapangan)} = \frac{W_{14}}{(1+W_c)} \dots\dots\dots(4.47)$

$$= \frac{2.472}{(1+3,18\%)}$$

$$= \frac{2.472}{(1+0,318)}$$

$$= \frac{2.472}{1,0318}$$

$$= 2.396 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan kering lapangan yaitu 2.396 gr/cm³

- $W_{16} \text{ (Derajat Kepadatan)} = \frac{W_{15}}{MDD} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.48)$

$$= \frac{2.396}{2.142} \cdot 100\%$$

$$= 96,92 \%$$

Jadi hasil dari derajat kepadatan yaitu 96,92 %

4.2.12 Perhitungan Titik STA 17+515

Pengambilan data ini diambil dari sisi kanan kedalaman sampel tanah 15 cm, pada ketinggian timbunan 4 m.

	Keterangan Sampel	Satuan	STA 17+515	
1	Berat pasir + botol sebelum	gr	7.925	W_1
2	Berat pasir + botol sesudah	gr	4.159	W_2
3	Berat Pasir	gr	3.766	W_3
4	Berat Pasir Dalam Corong	gr	1.619	W_4
5	Berat Pasir Dalam Lubang	gr	2.147	W_{10}
6	Berat Isi Pasir	gr/cm ³	1.419	γ_s
7	Volume Lubang	gr/cm ³	1513,04	V_e / W_{13}
8	Berat Tanah Basah	gr	3.725	W_6
9	Berat Sempel Basah + Cawan	gr	281,4	W_7
10	Berat Sempel Kering + Cawan	gr	273,2	W_8
11	Berat Cawan	gr	34,2	W_9
12	Berat Sempel Kering	gr	3,2	γ_d
13	Berat Air	gr	2,39	W_{air}
14	Kadar Air	gr	3,43	W_C
15	Kepadatan Basah Lapangan	gr/cm ³	2.462	W_{14}
16	Kepadatan Kering Lapangan	gr/cm ³	2.380	W_{15}
17	Kepadatan Kering Maksimum Lab	gr/cm ³	2.142	MDD
18	Derajat Kepadatan	%	99,09	W_{16}
19	Derajat kepadatan disyaratkan	%	100%	

Tabel 4.13 Perhitungan STA

- W_3 (Berat Pasir) = $W_1 - W_2$ (4.41)

$$= 7.925 - 4.159$$

$$= 3.766 \text{ gr}$$

Jadi berat pasir (W_3) yaitu 3.766 gr.

- W_{10} (Berat Pasir Dalam Lubang) = $W_3 - W_4$(4.42)

$$= 3.766 - 1.619$$

$$= 2.147 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat pasir dalam lubang yaitu 2.147 gr

- $V_e \text{ (Volume Lubang)} = \frac{W_{10}}{\gamma_s} \dots\dots\dots(4.43)$

$$= \frac{2.147}{1.419}$$

$$= 1513,04 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari volume lubang yaitu 1513,04 gr

- $W_{air} \text{ (Berat Air)} = W_7 - W_8 \dots\dots\dots(4.44)$

$$= 281,4 - 273,2$$

$$= 2,39 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat air yaitu 2,39 gr

- $W_c \text{ (Kadar Air)} = \frac{W_{air}}{\text{berat sampel kering}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.45)$

$$= \frac{2,39}{3,2} \cdot 100\%$$

$$= 3,43 \%$$

Jadi hasil dari kadar air yaitu 3,43 %

- $W_{14} \text{ (Kepadatan Basah Lapangan)} = \frac{W_6}{W_{13}} \dots\dots\dots(4.46)$

$$= \frac{3.725}{1513,04}$$

$$= 2.462 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan basah lapangan yaitu 2.462 gr/cm³

- $W_{15} \text{ (Kepadatan Kering Lapangan)} = \frac{W_{14}}{(1+W_c)} \dots\dots\dots(4.47)$

$$= \frac{2.462}{(1+0.0343\%)}$$

$$= \frac{2.462}{(1+0,0343)}$$

$$= \frac{2.462}{1,0343}$$

$$= 2.380 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan kering lapangan yaitu 2.380 gr/cm³

- $W_{16} \text{ (Derajat Kepadatan)} = \frac{W_{15}}{MDD} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.48)$

$$= \frac{2.380}{2.142} \cdot 100\%$$

$$= 99,09 \%$$

Jadi hasil dari derajat kepadatan yaitu 99,09 %

4.2.13 Perhitungan Titik STA 17+565

Pengambilan data ini diambil sisi kanan dari kedalaman sampel tanah 15 cm, pada ketinggian timbunan 4 m.

