

TESIS

**STUDI PENGARUH KARAKTERISTIK TANAH
DASAR TERHADAP KERUSAKAN STRUKTUR
PERKERASAN KAKU RUAS JALAN HOS
COKROAMINOTO PEMALANG**

Disusun dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Mencapai Gelar Magister Teknik (MT)



Diajukan Oleh :

ADI SETIAWAN

NIM : 20201900056

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN TESIS

STUDI PENGARUH KARAKTERISTIK TANAH
DASAR TERHADAP KERUSAKAN STRUKTUR
PERKERASAN KAKU RUAS JALAN HOS
COKROAMINOTO PEMALANG



Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Tanggal,.....

Pembimbing I,

(Prof. Dr. Ir. Antonius, MT.)

Tanggal,.....

Pembimbing II,

(Dr. Abdul Rochim, ST. MT.)

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

STUDI PENGARUH KARAKTERISTIK TANAH DASAR TERHADAP KERUSAKAN STRUKTUR PERKERASAN KAKU RUAS JALAN HOS COKROAMINOTO PEMALANG

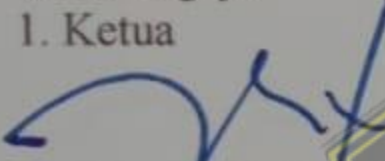
Disusun Oleh :

ADI SETIAWAN
NIM : 20201900056


Dipertahankan di Depan Tim Penguji Tanggal :
(30 Agustus 2023)

Tim Penguji:


1. Ketua


(Dr. Abdul Rochim, ST., MT)

2. Anggota


(Dr. Ir. H. Kartono Wibowo, MM., MT)

3. Anggota

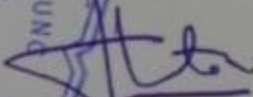

(Dr. Ir. H. Sumirin, MS)

Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Magister Teknik (MT)

Semarang, 04 September 2023

Mengetahui,

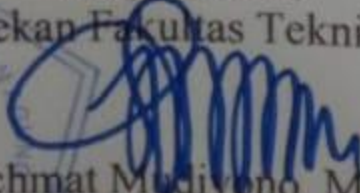
Ketua Program Studi


Prof. Dr. Ir. Antonius, MT

NIK. 210202033

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik


Ir. H. Rachmat Mediyono, MT., Ph.D

NIK. 210293018

MOTTO

Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik.

(QS. Ali Imron ; 110)

Dan sekiranya penduduk negeri beriman dan bertakwa, pasti Kami akan melimpahkan kepada mereka berkah dari langit dan bumi, tetapi ternyata mereka mendustakan (ayat-ayat Kami), maka Kami siksa mereka sesuai dengan apa yang telah mereka kerjakan.

(QS. Al A'rof ; 96)

"Janganlah seseorang tertipu dengan ilmunya, karena apa yang ia tidak tahu lebih banyak dari apa yang ia ketahui."

(Syarh Ad-Durrotul Madhiyah: 227)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tesis ini kami persembahkan untuk ;

- 1) Bapakku H Lilik Hadi Waluyo (Alm)
- 2) Ibuku, Hj Resmiyati
- 3) Istriku, Meliana Afifah
- 4) Anakku, Anindita Fikria Khairinniswa dan Muhamad Ghazzal Abqory
- 5) Temen temenku di Bidang Bina Marga, Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Pemalang

Seluruh dosen pengajar serta keluarga besar Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang



ABSTRAK

Studi Pengaruh Karakteristik Tanah Dasar Terhadap Kerusakan Struktur Perkerasan Kaku Ruas Jalan HOS Cokroaminoto Pemalang

Adi Setiawan¹⁾, Antonius²⁾, Abdul Rochim²⁾

Jalan HOS Cokroaminoto dilakukan pembangunan dengan menggunakan struktur *rigid pavement* pada tahun 2015, seiring berjalannya waktu dan proses pembangunan, saat ini lapis perkerasan jalan telah mengalami penurunan tingkat pelayanan, ditandai dengan adanya kerusakan pada lapis perkerasan jalan di beberapa tempat. Tanah merupakan salah satu penyebab dari kerusakan struktur jalan. Tujuan studi ini adalah untuk mengetahui karakteristik tanah dasar diruas jalan tersebut, guna mengetahui penyebab kerusakan dan cara perbaikannya.

Pengujian sifat karakteristik pada ruas jalan HOS Cokroaminoto Pemalang yang mengambil 2 sampel tanah yakni tanah di sekitar perumahan (sampel A) dan tanah disekitar persawahan (sampel B) meliputi pengujian kadar air (w), Berat jenis tanah (GS), Liquid Limit (LL), Plastic Limit (PL), Indeks Plastisitas (IP), Analisa Saringan, CBR, Gaya Geser Tanah (kohesi dan sudut geser tanah, Permeabilitas tanah dan Konsolidasi.

Menurut hasil penyelidikan tanah di laboratorium, tanah dasar di ruas jalan HOS. Cokroaminoto Pemalang termasuk dalam kategori tanah berbutir halus, dan didalam Manual Desain Perkerasan Jalan 2017, untuk mengurangi *pumping* hingga kedalaman 150 mm harus distabilisasi semen.

Kata kunci : Perkerasan jalan, Penyelidikan tanah, Pengujian, Pumping

- 1) Mahasiswa Program Magister Teknik Sipil, Universitas Sultan Agung Semarang;
- 2) Dosen Program Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

ABSTRAC

Study of the Effect of Subgrade Characteristics on Damage to Rigid Pavement Structures for road section HOS Cokroaminoto Pemalang

Adi Setiawan¹⁾, Antonius²⁾, Abdul Rochim³⁾

The construction of the HOS Cokroaminoto road using a rigid pavement structure was carried out in 2015. Over time and the development process, currently the road pavement layer has experienced a decline in the level of service, marked by damage to the road pavement layer in several places. Soil is one of the causes of damage to road structures. The purpose of this study is to determine the characteristics of the subgrade on the road, in order to determine the cause of the damage and how to repair it.

Testing the characteristic properties of the HOS Cokroaminoto Pemalang road section which took 2 soil samples, namely the soil around housing (sample A) and the soil around rice fields (sample B) including testing water content (w), soil specific gravity (GS), Liquid Limit (LL), Plastic Limit (PL), Plasticity Index (IP), Sieve Analysis, CBR, Soil Shear Force (cohesion and soil shear angle, Soil permeability and Consolidation.

According to the results of soil investigations in the laboratory, subgrade soil on the road section HOS Cokroaminoto Pemalang is included in the fine-grained soil category, and in the Manual Desain Perkerasan Jalan 2017, to reduce pumping to a depth of 150 mm it must be stabilized with cement.

Keywords : Pavement, Soil investigation, Testing, Pumping

- 1) Students of the Civil Engineering Masters Program, Sultan Agung University Semarang;
- 2) Lecturer in Master Program in Civil Engineering, Sultan Agung Islamic University, Semarang.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : ADI SETIAWAN

Nim : 20201900056

Dengan ini menyatakan bahwa tesis yang berjudul :

Studi Pengaruh Karakteristik Tanah Dasar Terhadap Kerusakan Struktur Perkerasan Kaku Ruas Jalan Hos Cokroaminoto Pemalang

Adalah benar hasil karya saya dan dengan penuh kesadaran bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiasi atau mengambil alih seluruh atau sebagian besar karya tulis orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Jika saya terbukti melakukan tindakan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Semarang, Agustus 2023

Adi Setiawan

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr. wb.

Segala puji bagi Allah SWT penulis panjatkan atas rahmat dan berkah yang dirasakan penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul “*studi pengaruh karakteristik tanah dasar terhadap kerusakan struktur perkerasan kaku ruas jalan hos cokroaminoto pemalang*” ini.

Tesis ini merupakan syarat akademis dalam menyelesaikan pendidikan S2 di Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung . Melalui tesis ini penulis dapat memahami pengaruh karakteristik tanah dasar terhadap kerusakan struktur jalan perkerasan kaku yang merupakan topik Tesis ini.

Atas selesainya Tesis ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak atas bantuan yang telah diberikan selama Tesis, antara lain kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Antonius, MT., selaku Ketua Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung.
2. Ir. M. Faiqun Niam, MT., selaku Sekretaris Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung.
3. Prof. Dr. Ir. Antonius, MT., selaku Dosen Pembimbing I dalam penyusunan tesis ini.
4. Dr. Abdul Rochim, ST. MT., selaku Dosen Pembimbing II dalam penyusunan tesis ini.
5. Seluruh dosen pengajar serta keluarga besar Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung
6. Orang tua, Kakak, istri dan anak-anak serta seluruh keluarga penulis yang telah memberikan dukungan moril dan materiil.

7. Teman-teman Magister Teknik Sipil Universitas Sultan Agung Angkatan XLIV Tahun 2020 dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
8. Keluarga Besar DPUTR Kab. Pemalang.

Penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dalam penyusunan Tesis ini. Penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan Tesis ini.

Akhir kata, semoga Tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan dan dapat menambah pemahaman setelah membacanya.

Semarang, Agustus 2023

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACvi
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Definisi Jalan.....	5
2.1.1 Klasifikasi jalan menurut fungsinya	5
2.1.2 Klasifikasi jalan menurut statusnya	6
2.1.2 Konstruksi Perkerasan Jalan	7
2.2 Jalan Beton.	7
2.2.1 Jenis Kerusakan Jalan Beton	8
2.2.2 Faktor yang mempengaruhi kerusakan jalan beton	11
2.3 Tanah	15
2.4 Tanah Ekspansif	17
2.4.1 Identifikasi kerusakan di atas tanah ekspansif	17
2.5 Lendutan dan Tegangan pada Tanah	19

2.5.1	Lendutan	19
2.5.2	Tegangan	19
2.6	Karakteristik Tanah	19
2.7	Penelitian Terdahulu	23
BAB III	METODE PENELITIAN	27
3.1	Umum	27
3.2	Studi Literatur	27
3.3	Observasi Lapangan	27
3.4	Parameter model	27
3.5	Penyiapan Alat dan Bahan	30
3.5.1	Alat Pengolahan Data	30
3.5.2	Alat Analisis/Pemodelan	30
3.5.3	Bahan	30
3.6	Pengujian Laboratorium	31
3.7	Analisa dan Pembahasan	33
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1	Hasil Pengujian Sifat Karakteristik Tanah.....	35
4.2	Perhitungan Stabilitas Jalan Rigid Dengan Plaxis	58
4.3	Analisa Pembahasan	63
BAB IV	PENUTUP.....	65
5.1	Kesimpulan	65
5.2	Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA		xiv
LAMPIRAN		xvi

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Retak Memanjang Jalan.....	2
Gambar 1.2 Retak Melintang Jalan	2
Gambar 2.1 Struktur Jalan Beton	8
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	29
Gambar 3.2 Pengambilan sampel tanah daerah persawahan	31
Gambar 3.3 Pengambilan sampel tanah daerah perumahan	31
Gambar 4.1 Grafik Gradasi Butiran <i>Unified</i>	36
Gambar 4.2 Grafik <i>Atteberg</i>	37
Gambar 4.3 Grafik <i>Proctor</i>	40
Gambar 4.4 Grafik CBR <i>Unsoaked</i>	40
Gambar 4.5 Grafik CBR <i>soaked</i>	41
Gambar 4.6 Grafik Direct Shear	42
Gambar 4.7 Grafik <i>Consolidation Test</i>	44
Gambar 4.8 Grafik gradasi butiran <i>Unified</i>	48
Gambar 4.9 Grafik <i>Atteberg</i>	49
Gambar 4.10 Grafik <i>Proctor</i>	51
Gambar 4.11 Grafik CBR <i>Unsoaked</i>	52
Gambar 4.12 Grafik CBR <i>soaked</i>	53
Gambar 4.13 Grafik Direct Shear	54
Gambar 4.14 Grafik <i>Consolidation Test</i>	56
Gambar 4.15 Desain Model Dalam Program PLAXIS (Sampel A)	59
Gambar 4.16 Desain Model Dalam Program PLAXIS (Sampel B)	60
Gambar 4.17 <i>Horisontal Displacement</i> Sampel Tanah A	60
Gambar 4.18 <i>Vertikal Displacement</i> Sampel Tanah A	61
Gambar 4.19 Tegangan Efektif Sampel Tanah A	61
Gambar 4.20 <i>Horisontal Displacement</i> Sampel Tanah B	62
Gambar 4.21 <i>Vertikal Displacement</i> Sampel Tanah B	62
Gambar 4.22 Tegangan Efektif Sampel Tanah B	63
Gambar 4.23 Rencana Struktur Perkerasan Kaku	64

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	klasifikasi dan penyebab kerusakan perkerasan kaku10
Tabel 2.2	Hubungan Indeks Plastisitas dan Potensi Mengembang 17
Tabel 2.3	Diameter ukuran lubang saringan21
Tabel 2.4	Berat Jenis Tanah21
Tabel 2.5	Penelitian terdahulu.....23
Tabel 4.1	kadar air tanah35
Tabel 4.2	berat jenis tanah36
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Grain Size37
Tabel 4.4	Hasil Pengujian batas cair (LL)38
Tabel 4.5	Hasil pengujian batas plastis (PL)39
Tabel 4.6	hasil pengujian indeks plastisitas40
Tabel 4.7	Hasil pengujian <i>proctor</i>40
Tabel 4.8	Hasil pengujian <i>Direct Shear</i>43
Tabel 4.9	Hasil Pengujian <i>Consolidation Test</i>44
Tabel.4.10	Hasil Pengujian <i>Permeabilitas (Falling Head Test)</i>46
Tabel 4.11	kadar air tanah47
Tabel 4.12	berat jenis tanah47
Tabel 4.13	Hasil Pengujian Grain Size48
Tabel 4.14	Hasil Pengujian batas cair (LL)50
Tabel 4.15	Hasil pengujian batas plastis (PL)51
Tabel 4.16	Hasil pengujian indeks plastisitas51
Tabel 4.17	Hasil pengujian <i>proctor</i>52
Tabel 4.18	Hasil pengujian <i>Direct Shear</i>55
Tabel 4.19	Hasil Pengujian <i>Consolidation Test</i>56
Tabel 4.20	Hasil Pengujian <i>Permeabilitas (Falling Head Test)</i>57
Tabel 4.21	Input Parameter Untuk Stabilitas Jalan Rigid60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sesuai dengan visi pemerintahan yang baru salah satunya adalah membangun infrastruktur di daerah, yang salah satunya infrastruktur jalan jalan di kabupaten. Selain pembangunan juga perlu adanya pemeliharaan rutin infrastruktur yang telah dibangun tahun sebelumnya, dimana pemeliharaan infrastruktur jalan dapat dilaksanakan sesuai dengan prioritas sehingga pembangunan yang dilaksanakan menjadi betul-betul terarah.

Transportasi darat yang mempunyai peranan penting dan paling dominan di Indonesia dibanding moda transportasi lain seperti transportasi udara dan transportasi laut. Diperlukan peningkatan maupun pemeliharaan jalan secara rutin sehingga dapat menunjang dan meningkatkan perekonomian di Indonesia khususnya di Pemalang. Sektor industri perikanan, garmen, perkebunan teh dan tebu di Pemalang merupakan sektor yang paling vital, dengan semakin majunya sektor tersebut maka diperlukan prasarana jalan yang baik untuk menunjang perkembangan sektor tersebut, salah satunya adalah dengan pemeliharaan jalan kabupaten di Pemalang, terutama jalan-jalan penghubung yang terkoneksi dengan jalan provinsi maupun jalan nasional (pantura). Salah satu jalan tersebut adalah ruas jalan HOS. Cokroaminoto yang merupakan jalan penghubung ke jalan nasional (pantura) dengan panjang 2,300 Km. Saat ini kondisi ruas jalan tersebut sangat padat, retak-retak di beberapa bagian dan beberapa sudah ditambal dengan aspal.

Jalan HOS Cokroaminoto dilakukan pembangunan dengan menggunakan struktur *rigid pavement* pada tahun 2015, namun seiring berjalannya waktu dan proses pembangunan, lapis perkerasan jalan telah mengalami penurunan tingkat pelayanan. Menurunnya tingkat pelayanan ditandai dengan adanya kerusakan pada lapis perkerasan jalan, di beberapa

tempat dimana lokasi sekitarnya daerah persawahan banyak ditemukan retakan memanjang searah dengan jalan (Gambar 1.1),



Gambar 1.1 Retak Memanjang Jalan

dan di beberapa tempat di sekitar perumahan mengalami kerusakan yang berbeda, seperti retak sudut dan retak melintang jalan (Gambar 1.2), salah satu komponen lingkungan fisik yang sangat mempengaruhi kualitas pelayanan dan kondisi konstruksi jalan adalah kualitas geofisik tanah (Daud, 2016).



Gambar 1.2 Retak Melintang Jalan

Tanah merupakan bagian dasar pada suatu konstruksi. Tanah yang akan digunakan untuk membangun suatu konstruksi jalan harus memenuhi

standar yang ada di Indonesia. Untuk itu tanah yang akan digunakan perlu diketahui karakteristiknya agar dapat mengetahui kekuatan dari tanah tersebut. Untuk mengetahui karakteristik suatu tanah perlu diadakannya penyelidikan tanah.

1.2. Rumusan Masalah

Menyambung uraian di atas, dirumuskan beberapa permasalahan, yang akan diproses dalam penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik tanah dasar Jalan HOS Cokroaminoto di sekitar daerah perumahan?
2. Bagaimana karakteristik tanah dasar Jalan HOS Cokroaminoto di sekitar daerah persawahan?
3. Bagaimana Pengaruh Karakteristik tanah dasar terhadap kerusakan ruas Jalan HOS Cokroaminoto Pemalang
4. Bagaimana cara mengatasi kerusakan ruas Jalan HOS Cokroaminoto Pemalang, berdasarkan penyebab terjadinya kerusakan?

1.3. Batasan Masalah

Diharapkan penelitian ini dapat mengarah pada masalah dan tidak berkembang luas dan keluar dari tujuan, maka masalah dibatasi sebagai berikut :

1. Lokasi yang akan diteliti adalah Ruas Jalan beton Jalan HOS Cokroaminoto Pemalang
2. Studi Penelitian ini akan menggunakan pengambilan sample di 2 titik berbeda yakni di pinggir jalan yang merupakan daerah persawahan dan pinggir jalan yang merupakan daerah perumahan.
3. Pengujian ini akan dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Sultan Agung Semarang

1.4. Tujuan Penelitian

Dari permasalahan yang terjadi, penelitian ini mempunyai tujuan yang berupa :

1. Mengidentifikasi karakteristik tanah dasar Jalan HOS Cokroaminoto di sekitar daerah perumahan
2. Mengidentifikasi karakteristik tanah dasar Jalan HOS Cokroaminoto di sekitar daerah persawahan
3. Mengetahui pengaruh Karakteristik tanah dasar terhadap kerusakan ruas Jalan HOS Cokroaminoto Pemalang
4. Menentukan perbaikan yang tepat untuk kerusakan ruas Jalan HOS Cokroaminoto Pemalang berdasarkan karakteristik tanah dasarnya