	Keterangan Sampel	Satuan	STA 17+565	
1	Berat pasir + botol sebelum	gr	7.865	W_1
2	Berat pasir + botol sesudah	gr	4.067	W_2
3	Berat Pasir	gr	3.798	W_3
4	Berat Pasir Dalam Corong	gr	1.619	W_4
5	Berat Pasir Dalam Lubang	gr	2.179	W_{10}
6	Berat Isi Pasir	gr/cm ³	1.419	γ_s
7	Volume Lubang	gr/cm ³	1535,59	V_e / W_{13}
8	Berat Tanah Basah	gr	3.810	W_6
9	Berat Sempel Basah + Cawan	gr	209,5	W_7
10	Berat Sempel Kering + Cawan	gr	202,7	W_8
11	Berat Cawan	gr	34,2	W_9
12	Berat Sempel Kering	gr	6,8	γ_d
13	Berat Air	gr	168,5	W_{air}
14	Kadar Air	gr	4,04	W_C
15	Kepadatan Basah Lapangan	gr/cm ³	2.481	W_{14}
16	Kepadatan Kering Lapangan	gr/cm ³	2.385	W_{15}
17	Kepadatan Kering Maksimum Lab	gr/cm ³	2.142	MDD
18	Derajat Kepadatan	%	99,40	W_{16}
19	Derajat kepadatan disyaratkan	%	100%	

Tabel 4.14 Perhitungan STA

- W_3 (Berat Pasir) = $W_1 - W_2$ (4.41)

$$= 7.685 - 4.067$$

$$= 3.798 \text{ gr}$$

Jadi berat pasir (W_3) yaitu 3.798 gr.

- W_{10} (Berat Pasir Dalam Lubang) = $W_3 - W_4$(4.42)

$$= 3.798 - 1.619$$

$$= 2.179 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat pasir dalam lubang yaitu 2.179 gr

- $V_e \text{ (Volume Lubang)} = \frac{W_{10}}{\gamma_s} \dots\dots\dots(4.43)$

$$= \frac{2.179}{1.419}$$

$$= 1535,59 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari volume lubang yaitu 1535,59 gr

- $W_{air} \text{ (Berat Air)} = W_7 - W_8 \dots\dots\dots(4.44)$

$$= 209,5 - 202,7$$

$$= 168,5 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat air yaitu 168,5 gr

- $W_c \text{ (Kadar Air)} = \frac{W_{air}}{\text{berat sampel kering}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.45)$

$$= \frac{168,5}{6,8} \cdot 100\%$$

$$= 4,04 \%$$

Jadi hasil dari kadar air yaitu 4,04 %

- $W_{14} \text{ (Kepadatan Basah Lapangan)} = \frac{W_6}{W_{13}} \dots\dots\dots(4.46)$

$$= \frac{3.810}{1535,59}$$

$$= 2.481 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan basah lapangan yaitu 2.481 gr/cm³

- $W_{15} \text{ (Kepadatan Kering Lapangan)} = \frac{W_{14}}{(1+W_c)} \dots\dots\dots(4.47)$

$$= \frac{2.481}{(1+4,04\%)}$$

$$= \frac{2.481}{(1+0,0404)}$$

$$= \frac{2.481}{1,0404}$$

$$= 2.385 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan kering lapangan yaitu 2.385 gr/cm³

- $W_{16} \text{ (Derajat Kepadatan)} = \frac{W_{15}}{MDD} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.48)$

$$= \frac{2.385}{2.142} \cdot 100\%$$

$$= 99,40 \%$$

Jadi hasil dari derajat kepadatan yaitu 99,40 %

4.2.14 Perhitungan Titik STA 17+820

Pengambilan data ini diambil dari sisi kanan kedalaman sampel tanah 15 cm, pada ketinggian timbunan 4 m.