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Pengembangan teknologi dan ilmu pengetahuan
Hasil penelitian ini dapat memberikan masukan dan ilmu yang baru tentang faktor yang mempengaruhi kerusakan jalan rigid, terutama dari daya dukung tanahnya, diharapkan berguna untuk pengembangan pengetahuan di bidang pelaksanaan pekerjaan jalan.
2. Menunjang pembangunan Infrastruktur Jalan
Hasil penelitian bermanfaat dan sangat berguna bagi instansi terkait serta para pihak pembuat kebijakan untuk menjadikan bahan rujukan dalam menentukan kebijakan di bidang operasional dan pemeliharaan pekerjaan jalan.
3. Mengembangkan jasa konstruksi
Penelitian ini menjadikan manfaat untuk kontraktor konstruksi jalan, sebagai bahan tambahan untuk mengembangkan kualitas pelaksanaan pekerjaan jalan.
4. Bahan informasi
Bahan informasi bagi akademisi dan peneliti lain sebagai salah satu rujukan dalam penelitian lanjutan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu-lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel (Undang-Undang No. 38 Tahun 2004 tentang jalan). Jalan umum adalah jalan yang diperuntukan bagi lalulintas umum, jalan khusus adalah jalan yang dibangun oleh instansi, badan usaha, perseorangan, atau kelompok masyarakat untuk kepentingan sendiri. Bagian-bagian jalan meliputi ruang manfaat jalan, ruang milik jalan, dan ruang pengawasan jalan:

- Ruang manfaat jalan meliputi badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengamanannya.
- Ruang milik jalan meliputi ruang manfaat jalan dan sejalur tanah tertentu diluar ruang manfaat jalan.
- Ruang pengawasan jalan merupakan ruang tertentu diluar ruang milik jalan yang ada dibawah pengawasan penyelenggara jalan

2.1.1. Klasifikasi Jalan Menurut Fungsinya

Jalan umum adalah jalan yang diperuntukan bagi lalulintas umum, menurut fungsinya dikelompokkan kedalam jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal, dan jalan lingkungan (Undang-Undang No. 38 Tahun 2004 tentang jalan).

- A. Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
- B. Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak

sedang kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

- C. Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
- D. Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

2.1.2. Klasifikasi Jalan Menurut Statusnya

Jalan umum menurut statusnya dikelompokkan kedalam jalan nasional, jalan propinsi, jalan kabupaten, jalan kota, dan jalan desa (Undang-Undang No. 38 Tahun 2004 tentang jalan).

- A. Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota propinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.
- B. Jalan propinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota propinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis propinsi.
- C. Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk pada jalan nasional dan propinsi yang menghubungkan ibukota kabupaten dan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, dengan pusat kegiatan lokal.
- D. Jalan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil, serta menghubungkan antar pusat permukiman yang berada dalam kota.
- E. Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar pemukiman dalam desa, serta jalan lingkungan.

2.1.3. Konstruksi Perkerasan Jalan

Perkembangan pada bidang konstruksi jalan seiring dengan perkembangan perekonomian, industri dan perkembangan penduduk. Konstruksi perkerasan modern pada umumnya terdiri dari beberapa lapisan bahan dengan kualitas yang berbeda - beda.

Menurut Sukirman (1995), Konstruksi perkerasan dapat diklasifikasikan menjadi tiga konstruksi jalan berdasarkan bahan pengikatnya, yaitu:

- a. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*),
yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan - lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
- b. Konstruksi perkerasan kaku (*Rigid Pavement*),
yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*Portland Cement*) sebagai bahan pengikat pelat beton atau tanpa tulangan yang diletakkan di atas tanah dasar atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
- c. Konstruksi perkerasan komposit (*Composite Pavement*)
yaitu perkerasan kaku yang di kombinasikan dengan perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

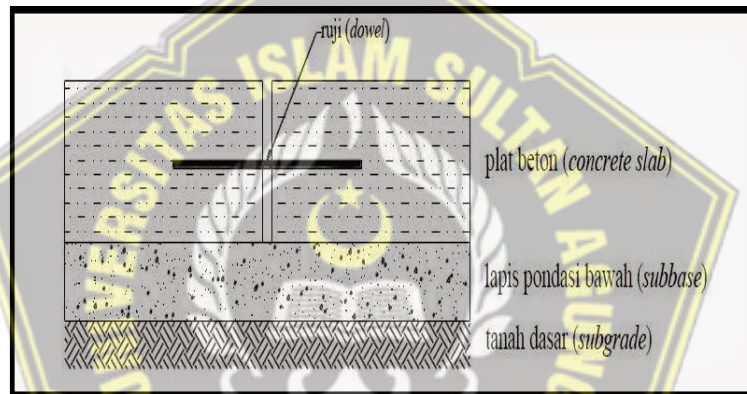
2.2. Jalan Beton

Jalan Beton merupakan perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat sehingga mempunyai kekakuan yang relatif cukup tinggi bila dibandingkan dengan perkerasan lentur, sehingga lebih sering disebut dengan perkerasan kaku atau *rigid pavement* (Anas Ali, 2000). Perkerasan beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan mendistribusikan beban terhadap bidang area tanah yang cukup luas. Sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari plat beton sendiri. Jalan beton adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau

menerus dengan tulangan terletak diatas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapisan permukaan beraspal. Struktur dan jenis perkerasan beton semen dibedakan kedalam 4 jenis: (Pd T-14-2003 Departemen pemukiman dan prasarana wilayah 2003)

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
4. Perkerasan beton semen pra-tegang

Gambar Struktur Jalan Beton



Gambar 2.1 Struktur Jalan Beton

2.2.1. Jenis Kerusakan Jalan Beton

Menurut Hardiyatmo (2007), kerusakan perkerasan kaku dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- 1) Deformasi (*deformation*), terdiri dari pemompaan, *blow-up*, penurunan, *punch out*, dan *rocking*.
- 2) Retak (*cracks*), terdiri dari retak memanjang, retak melintang, retak diagonal, retak berkelok, retak sudut, retak tekuk, retak susut, retak bersilang pelat, telat terbagi, dan retak daya tahan.
- 3) Desintegrasi (*disintegration*), terdiri dari *scaling*, gompal, agregat licin, dan *popout*.

Menurut buku standart Direktorat Bina Marga NO. 10/T/BNKT/1991, kerusakan perkerasan kaku dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Kerusakan Disebabkan Oleh Karakteristik Permukaan.

- a. Retak setempat, yaitu retak yang tidak mencapai bagian bawah dari slab.
- b. Patahan (*faulting*), adalah kerusakan yang disebabkan oleh tidak teraturnya susunan di sekitar atau di sepanjang lapisan bawah tanah dan patahan pada sambungan.
- c. Deformasi, yaitu ketidakrataan pada arah memanjang jalan.
- d. Abrasi, adalah kerusakan permukaan perkerasan beton yang dapat dibagi menjadi :
 - 1) Pelepasan butir, yaitu keadaan dimana agregat lapis permukaan jalan terlepas dari campuran beton sehingga permukaan jalan menjadi kasar.
 - 2) Pelicinan (*polishing*), yaitu keadaan dimana campuran beton dan agregat pada permukaan menjadi amat licin disebabkan oleh gesekan-gesekan.
 - 3) Aus, yaitu terkikisnya permukaan jalan disebabkan oleh gesekan roda kendaraan.

2. Kerusakan Struktur

- a. Retak-retak, yaitu retak-retak yang mencapai dasar slab.
- b. Melengkung (*buckling*), yang terbagi menjadi :
 - 1) Jembul (*blow up*), yaitu keadaan dimana slab beton menjadi tertekuk dan melengkung disebabkan tegangan dari dalam beton.
 - 2) Hancur, yaitu dimana keadaan slab beton mengalami kehancuran akibat dari tegangan tekan dalam beton. Pada umumnya kehancuran ini cenderung terjadi di sekitar sambungan.

Tabel 2.1 klasifikasi dan penyebab kerusakan perkerasan kaku

Klasifikasi		Penyebab Utama
Kerusakan disebabkan karakteristik permukaan		
Retak setempat	Retak yang tidak mencapai dasar slab	
	<ul style="list-style-type: none"> • Retak awal • Retak sudut • Retak melintang • Retak disekitar lapisan tanah dasar 	<ul style="list-style-type: none"> - Pengeringan berlebihan pada saat pelaksanaan - Daya dukung tanah dasar dan lapis pondasi yang tidak cukup besar - Susunan sambungan dan fungsinya tidak sempurna - Ketebalan slab kurang memadai - Perbedaan penurunan tanah dasar - Mutu beton rendah - Penyusutan struktur dan lapis pondasi - Konsentrasi tegangan
Patahan (<i>faulting</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak teraturnya susunan lapisan • Patahan slab 	<ul style="list-style-type: none"> - Pemadatan tanah dasar dan lapis pondasi kurang baik - Penyusutan tanah dasar yang tidak rata - Pemompaan (<i>pumping</i>)
Deformasi	<ul style="list-style-type: none"> • Ketidakrataan memanjang 	<ul style="list-style-type: none"> - Fungsi dowel tidak sempurna - Kurangnya daya dukung tanah - Perbedaan penurunan tanah
Abrasi	<ul style="list-style-type: none"> • Pelepasan butiran • Pelicinan (hilangnya ketahanan gesek) • Pengelupasan (<i>scaling</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - Lapis permukaan usang - Lapis permukaan aus penggunaan agregat lunak - Pelaksanaan yang kurang
Kerusakan sambungan	<ul style="list-style-type: none"> • Kerusakan pada bahan perekat sambungan 	<ul style="list-style-type: none"> - Bahan pengisi sambungan yang using - Bahan pengisi mengeras,

	<ul style="list-style-type: none"> • Kerusakan pada ujung sambungan 	<p>melunak, menyusut</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kerusakan susunan dan fungsi sambungan
Lain-lain	<ul style="list-style-type: none"> • Berlubang 	<ul style="list-style-type: none"> - Campuran agregat yang kurang baik seperti kepingan kayu didalam adukan - Mutu beton yang kurang baik
Kerusakan disebabkan Struktur		
Retak yang meluas	<ul style="list-style-type: none"> • Retak yang mencapai dasar slab • Retak sudut • Retak melintang/memanjang • Retak buaya 	<ul style="list-style-type: none"> - Kekuatan daya dukung tanah dan lapis pondasi kurang memadai - Struktur sambungan dan fungsinya kurang tepat - Perbedaan letak permukaan tanah - Mutu beton yang kurang baik - Kelanjutan dari retak-retak diatas
Melengkung	<ul style="list-style-type: none"> • Jembul • Hancur 	<ul style="list-style-type: none"> - Susunan sambungan dan fungsinya kurang tepat

Sumber : Direktorat Bina Marga NO. 10/T/BNKT/ 1991

2.2.2 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Kerusakan Jalan Beton

Menurut Sukirman (1995), kerusakan jalan pada konstruksi perkerasan jalan dapat disebabkan :

- a. Lalu lintas yang dapat berupa peningkatan beban, dan repetisi beban.
- b. Air, yang dapat berasal dari air hujan, sistem drainase jalan yang tidak baik, naiknya air akibat sifat kapilaritas.
- c. Material konstruksi perkerasan. Dalam hal ini dapat disebabkan oleh sifat material itu sendiri atau dapat pula disebabkan oleh sistem pengolahan bahan yang tidak baik.

- d. Iklim, Indonesia beriklim tropis, dimana suhu udara dan curah hujan umumnya tinggi, yang dapat merupakan salah satu penyebab kerusakan jalan
- e. Kondisi tanah dasar yang tidak stabil. Kemungkinan disebabkan oleh sistem pelaksanaan yang kurang baik, atau dapat juga disebabkan oleh sifat tanah dasarnya yang memang jelek.
- f. Proses pemadatan lapisan di atas tanah dasar yang kurang baik.

Pada umumnya kerusakan-kerusakan yang timbul itu tidak disebabkan oleh satu faktor saja, tetapi dapat merupakan gabungan penyebab yang saling kait mengait, sebagai contoh, retak pinggir, pada awalnya dapat diakibatkan oleh tidak baiknya sokongan samping. Dengan terjadinya retak pinggir, memungkinkan air meresap masuk ke lapis dibawahnya yang melemahkan ikatan antara beton dan agregat. Hal ini dapat menimbulkan lubang disamping melemahkan daya dukung lapisan dibawahnya. Dalam mengevaluasi kerusakan jalan perlu ditentukan :

- a. Jenis kerusakan (*distress type*) dan penyebabnya
- b. Tingkat kerusakan (*distress severity*)
- c. Jumlah kerusakan (*distress amount*)

Beberapa faktor lain yang dapat mempengaruhi kerusakan jalan antara lain :

1. Perencanaan

Perencanaan adalah merupakan proses yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran termasuk menyiapkan segala sumber daya untuk mencapainya. Perencanaan berarti memilih dan menentukan langkah-langkah dan kegiatan dimasa datang yang diperlukan untuk mencapai tujuan.

Suatu perencanaan, terutama perencanaan dasar berupa anggaran atau jadwal induk, hendaknya bersifat luwes (*flexible*), dalam arti dapat disesuaikan tanpa mengubah masalah prinsip bilamana masalah tersebut dipandang perlu, seperti perubahan situasi

dan kondisi pada waktu pelaksanaan yang tidak dapat diperkirakan sebelumnya (Dipohusodo, 1996).

Perencanaan yang tepat haruslah disusun secara sistematis dan memperhatikan faktor obyektifitas agar dapat berfungsi sebagai : (Soeharto, 1997)

- a. Sarana komunikasi yang efektif bagi semua pihak penyelenggara proyek;
- b. Dasar pengaturan alokasi sumber daya
- c. Pendorong para perencana dan pelaksana melihat kedepan dan menyadari pentingnya unsur waktu;
- d. Pegangan dan tolok ukur fungsi pengendalian.

Dalam perencanaan jalan, dapat digunakan program RDS (*Road Design Symplified*) yaitu suatu program yang dapat membantu mempercepat proses perhitungan perencanaan untuk menentukan tebal perkerasan dan lebar perkerasan suatu jalan. Program ini merupakan standar yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum.

Pada proyek pembangunan jalan, perencanaan dan pengendalian sangatlah diperlukan, karena (Soeharto, 1997) :

- a. Tidak ada/jarang sekali dijumpai proyek yang semua kegiatannya berjalan sesuai benar dengan perencanaan dasar.
- b. Perlu koreksi dan perbaikan terhadap penyimpangan yang ada.
- c. Untuk memperkecil/ menghilangkan penyimpangan yang ada.
- d. Agar tercapai tujuan proyek. Perencanaan dan pengendalian saling berkaitan erat, dan sangatlah penting karena akan berlangsung hampir sepanjang siklus proyek hingga tujuan proyek tercapai, yaitu terpenuhinya mutu, waktu dan biaya sesuai dengan perencanaannya. Sedemikian pentingnya faktor perencanaan dan pengendalian pada proyek konstruksi jalan sehingga kesalahan dalam perencanaan dapat mengakibatkan rendahnya kualitas jalan atau bahkan pendeknya umur rencana manfaat jalan, sehingga

sangat mempengaruhi tingkat kerusakan jalan, semakin baik perencanaan semakin baik pula hasil yang akan dicapai.

2. Pelaksanaan

Tahap selanjutnya adalah tahap pelaksanaan konstruksi, yaitu dengan mengorganisir dan menggerakkan sumber daya untuk mencapai sasaran proyek. Secara teoritis, sekitar 20% kegiatan manajemen proyek berupa perencanaan, dan selebihnya atau 80% adalah kegiatan pelaksanaan dan pengendalian (Soeharto, 1997), sehingga kekeliruan dalam proses pelaksanaan pembangunan konstruksi jalan dapat berakibat kepada rendahnya kualitas jalan, sehingga sangat perlu pengawasan yang ketat dari instansi terkait dalam melakukan pengawasan pelaksanaan pekerjaan jalan, tidak dipungkiri bahwa kualitas pelaksana dan pengawas berbeda beda tetapi ada panduan yang bisa di pakai sebagai dasar pelaksanaan suatu pekerjaan, yaitu hasil perencanaan.

3. Pemeliharaan

Banyak ruas jalan yang secara normatif perlu penanganan pemeliharaan berkala bahkan peningkatan struktur maupun kapasitas, namun karena keterbatasan dana, masih ditangguhkan, sebagai akibatnya adalah banyak ruas jalan yang tidak berfungsi sebagaimana mestinya karena mengalami kerusakan. Pemeliharaan jalan memerlukan ketelatenan dan penanganan secara terus menerus sepanjang tahun anggaran, hal ini berarti semua sumber daya yang meliputi : tenaga, peralatan, dan dana harus selalu tersedia.

4. Alam

Pada suatu pergerakan lalu lintas, alam mempunyai sifat yang dapat mempengaruhi kerusakan jalan, diantaranya yaitu : kondisi/ jenis tanah, topografi, air tanah, dan lain-lain. Manusia sebagai pelaku

pergerakkan selalu mencoba untuk mengantisipasi kendala yang disebabkan sifat alam, atau mencoba merekayasa sifat alam sesuai dengan kehendaknya.

Jenis tanah yang memiliki daya dukung rendah akan sangat rawan bila di atasnya dibangun jenis jalan yang mempunyai kapasitas/ volume lalu lintas yang tinggi. Demikian pula dengan pembangunan jalan di atas bukit yang mudah longsor, akan berisiko besar terhadap terjadinya kerusakan jalan.

Oleh sebab itu pola kontur alam berpengaruh terhadap kerusakan jalan. Disamping itu kondisi fisik alam juga berpengaruh terhadap kelas atau hirarki jalan, pengaruh ini biasanya terwujud dalam pemilihan tapak ruas jalan tertentu. Jenis tanah yang labil akan dihindari dalam penentuan pembangunan ruas jalan baru, terkecuali apabila tidak ada alternatif lainnya.

5. Pengguna Jalan

Faktor lain yang menyebabkan terjadinya kerusakan jalan selain perencanaan, pelaksanaan, pemeliharaan, alam adalah faktor pengguna jalan. Faktor kelakuan pengguna jalan, baik disengaja maupun tidak disengaja dapat mengakibatkan kerusakan jalan, antara lain berupa kecelakaan, dan pengangkutan beban kendaraan yang melebihi tonase yang telah ditetapkan.

2.3 Tanah

Tanah adalah Lapisan paling atas dari permukaan bumi yang mengandung suatu material atau bahan yang terdiri dari agregat (butiran) mineral – mineral padat yang tidak tersedimentasi satu sama lain dan dari bahan – bahan organik yang telah melapuk serta mengandung berbagai jenis zat cair dan gas yang mengisi ruang – ruang kosong diantara partikel – partikel tanah. Bahan anorganik sebelum terjadi pembentukan tanah, pada awalnya mengalami pelapukan sehingga menjadi butir – butir halus/kecil

yang sering disebut regolith. Selanjutnya regolith tersebut mengalami pelapukan juga sehingga hancur dan melebur dengan tanah (Pratikso, 2017).

Secara umum pengertian tanah adalah tanah sebagai bahan yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang dapat terikat secara kimia (sementasi), antara satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk yang berpartikel padat yang disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1998).