	Keterangan Sampel	Satuan	STA 17+820	
1	Berat pasir + botol sebelum	gr	7.791	W_1
2	Berat pasir + botol sesudah	gr	4.078	W_2
3	Berat Pasir	gr	3.713	W_3
4	Berat Pasir Dalam Corong	gr	1.619	W_4
5	Berat Pasir Dalam Lubang	gr	2.094	W_{10}
6	Berat Isi Pasir	gr/cm ³	1.419	γ_s
7	Volume Lubang	gr/cm ³	1475,69	V_e / W_{13}
8	Berat Tanah Basah	gr	3.627	W_6
9	Berat Sempel Basah + Cawan	gr	214,3	W_7
10	Berat Sempel Kering + Cawan	gr	208,8	W_8
11	Berat Cawan	gr	34,2	W_9
12	Berat Sempel Kering	gr	5,5	γ_d
13	Berat Air	gr	174,6	W_{air}
14	Kadar Air	gr	3,15	W_C
15	Kepadatan Basah Lapangan	gr/cm ³	2.458	W_{14}
16	Kepadatan Kering Lapangan	gr/cm ³	2.383	W_{15}
17	Kepadatan Kering Maksimum Lab	gr/cm ³	2.142	MDD
18	Derajat Kepadatan	%	97,98	W_{16}
19	Derajat kepadatan disyaratkan	%	100%	

Tabel 4.15 Perhitungan STA

- W_3 (Berat Pasir) = $W_1 - W_2$ (4.41)

$$= 7.791 - 4.078$$

$$= 3.713 \text{ gr}$$

Jadi berat pasir (W_3) yaitu 3.713 gr.

- W_{10} (Berat Pasir Dalam Lubang) = $W_3 - W_4$(4.42)

$$= 3.713 - 1.619$$

$$= 2.094 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat pasir dalam lubang yaitu 2.094 gr

- $V_e \text{ (Volume Lubang)} = \frac{W_{10}}{\gamma_s} \dots\dots\dots(4.43)$

$$= \frac{2.094}{1.419}$$

$$= 1475,69 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari volume lubang yaitu 1475,69 gr

- $W_{air} \text{ (Berat Air)} = W_7 - W_8 \dots\dots\dots(4.44)$

$$= 214,3 - 208,8$$

$$= 174,6 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat air yaitu 174,6 gr

- $W_c \text{ (Kadar Air)} = \frac{W_{air}}{\text{berat sampel kering}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.45)$

$$= \frac{174,6}{5,5} \cdot 100\%$$

$$= 3,15 \%$$

Jadi hasil dari kadar air yaitu 3,15 %

- $W_{14} \text{ (Kepadatan Basah Lapangan)} = \frac{W_6}{W_{13}} \dots\dots\dots(4.46)$

$$= \frac{3.627}{1475,69}$$

$$= 2.458 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan basah lapangan yaitu 2.458 gr/cm³

- $W_{15} \text{ (Kepadatan Kering Lapangan)} = \frac{W_{14}}{(1+W_c)} \dots\dots\dots(4.47)$