Tanah sebagai massa dari partikel-partikel yang bentuknya tak beraturan dan ukurannya bermacam-macam, terdiri dari partikel (atau bahan padat), rongga (pori atau ruang) di antara partikel tersebut, air pada sebagian rongga dan udara yang memenuhi ruang kosong yang tersisa (Bowles, 1984). Ukuran partikel tanah sangat beragam dan bervariasi yang cukup besar. Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*gravels*), pasir (*sand*), lanau (*silt*) atau lempung (*clays*), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut. Ukuran partikel tanah dibedakan menjadi empat macam yaitu :

1. Kerikil (*gravels*) adalah kepingan-kepingan dari batuan yang kadang-kadang juga mengandung partikel-partikel mineral quartz, feldspar dan mineral-mineral lain, Diameter butiran > 5 mm.
2. Pasir (*sand*) sebagian besar terdiri dari mineral quartz dan feldspar. Butiran dari mineral yang lain mungkin juga masih ada pada golongan ini , Diameter butiran 0,0075 – 5,0 mm.
3. Lanau (*silt*) sebagian besar merupakan fraksi mikroskopis (berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran quartz yang sangat halus, dan sejumlah partikel-partikel berbentuk lempengan-lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral-mineral mika, Diameter butiran 0,002 – 0,0075 mm.
4. Lempung (*clays*) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan

merupakan partikel-partikel dari mika. Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm (= 2 mikron).

2.4 Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif merupakan jenis tanah yang memiliki potensi mengembang dan menyusut yang besar. Pada saat musim penghujan dan bertambah kadar air tanahnya, maka tanah ini akan mengalami pengembangan dan terjadi peningkatan tekanan air pori didalamnya dan sebaliknya pada musim kemarau, maka kadar air pada tanah ini berkurang, sehingga terjadi penyusutan.

Sifat fisik pada tanah yang sangat berpengaruh kembang susut tanah ekspansif antara lain yaitu (FH, Chen, 1988) kandungan kadar air pada kondisi kepadatan kering tanah dan nilai properties. Chen memberikan petunjuk untuk menilai potensi pengembangan pada tanah ekspansif dilihat dari nilai persentase daya dukung tanahnya, kondisi batas cair dan nilai tahanan penurunan tanah di lapangan, korelasi tersebut disajikan dalam tabel

Tabel 2.2 Hubungan Indeks Plastisitas dan Potensi Mengembang

Indeks Plastisitas (%)	Potensi Pengembangan
0 – 15	Rendah
10 – 35	Sedang
20 – 55	Tinggi
>35	Sangat Tinggi

Sumber : FH. Chen (1988)

2.4.1 Identifikasi kerusakan di atas tanah ekspansif

Kerusakan jalan diatas tanah ekspansif umumnya adalah retak memanjang dan atau penurunan badan jalan yang diperkirakan kembang susut yang terjadi di bawah permukaan perkerasan jalan.

Kerusakan jalan yang diakibatkan oleh perilaku tanah ekspansif dapat dilihat dengan ciri ciri seperti tersebut di bawah ini :

a. Retakan

Retakan pada perkerasan terjadi akibat adanya penyusutan ataupun pengembangan tanah. Retakan bisa memanjang dengan lebar bervariasi, mulai retak rambut sampai membentuk celah selebar 10 cm, kedalaman retakan bisa mencapai 50 cm. Retakan disebabkan oleh ratak yang terjadi pada tanah dasar dan secara refleksi menjalar ke struktur yang ada di atasnya

b. Pengangkatan Tanah

Pengangkatan tanah diakibatkan oleh mengembangnya tanah ekspansif yang berada di bawah permukaan perkerasan. Pengangkatan tanah ini mempengaruhi struktur perkerasan yang menyebabkan permukaan jalan bergelombang, atau bisa terjadi pada tepi perkerasan jalan akibat adanya pemompaan tanah dasar yang lunak oleh repitisi kendaraan yang lewat.

c. Deformasi (Penurunan)

Penurunan permukaan perkerasan jalan terjadi akibat perubahan sifat tanah dasar menjadi tanah lunak atau terjadinya pengecilan volume akibat proses penyusutan tanah.

d. Longsoran

Air permukaan yang berada di atas permukaan dapat masuk ke struktur tanah dibawahnya melalui celah permukaan jalan yang dapat mengakibatkan tanah menjadi jenuh air dan kadar air dalam tanah meningkat. Dengan adanya peningkatan kadar air dalam tanah ekspansif, maka dapat mengakibatkan kuat geser tanah menjadi berkurang dan akan mencapai kuat geser kritisnya. Semakin berkurangnya kuat geser tanah berakibat semakin berkurangnya daya dukung tanahnya, sehingga tanag tidak lagi kuat menahan beban diatasnya, dan terjadilah longsoran.

2.5 Lendutan dan Tegangan pada tanah

2.5.1 Lendutan

Pembangunan jalan diatas tanah lunak akan mengalami beberapa masalah geoteknik, salah satunya adalah masalah lendutan yang besar dan berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Lendutan adalah perpindahan permukaan arah vertikal yang berhubungan dengan perubahan volume yang disebabkan oleh penerapan suatu beban (Suaryana, 2008). Lendutan tanah di bawah timbunan akan menyebabkan melengkung atau turunnya permukaan perkerasan jalan (Kurnia, 2014). Struktur yang dibangun diatas tanah lunak dirancang sesuai dengan kekuatan gesernya dan akan mengalami lendutan seketika yang bervariasi terhadap waktu dan beban yang diterapkan. Lendutan seketika dikarenakan kelebihan tekanan air pori akibat beban (Mohamed, 2013)

2.5.2 Tegangan

Tegangan tanah merupakan perkalian berat volume tanah dengan kedalaman, semakin besar volume tanah dan juga kedalaman tanah, semakin besar tegangan yang terjadi. Tanah adalah sistem yang berfase banyak. Dalam suatu tanah dengan volume tertentu, butiran pori tersebut saling berhubungan satu sama lain, hingga merupakan suatu saluran, seperti kemampuan memampat dari tanah, daya dukung pondasi, kestabilan timbunan, tekanan tanah horisontal.

2.6 Karakteristik tanah

Karakteristik tanah bertujuan untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis tanah yang akan digunakan pada suatu konstruksi. Karakteristik tanah juga digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah dan kuat geser tanah yang mampu menahan konstruksi diatasnya. Pengujian – pengujian yang dilakukan untuk menentukan karakteristik tanah :

2.6.1 Kadar Air

Besarnya volume air yang terkandung di dalam pori tanah dibanding dengan volume pori tanah yang ditempati oleh air dan udara disebut derajat kejenuhan (*degree of saturation*) yang dinotasikan dengan *S*. Besarnya kandungan air yang terdapat di dalam suatu contoh tanah yang sering disebut kadar air, *w*. (*moisture content* atau *water content*) dinyatakan dalam presentase terhadap berat tanah dalam keadaan kering .

2.6.2 Batas Batas Atterberg

Apabila tanah kehilangan kadar air didalamnya tidak lagi menyebabkan perubahan volume total tanah (penyusutan), maka kondisi ini disebut fase padat soil (solid). Hubungan fase-fase tersebut disebut dengan batas-batas *Atterberg*.

- *Batas Cair (Liquid Limit) LL*

Batas cair adalah kadar air yang terkandung didalam tanah pada perbatasan antara fase cair dan fase plastis. Tujuan dari penelitian batas cair adalah untuk menentukan kadar air didalam sampel tanah pada saat fase tanah akan berubah dari cair ke plastis ataupun sebaliknya.

- *Batas Plastis (Plastic Limit) PL*

Batas plastis adalah kadar air di dalam tanah pada fase plastis dan fase semi padat. Apabila kadar air disuatu tanah berkurang, dari cair menjadi lebih keras maka fase ini lah yang disebut semi padat. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kadar air pada fase cair menjadi semi padat ataupun sebaliknya.

2.6.3 Analisa Sarangan

Analisa saringan adalah metode yang digunakan untuk menentukan penyebaran (distribusi) butiran tanah yang mempunyai ukuran 0,075 mm (saringan no.200). Diameter ukuran lubang saringan dapat dilihat pada Tabel di bawah ini. Analisa saringan dengan metode kering (*dry method*) Pengujian ini dilakukan apabila tanah yang akan ditentukan penyebaran

butiran cukup bersih dan hanya mengandung sedikit butiran halus. Saringan disusun dan diayak menggunakan mesin pengayak.

Tabel 2.3 Diameter ukuran lubang saringan

Diameter Ukuran Lubang Saringan *America Society for Testing and Materials, ASTM*

Nomor Saringan	Ukuran Lubang (mm)
No.4	4,76
No.6	3,35
No.8	2,36
No.10	2
No.16	1,18
No.20	0,841
No.30	0,595
No.40	0,425
No.50	0,3
No.60	0,25
No.80	0,18
No.100	0,15
No.140	0,106
No.170	0,088
No.200	0,075

2.6.4 *Specific Gravity* (Gs)

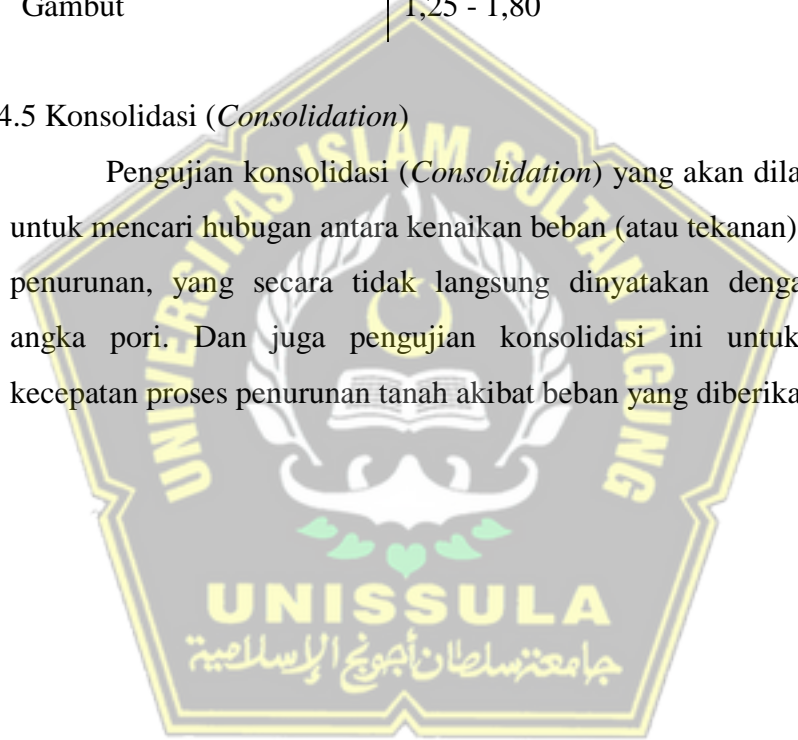
Specific Gravity (Gs) adalah angka perbandingan yang digunakan untuk berat isi butir tanah dengan berat isi air pada suhu tertentu. Tabel berat jenis tanah dapat dilihat pada Tabel di bawah ini

Tabel 2.4 Berat Jenis Tanah

Macam Tanah	Berat Jenis (GS)
Kerikil	2,65 - 2,68
Pasir	2,65 - 2,68
Lanau Tak Organik	2,62 - 2,68
Lempung Organik	2,58 - 2,65
Lempung Tak Organik	2,68 - 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 - 1,80

2.4.5 Konsolidasi (*Consolidation*)

Pengujian konsolidasi (*Consolidation*) yang akan dilakukan adalah untuk mencari hubungan antara kenaikan beban (atau tekanan) dan besarnya penurunan, yang secara tidak langsung dinyatakan dengan perubahan angka pori. Dan juga pengujian konsolidasi ini untuk mengetahui kecepatan proses penurunan tanah akibat beban yang diberikan.



2.7. Penelitian Terdahulu

Berikut ini beberapa penelitian terdahulu tentang kerusakan struktur jalan perkerasan kaku. Untuk selengkapnya lihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 : Penelitian Terdahulu

No	Judul	Penulis, Tahun publikasi	Deskripsi
1.	Analisis lendutan struktur perkerasan kaku akibat pengaruh kadar air tanah dasar	Hendra Wahyu, Suherman Sulaiman, Mujiman (2018)	Pada penelitian ini, terdapat 3 (tiga) variasi tanah dasar dengan penambahan persentase kadar air berdasarkan berat kering tanah, yaitu variasi 1 dengan kadar air tanah sebesar 30%, variasi 2 dengan kadar air tanah sebesar 40%, dan variasi 3 dengan kadar air tanah sebesar 50%. Pengujian CBR unsoaked dilakukan skala laboratorium untuk memperoleh batasan untuk pemadatan dan pengujian CBR di lapangan. Hasil uji CBR Masing-masing variasi diberikan beban kuasi statik secara terpusat sebesar 2 kN, 5 kN, dan 10 kN dan mencapai keruntuhan berturut-turut untuk variasi 1, variasi 2, dan variasi 3. Untuk Pembebanan menggunakan Benda uji beton terdiri dari <i>lean concrete</i> dengan ukuran

	<p>2. Analisis Lendutan Perkerasan Kaku Pada Tanah Lunak Dengan Perkuatan Kolom Soil Cement</p>	<p>Yanto, F. H. (2015)</p>	<p>1000 x 1000 x 35 mm dan pelat beton dengan ukuran 1000 x 1000 x 100 yang dibuat masing-masing sebanyak 3 buah.</p> <p>Dari hasil penelitian didapatkan Daya dukung pelat beton maksimum menurun akibat peningkatan kadar air tanah dasar sebesar 82,56 kN, 62,49 kN dan 30,06 kN. Nilai lendutan meningkat seiring bertambahnya kadar air pada tanah dasar. Pada variasi 1 dengan beban sebesar 82,56 kN, diperoleh nilai lendutan sebesar 6,37; selanjutnya pada variasi 2 dengan beban sebesar 62,33 kN, diperoleh lendutan sebesar 6,44 mm; kemudian untuk variasi 3 dengan beban sebesar 30,064 kN diperoleh lendutan sebesar 7,56 mm.</p> <p>Pada penelitian ini, bertujuan untuk menghitung perbandingan kerusakan struktur jalan perkerasan kaku akibat dari lendutan tanah dasar yang lunak dengan perkuatan Kolom Soil Cement, perhitungan analisa dalam penelitian ini menggunakan metode perhitungan Plaxis 3d.</p> <p>Parameter karakteristik tanah dasar diambil dari tes Laboratorium Mekanika Tanah UNS Surakarta, dan</p>
--	---	----------------------------	--

			<p>komponen perkerasan kaku diasumsikan dengan lapisan perkerasan beton semen dimensi 6 x 3 m dengan tebal 28 cm, perkerasan beton kurus tebal 10 cm dan lapisan base course 10 cm.</p> <p>Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur jalan perkerasan kaku yang tanpa menggunakan perkuatan, mengalami lendutan maksimum sebesar 63, 83 mm. Perbandingan lendutan masing masing konfigurasi terhadap lendutan ijin rata rata 91,88%, hal ini dapat disimpulkan bahwa struktur jalan perkerasan kaku dengan perkuatan Kolom Soil Cement merupakan salah satu metoda perbaikan untuk mengurangi besarnya lendutan.</p> <p>Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan mengevaluasi permasalahan kerusakan struktur perkerasan kaku yang terjadi pada Sta 2+539 s/d Sta. 2+555 proyek pembangunan jalan tol balikpapan samarinda. Metoda penelitian dengan melakukan pengumpulan data primer seperti survei pendahuluan berupa pengambilan data tanah langsung</p>
3.	Kajian Kerusakan Wet Lean Concrete & Concrete Pavement Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Balikpapan Samarinda	Hartono, J., & Santoso, H. T. (2021)	

dilapangan untuk di uji parameternya serta gambar pelaksanaan pekerjaan untuk pengambilan data sekunder. Hasil penelitian menyebutkan bahwa, Penurunan tanah tersebut diakibatkan oleh pemadatan yang kurang sempurna pada saat pelaksanaan serta air hujan yang terperangkap didalam tanah sehingga menyebabkan tanah menjadi lunak/gembur. Tanah dasar yang turun mengakibatkan penurunan pekerjaan lean concrete dan retaknya rigid pavement. Kerusakan ini muncul akibat pelemahan daya dukung tanah yang menyebabkan penurunan pada lapisan subgrade. Dibagian lain air keluar membawa butiran tanah sehingga menyebabkan lean concrete pecah dan rigid menggantung



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Pada penelitian ini terlebih dahulu mengumpulkan jurnal-jurnal sebagai referensi, mengumpulkan literatur ataupun teori-teori yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan metode yang akan digunakan adalah metode uji laboratorium yang akan dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Tahap-tahap dalam penelitian digambarkan secara ringkas pada Gambar 3.1.

3.2 Studi Literatur

Untuk studi literatur pertama kali mengumpulkan jurnal-jurnal teknik sipil yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan, buku mekanika tanah, buku pratikum laboratorium mekanika tanah dan juga SNI yang berhubungan dengan penelitian. Hasil dari penelitian ini akan diolah dengan melihat literatur yang berhubungan dengan penelitian tersebut.

3.3 Observasi lapangan

Untuk mendapatkan data kerusakan jalan di daerah penelitian, observasi lapangan (*walk over*) dilakukan disepanjang ruas jalan yang mengalami kerusakan. Ruas Jalan yang akan menjadi obyek penelitian adalah Ruas Jalan HOS Cokroaminoto Pemalang, dimana panjang keseluruhan ruas ini adalah 2300 meter

3.4 Paramater Model

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang baik, maka diperlukan adanya data masukan yang valid, sehingga memudahkan dalam melakukan suatu analisa. Data masukan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Beban Lalu Lintas

Beban kendaraan yang melintasi obyek penelitian disesuaikan dengan Standar Perencanaan Bina Marga terkait beban maksimum Muatan Sumbu Terpusat (MST) yakni 8 Ton