$$= \frac{2.458}{(1+3,15\%)}$$

$$= \frac{2.458}{(1+0,0315)}$$

$$= \frac{2.458}{1,0315}$$

$$= 2.383 \text{ gr/cm}^3$$

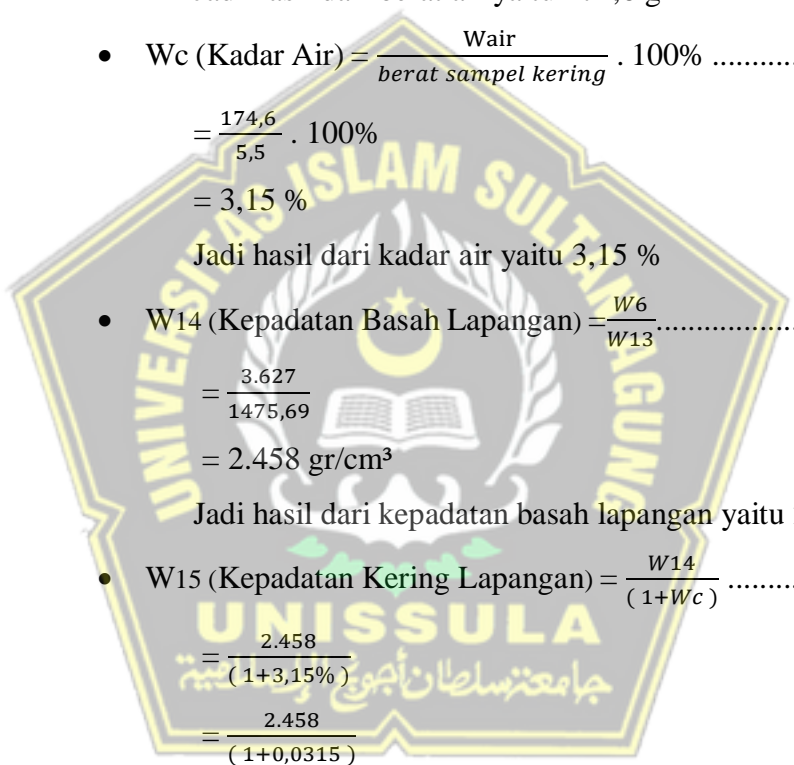
Jadi hasil dari kepadatan kering lapangan yaitu 2.383 gr/cm³

- $W_{16} \text{ (Derajat Kepadatan)} = \frac{W_{15}}{MDD} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.48)$

$$= \frac{2.383}{2.142} \cdot 100\%$$

$$= 97,98 \%$$

Jadi hasil dari derajat kepadatan yaitu 97,98 %



4.2.15 Perhitungan Titik STA 17+870

Pengambilan data ini diambil dari sisi kanan kedalaman sampel tanah 15 cm, pada ketinggian timbunan 4 m.

	Keterangan Sampel	Satuan	STA 17+870	
1	Berat pasir + botol sebelum	gr	7.710	W ₁
2	Berat pasir + botol sesudah	gr	4.079	W ₂
3	Berat Pasir	gr	3.631	W ₃
4	Berat Pasir Dalam Corong	gr	1.619	W ₄
5	Berat Pasir Dalam Lubang	gr	2.012	W ₁₀
6	Berat Isi Pasir	gr/cm ³	1.419	γ _s
7	Volume Lubang	gr/cm ³	1417,90	Ve/ W ₁₃
8	Berat Tanah Basah	gr	3.491	W ₆
9	Berat Sempel Basah + Cawan	gr	196,8	W ₇
10	Berat Sempel Kering + Cawan	gr	192,1	W ₈
11	Berat Cawan	gr	34,2	W ₉
12	Berat Sempel Kering	gr	4,7	γ _d
13	Berat Air	gr	157,9	W _{air}
14	Kadar Air	gr	2,98	W _C
15	Kepadatan Basah Lapangan	gr/cm ³	2.462	W ₁₄
16	Kepadatan Kering Lapangan	gr/cm ³	2.391	W ₁₅
17	Kepadatan Kering Maksimum Lab	gr/cm ³	2.142	MDD
18	Derajat Kepadatan	%	98,00	W ₁₆
19	Derajat kepadatan disyaratkan	%	100%	

Tabel 4.16 Perhitungan STA

- W_3 (Berat Pasir) = $W_1 - W_2$ (4.41)

$$= 7.710 - 40.79$$

$$= 3.631 \text{ gr}$$

Jadi berat pasir (W_3) yaitu 3.631 gr.