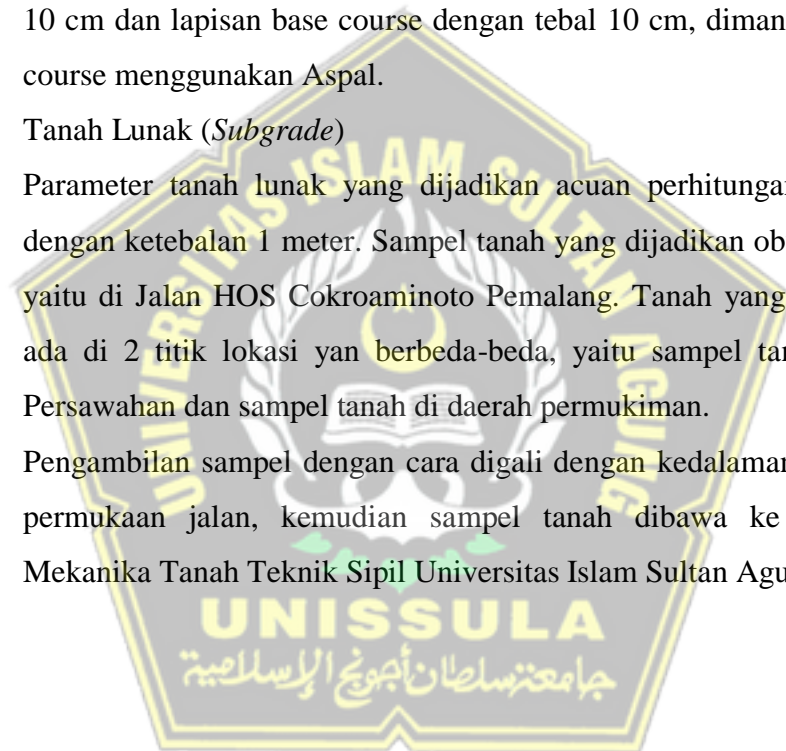
2. Komponen Perkerasan Kaku

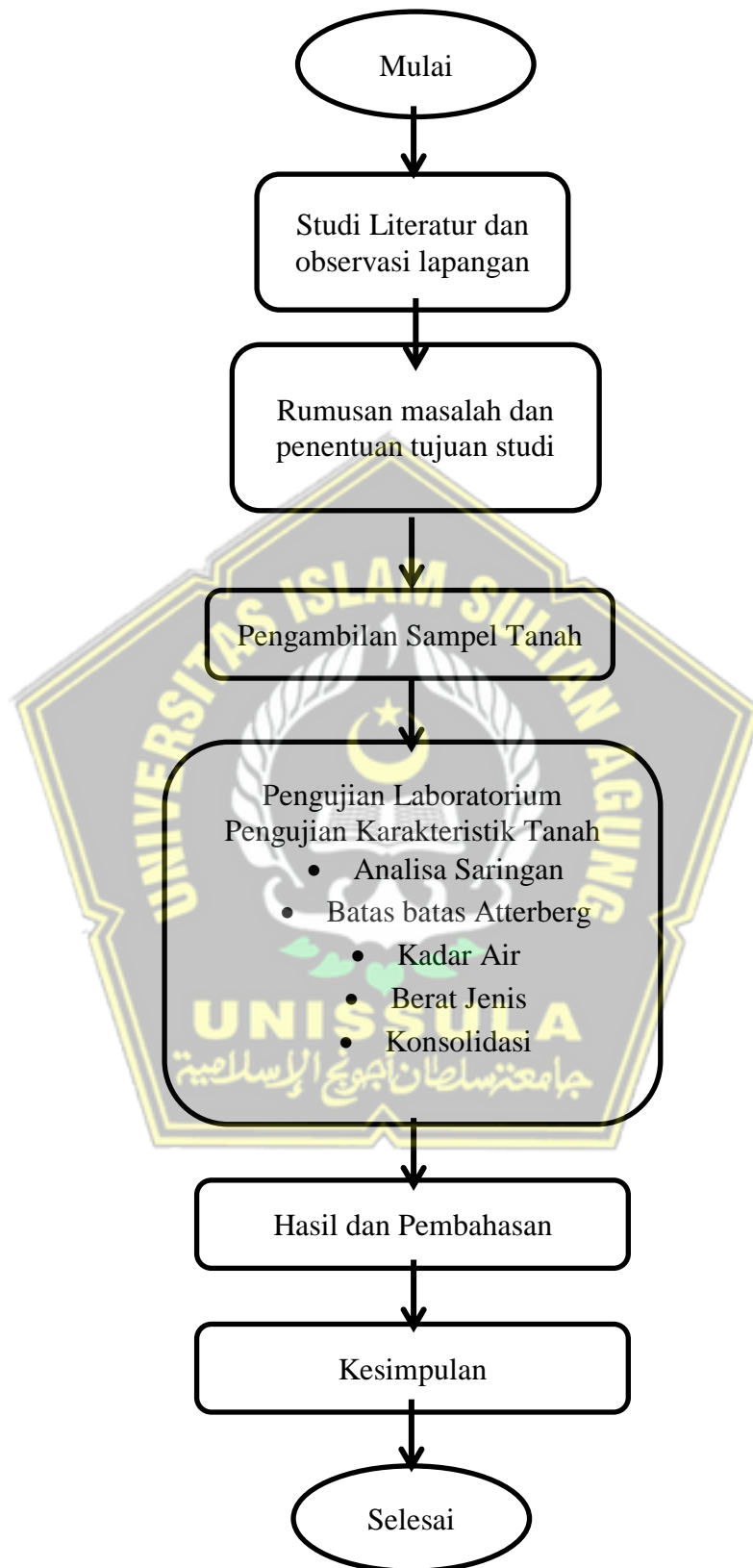
Komponen Perkerasan kaku yang dijadikan Parameter dalam penelitian ini meliputi : Lapisan perkerasan beton semen bertulang K.350 (Fs'45; U32) dengan ketebalan 25 cm, Lapisan beton kurus K.125 dengan tebal 10 cm dan lapisan base course dengan tebal 10 cm, dimana lapisan base course menggunakan Aspal.

3. Tanah Lunak (*Subgrade*)

Parameter tanah lunak yang dijadikan acuan perhitungan dimodelkan dengan ketebalan 1 meter. Sampel tanah yang dijadikan obyek penelitian yaitu di Jalan HOS Cokroaminoto Pemalang. Tanah yang akan diambil ada di 2 titik lokasi yang berbeda-beda, yaitu sampel tanah di daerah Persawahan dan sampel tanah di daerah permukiman.

Pengambilan sampel dengan cara digali dengan kedalaman 1 meter dari permukaan jalan, kemudian sampel tanah dibawa ke laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Penyiapan Alat dan Bahan

3.5.1 Alat Pengolahan Data

Alat pengolahan data dimaksudkan sebagai penunjang didalam melakukan penelitian untuk mendapatkan hasil – hasil dari pengujian sifat tanah dan karakteristik tanah dasar di laboratorium. Adapun alat – alat yang akan digunakan dalam penelitian ini semuanya terdapat di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

3.5.2 Alat Analisis / Pemodelan

Semua parameter yang didapatkan baik itu dari data sekunder, maupun estimasi diinput kedalam *plaxis*. Parameter ini ditentukan berdasarkan referensi yang ada dan contoh dari lapangan. Dari hasil olahan parameter dasar, dibuat parameter parameter untuk diinput kedalam PLAXIS 2D versi 8.6.

3.5.3 Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini menggunakan tanah dasar yang diambil dari lokasi langsung dengan cara digali jarak 1 meter dari tepi badan jalan dan kedalaman 1 meter dari permukaan jalan. Terdapat 2 titik berbeda yang diambil sampel tanahnya untuk penelitian yaitu

1. Titik A

Pengambilan sampel titik pertama yakni daerah yang berada disekitar persawahan (Gambar 3.2)



Gambar 3.2 : Pengambilan sampel tanah daerah persawahan

2. Titik B

Pengambilan sampel titik pertama yakni daerah yang berada disekitar perumahan penduduk (Gambar 3.3)



Gambar 3.3 : Pengambilan sampel tanah daerah perumahan

3.6 Pengujian Laboratorium

Pada tahap ini pengujian yang akan dilakukan yaitu pengujian karakteristik tanah. Pengujian yang akan dilakukan yaitu Pemeriksaan Kadar Air, Specific Gravity (Gs), Batas-Batas *atterberg*, Analisa Saringan, Kuat Geser menggunakan Metode Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression*

Strength Test), Konsolidasi (*Consolidation*) dan Klasifikasi Tanah yang akan didapat nanti setelah penelitian ini. Sebelum melakukan pengujian di Laboratorium, terlebih dahulu menyiapkan peralatan yang akan digunakan untuk pengujian.

a. Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui kadar air asli pada tanah. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung, Semarang. Pengujian ini mengacu pada SNI 1965:2008.

b. Pengujian Batas Batas *Atterberg*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai batas cair, batas plastis, batas susut. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung, Semarang. Pengujian ini mengacu pada SNI 1967:2008, dan SNI 1966:2008.

c. Pengujian *Specific Gravity* (Gs)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ukuran butiran sampel tanah. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung, Semarang. Pengujian ini mengacu pada SNI 1964:2008.

d. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran sampel tanah. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Sultan Agung, Semarang. Pengujian ini mengacu pada SNI 3423:2008.

e. Konsolidasi (*Consolidation*)

Pengujian ini bertujuan untuk mencari hubungan kenaikan beban dengan besarnya penurunan yang secara tidak langsung disebut dengan angka pori. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.

f. Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compression Strength Test)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui parameter kekuatan geser tanah dan sudut geser dalam. Sampel yang akan diambil dapat dilihat pada Tabel 3.2. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung, Semarang. Pengujian ini mengacu pada SNI 3638:2012.

3.7 Analisa Hasil Pembahasan

Dari hasil pengujian didapatkan nilai kadar air, derajat kejenuhan, batas - batas *Atterberg*, indeks plastisitas tanah, didapat juga nilai analisa saringan, berat jenis tanah, konsolidasi, kohesi dan juga uji kuat tekan bebas kemudian didapatkan karakteristik tanah berupa sifat fisis dan sifat mekanis tanah.

Setelah diketahui nilai karakteristik tanah maka perhitungan penelitian ini menggunakan program PLAXIS 2D versi 8.6, yang menghasilkan *output* berupa perpindahan / lendutan, tegangan, dan gaya - gaya dalam. Selanjutnya, hasil *output* tersebut dianalisis lebih lanjut dan di sandingkan dengan Manual Desain Perkerasan Tahun 2017 untuk mengetahui pengaruh karakteristik tanah dengan kerusakan struktur Perkerasan kaku jalan HOS Cokroaminoto Pemalang.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Sifat Karakteristik Tanah

Pengujian sifat karakteristik pada ruas jalan HOS Cokroaminoto Pemalang yang mengambil 2 sampel tanah yakni tanah di sekitar perumahan (sampel A) dan tanah disekitar persawahan (sampel B) meliputi pengujian kadar air (w), Berat jenis tanah (GS), Liquid Limit (LL), Plastic Limit (PL), Indeks Plastisitas (IP), Analisa Saringan, CBR, Gaya Geser Tanah (kohesi) dan sudut geser tanah, Permeabilitas tanah dan Konsolidasi.