- W_{10} (Berat Pasir Dalam Lubang) = $W_3 - W_4$(4.42)

$$= 3.631 - 1.619$$

$$= 2.012 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat pasir dalam lubang yaitu 2.012 gr

- $V_e \text{ (Volume Lubang)} = \frac{W_{10}}{\gamma_s} \dots\dots\dots(4.43)$

$$= \frac{2.012}{1.419}$$
$$= 1417,90 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari volume lubang yaitu 1417.90 gr

- $W_{air} \text{ (Berat Air)} = W_7 - W_8 \dots\dots\dots(4.44)$

$$= 196,8 - 192,1$$
$$= 157,9 \text{ gr}$$

Jadi hasil dari berat air yaitu 157,9 gr

- $W_c \text{ (Kadar Air)} = \frac{W_{air}}{\text{berat sampel kering}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.45)$

$$= \frac{157,9}{4,7} \cdot 100\%$$
$$= 2,98 \%$$

Jadi hasil dari kadar air yaitu 2,98 %

- $W_{14} \text{ (Kepadatan Basah Lapangan)} = \frac{W_6}{W_{13}} \dots\dots\dots(4.46)$

$$= \frac{3.491}{1417,90}$$
$$= 2.462 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan basah lapangan yaitu 2.462 gr/cm³

- $W_{15} \text{ (Kepadatan Kering Lapangan)} = \frac{W_{14}}{(1+W_c)} \dots\dots\dots(4.47)$

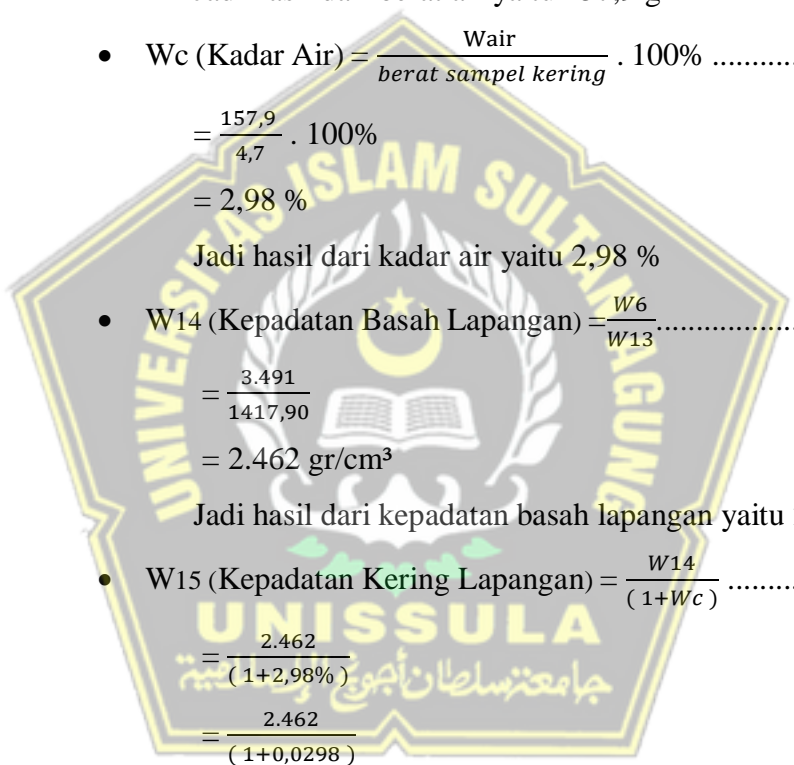
$$= \frac{2.462}{(1+2,98\%)}$$
$$= \frac{2.462}{(1+0,0298)}$$
$$= \frac{2.462}{1,0298}$$
$$= 2.391 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi hasil dari kepadatan kering lapangan yaitu 2.391 gr/cm³

- $W_{16} \text{ (Derajat Kepadatan)} = \frac{W_{15}}{MDD} \cdot 100\% \dots\dots\dots(4.48)$

$$= \frac{2.391}{2.142} \cdot 100\%$$
$$= 98,00 \%$$

Jadi hasil dari derajat kepadatan yaitu 98,00 %.



4.3 Pembahasan Penelitian

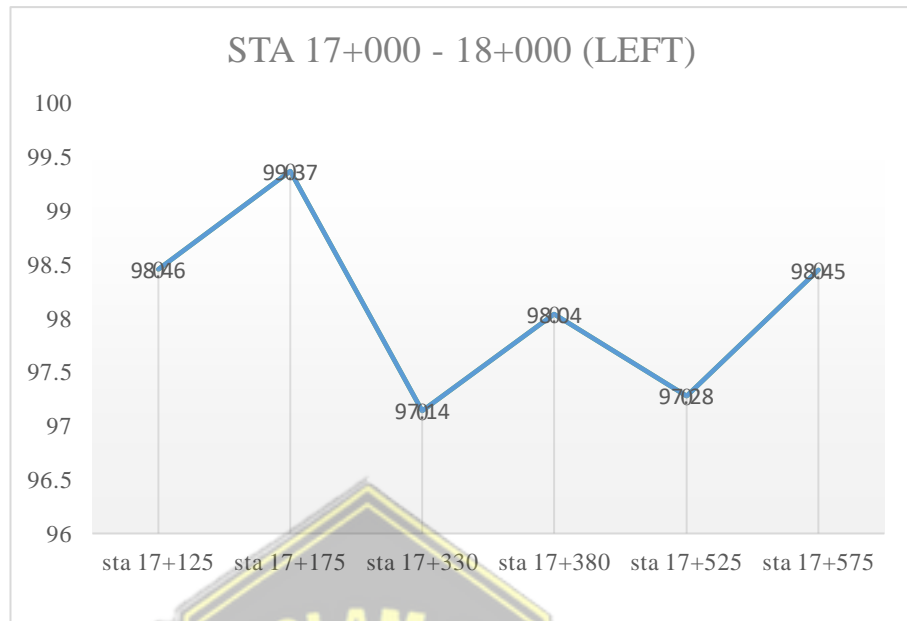
4.3.1 Pembahasan Penelitian

Dari data – data yang telah didapatkan pada penelitian di lapangan ini untuk memenuhi persyaratan spesifikasi teknis pada umumnya yang berdasarkan SNI 03-2828-1992 pengujian kepadatan tanah yang digunakan harus memenuhi persyaratan yaitu $> 95\%$. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1

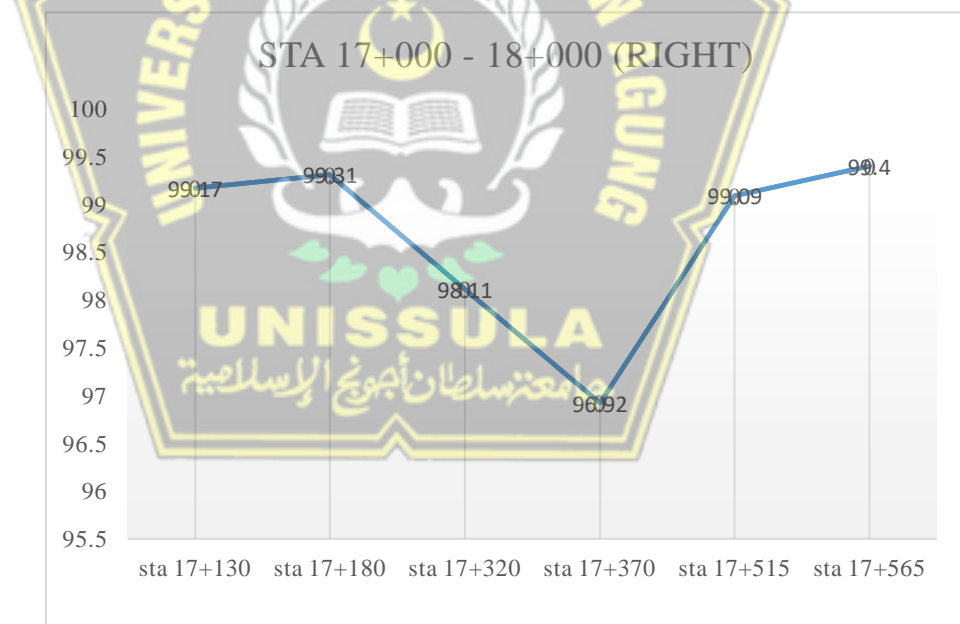
No.	TITIK PENGUJIAN	R/L	HASIL	STANDART
1	STA 17 + 125	L	98,46 %	Memenuhi
2	STA 17 + 175	L	99,37 %	Memenuhi
3	STA 17 + 330	L	97,14 %	Memenuhi
4	STA 17 + 380	L	98,04 %	Memenuhi
5	STA 17 + 525	L	97,28 %	Memenuhi
6	STA 17 + 575	L	98,45 %	Memenuhi
7	STA 17 + 825	L	99,17 %	Memenuhi
8	STA 17 + 875	L	99,28 %	Memenuhi
9	STA 17 + 130	R	99,17 %	Memenuhi
10	STA 17 + 180	R	99,31 %	Memenuhi
11	STA 17 + 320	R	98,11 %	Memenuhi
12	STA 17 + 370	R	96,92 %	Memenuhi
13	STA 17 + 515	R	99,09 %	Memenuhi
14	STA 17 + 565	R	99,40 %	Memenuhi
15	STA 17 + 820	R	97,98 %	Memenuhi
16	STA 17 + 870	R	98,00 %	Memenuhi

Tabel 4.1 Hasil kepadatan lapangan

Dari pengujian yang dilakukan di Proyek Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo tepatnya di Desa Karangnom Kecamatan Karangnom Kabupaten Klaten, tepatnya pada STA 17+000 – STA 18+000 sudah memenuhi persyaratan karena karena nilai yang didapatkan dari semua titik STA yang dilakukan pengujian rata – rata menghasilkan nilai $>$ dari 95%, sehingga telah memenuhi spesifikasi dan aman untuk menopang konstruksi di atasnya.



Gambar 4.2 Kurva Perhitungan STA



Gambar 4.3 Kurva Perhitungan STA

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian uji *sand cone* pada proyek jalan tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo ini dapat diambil kesimpulan :

1. Hasil uji *sand cone* di lapangan diperoleh nilai kepadatan pada 16 titik yang hampir sama, yaitu 98,46% , 99,37% , 97,14% , 98,04% , 97,28% , 98,45% , 99,17% , 99,28% , 99,17% , 99,31% , 98,11% , 96,92% , 99,09% , 99,40% , 97,98% , 98,00 % . Sehingga kondisi tanah ini sudah padat dan memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.
2. Evaluasi hasil dari 16 titik uji *sand cone* di lapangan yaitu nilai kepadatan memenuhi standar SNI 03-2828-1992 yaitu > 95%. Hal ini berarti bahwa tanah sudah padat dan siap dibangun konstruksi.

5.2 Saran

Beberapa hal yang dapat diberikan saran adalah sebagai berikut :

1. Sebelum melakukan proses pemadatan, dilakukan trial lintasan untuk mendapatkan jumlah lintasan yang optimal disetiap titik.
2. Sumber quarry tanah yang digunakan agar tidak berasal dari berbagai quarry, agar kualitas material yang akan digunakan dapat menghasilkan kualitas mutu yang sangat maksimal.
3. Derajat kepadatan tanah biasanya terjadi antara 95 % sampai 100 % , dengan ketentuan minimum 95% , jadi apabila perbandingannya kurang dari 95 % maka kondisi lapangan perlu dilakukan penambahan pemadatan kembali, sampai memenuhi perbandingan antara 95% - 100%.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, H. C. (n.d.). *TEKNIK*.
- Kendaraan, K. (n.d.). *Klasifikasi Kendaraan di Jalan Tol dengan Menerapkan Metode*.
- Oleh, D. (n.d.). *MEKANIKA*.
- ANALISIS KEPADATAN TIMBUNAN MENGGUNAKAN METODE SANDCONE PADA PEMBANGUNAN JALAN TOL SOLO - YOGYAKARTA STA 6+250.pdf*. (n.d.).
- ANALISIS RISIKO PEMBANGUNAN KONSTRUKSI JALAN TOL TAHAP KONSTRUKSI MENGGUNAKAN METODE SOFT SYSTEM METHODOLOGY (SSM) STUDI KASUS: JALAN TOL TRANS SUMATERA SEKSI 2 SIDOMULYO-KOTABARU (Sta. 39+400-Sta. 80+000) Maulda Nur Annisa Fanhar 1) Ika Kustiani 2) Amril Ma'ruf Siregar 3)*. (n.d.).
- Ikbal, F. M., & Zhafirah, A. (1992). *Evaluasi Kepadatan Tanah Timbunan dengan Sand Cone Test*. 1, 228–233.
- Hanneman, R. A. (2009). *Daftar Isi Daftar Isi* : 4(April), 2–5.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 2828:2011 Metode Uji Densitas Tanah di Tempat (lapangan) dengan Alat Konus Pasir. *Badan Standardisasi Nasional*, 10.
- Hadijah, I. (2015). Analisis kepadatan lapangan dengan sand cone pada kegiatan peningkatan struktur Jalan Tegineneng –Batas Kota Metro. *Tapak*, 4(2), 87–92.
- Alkalah, C. (2016). 濟無 No Title No Title No Title. 19(5), 1–23.
- Arini, S. Y., & Dwiyaniti, E. (2017). ANALISIS FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN TERJADINYA KELELAHAN KERJA PADA PENGUMPUL TOL DI PERUSAHAAN PENGEMBANG JALAN TOL SURABAYA. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 4(2), 113. doi: 10.20473/ijosh.v4i2.2015.113-122
- Permatasari, S. (2018). Analisis Kepadatan Lapangan Menggunakan Metode Konus Pasir (Sand Cone) Pada Desa Sebelimbing Kabupaten Kotabaru. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 8(1), 20–25.

- Putra, H. (2019). *Mekanika Tanah : Parameter dan Prosedur Pengujian*. January 2019, 1–157.
- Waruwu, A., Hardiyatmo, H. C., & Rifa'i, A. (2020). Uji Beban Timbunan yang Diperkuat dengan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Gambut. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 25(2), 152. doi: 10.14710/mkts.v25i2.21018
- Sismiani, A. (2020). *Analysys of Technical Characteristics of Landfill on the Toll Road Semarang-Solo Km 22+300 Analisis Sifat Teknis Tanah Timbunan Di Jalan Tol Semarang-Solo Km 22+300*. 7–14.
- Saputro, Y. A., Umam, K., & Fauziah, S. (2020). Analisis Sandcone Test (AASHTO T 191 dan ASTM D 1556 64). *Reviews in Civil Engineering*, 4(2), 41–46.
- Adenora, N. (2021). *Perbandingan Nilai Derajat Kepadatan Tanah Metode Standard Proctor dengan Alat Uji Tekan Modikasi dan Uji Sand Cone di Lapangan Pengertian tanah sudah sangat umum dan luas , dalam ilmu teknik sipil dapat diartikan bahwa tanah merupakan material yang terdi*. 9(4), 739–748.
- 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.
- Subagyo, S., & Nurokhman, N. (2021). Pengendalian Pekerjaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Interchange Bandara Adi Soemarmo Solo. *CivETech*, 3(2), 66–81. doi: 10.47200/civetech.v3i2.1059
- Widodo, A. W., & Yunus, M. G. O. (2022). *Laporan Internship Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo Jogja NYIA Kulon Progo, Paket 1.1 Solo Klaten STA 0+ 000 sd 22+ 300*. Retrieved from <https://repository.its.ac.id/96046/>
- Praxis. (2022). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する共分散構造分析 Title. *Journal of Economic Perspectives*, 2(1), 1–4. Retrieved from <http://www.ifpri.org/themes/gssp/gssp.htm> <http://files/171/Cardon-2008-Coaching-d'equipe.pdf> <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203> <http://mpoc.org.my/malaysian-palm-oil-industry/> <https://doi.org/10.1080/23322039.2017>

- Septian, S. F. N. (2022). Pelaksanaan Pemadatan Tanah Proyek Jalan Tol (Metode Prefabricated Vertical Drain) Akses Bandara Internasional Jawa Barat Paket 1 (Sta 0+000 – Sta 1+850). *Seminar Teknologi Majalengka (Stima)*, 6, 22–27. doi: 10.31949/stima.v6i0.747
- 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.
- Rizal Fahtoni, A. S. (2023). Analisis Kepadatan Tanah Menggunakan Sand Cone pada Peningkatan Struktur Jalan di Proyek Rancang dan Bangun Jembatan Akses Melintasi Sungai Cisadane di Kawasan PIK-2 Extension. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 361–366.
- W, B. D. P., Faizal, M. R., & Hanafi, M. R. (2024). Analisis Kepadatan Lapangan Dengan Metode Sand Cone Pada Pembangunan Jalan Lingkar Utara Lamongan. 2(2).