4.1.1 Hasil Uji tanah di sekitar perumahan (sampel A)

a. Pengujian Kadar air

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kadar air yang berada di sekitar perumahan, hasil dari pengujian kadar air yang dilakukan di laboratorium didapatkan data yang selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 kadar air tanah

Keterangan sampel	Satuan	Tanah Asli
No. Cawan		4
Berat cawan + sampel basah	Gr	119,50
Berat cawan + sampel kering	Gr	94,69
Berat cawan	Gr	6,08
Berat air	Gr	24,81
Berat tanah kering	Gr	88,61
Kadar air	%	27,99
Berat sampel basah + Alat	Gr	491,96
Berat sampel basah	Gr	298,80
Berat Alat	Gr	193,16
Volume alat ($\Theta = 6,4 \text{ cm}$, $t = 5 \text{ cm}$)	Cm^3	160,77
Berat volume basah (γ_b)	Gr/ Cm^3	1,86
Berat volume kering (γ_k)	Gr/ Cm^3	1,45
Void Ratio (e)		0,73
Porosity (n)	%	0,42
Derajat kejenuhan tanah (SR)	%	96,00

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)

Dari Tabel 4.1, disimpulkan bahwa kadar air yang terkandung di dalam sampel tanah adalah 27,99%, dan derajat kejenuhan 96,00 %. Merujuk

pada hasil penelitian atau Teori peneliti sebelumnya (Hadiyatmo, 2002) bahwa angka ini artinya adalah tanah pada daerah lokasi penelitian adalah tanah basah.

b. Pengujian berat jenis tanah (GS)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis tanah (GS) dari sampel tanah yang berada di sekitar perumahan.

Hasil pengujian berat jenis tanah tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 berat jenis tanah

	Sampel	Satuan	Sampel A
A	Piknometer no		6
B	Piknometer + sampel	Gram	57,04
C	Berat piknometer	Gram	31,85
D	Harga air piknometer	Gram	50,11
E	Berat piknometer + sampel + air	Gram	96,97
F	Temperatur		1,01
G	Koreksi temperatur		1,01
H	Berat sampel	Gram	25,19
I	Berat air	Gram	39,93
J	Berat jenis tanah		2,52

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)

Dari Tabel 4.2, disimpulkan bahwa berat jenis tanah di sekitar perumahan adalah 2,52. Merujuk pada hasil penelitian atau Teori peneliti sebelumnya (Hadiyatmo, 2002) bahwa angka ini artinya adalah tanah pada daerah lokasi penelitian mendekati dalam kategori tanah lempung organik (Nilai Gs 2,58 -2,65).

c. Pengujian sieve analysis

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ukuran gradasi butiran dari sampel tanah yang berada disekitar perumahan. Hasil dari percobaan tersebut adalah sebagai berikut :

- Grain Size

Hasil dari pengujian grain size yang dilakukan di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Grain Size

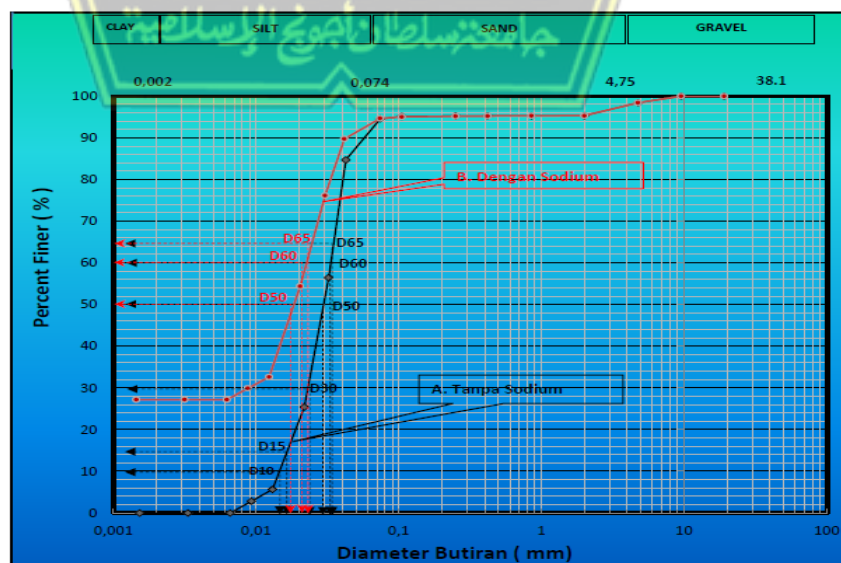
Diameter Saringan (mm)	Berat Sampel + Cawan (gr)	Berat Cawan (gr)	Berat Sampel Tertahan (gr)	Prosentase tertahan	Prosentase Kumulatif Tertahan	Prosentase Lolos	ket
63,5							
50,8							
38,1							
25,4							
19,1	0	0	0	0	0	100	
9,52	15,66	4,22	11,44	0,42	0,42	99,58	
4,75	35,96	4,29	31,67	1,17	1,59	98,41	
2,00	87,91	3,97	83,94	3,10	4,69	95,31	

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)

Dari Tabel 4.3, disimpulkan bahwa jumlah lolos saringan 2,00 mm di sekitar perumahan adalah 95,31%. Merujuk pada hasil penelitian atau Teori peneliti sebelumnya (Hadiyatmo, 2002) dimana jumlah tanah yang lolos saringan 2,00 mm > 50% artinya adalah tanah pada daerah lokasi penelitian adalah tanah berbutir halus.

- Hidrometer

Percobaan ini dilakukan untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir tanah yang oleh saringan no. 200. Hasil perhitungan keseluruhan dari pengujian tersebut dapat diklasifikasikan berdasarkan soil classification USCS, dan disajikan grafik pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Grafik Tanah *Unified*

Dari grafik Gambar 4.1, tanah di sekitar perumahan dapat diklasifikasikan terdiri dari *Gravel* 2,82%, *Sand* 91,72%, *Silt* 3,86% dan *Clay* 1,59%. Artinya adalah tanah pada daerah lokasi penelitian adalah tanah pasir berbutir kasar

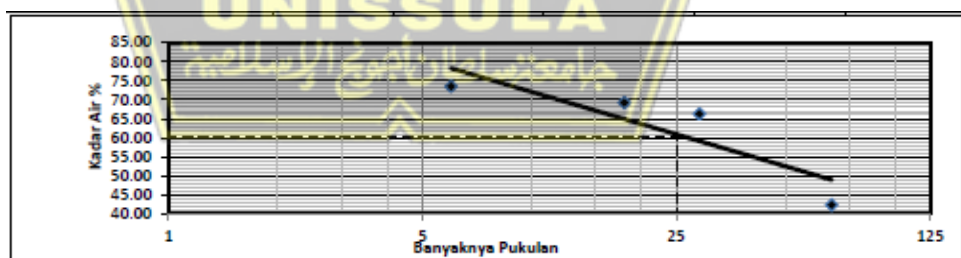
d. Batas Cair (LL)

Percobaan ini dilakukan untuk mencari besar kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis yang berada di sekitar perumahan. Dari hasil pengujian batas cair (LL), maka diperoleh data yang disajikan pada Tabel 4.4 dan hasil perhitungan tersebut dimasukkan dalam bentuk grafik yang disajikan pada Gambar 4.2

Tabel 4.4 Hasil Pengujian batas cair (LL)

Banyak Pukulan	6	18	29	67
Nomer cawan	16	17	18	19
Berat cawan + sampel basah	32,12	30,12	29,63	36,56
Berat cawan + sampel kering	20,28	19,52	19,45	26,94
Berat air	11,84	10,60	10,18	9,62
Berat cawan	4,16	4,20	4,09	4,21
Berat sampel kering	16,12	15,32	15,36	22,73
Kadar air	73,45	69,19	66,28	42,32

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)



Gambar 4.2 Grafik *Atteberg*

Dari Tabel 4.4 dan grafik Gambar 4.2, disimpulkan bahwa pada saat ketukan ke 25 jumlah kadar air yang terkandung didalam sampel adalah 60.92%. Merujuk pada hasil penelitian, tanah pada daerah lokasi penelitian ini menurut USCS dalam diagram plastisitas, berdasarkan batas cairnya digolongkan kedalam tanah berbutir halus dengan kompresibilitas tinggi, dinotasikan H (*High Compressibility*)

e. Batas Plastis (PL)

Pengujian batas plastis (PL) digunakan untuk mengetahui kondisi suatu tanah disaat kadar air minimum yang berada di sekitar perumahan. Dari hasil pengujian batas plastis (PL) di laboratorium dengan sampel tanah asli, maka diperoleh data yang disajikan dalam Tabel 4.5

Tabel 4.5 Hasil pengujian batas plastis (PL)

Batas Plastis (PL)	
Nomor cawan	20
Berat cawan + contoh basah	15,95
Berat cawan + contoh kering	13,97
Berat air	1,98
Berat cawan	3,98
Berat contoh kering	9,99
Kadar air	19,82

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)

Berdasarkan Tabel 4.5, diketahui bahwa kadar air rata rata yang didapatkan dari hasil pengujian batas plastis adalah 19,82 %.

Setelah didapatkan nilai Batas Plastis, kemudian dapat diketahui nilai Indeks Plastisnya.

f. Indeks plastisitas (PI)

Setelah didapat nilai batas cair (LL) dan batas plastis (PL) yang berada di sekitar perumahan, maka selanjutnya adalah mencari nilai indeks plastisitas (PI) yang disajikan pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 : Hasil pengujian indeks plastisitas

	LL	PL	PI
Tanah asli	60,92	19,82	42,10

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)

Berdasarkan Tabel 4.6, diketahui bahwa kadar air rata rata yang didapatkan dari hasil pengujian batas plastis adalah 42.10 %. Merujuk pada hasil penelitian, tanah pada daerah lokasi penelitian ini menurut USCS dalam diagram plastisitas, berdasarkan batas cairnya digolongkan kedalam kategori pasir halus dengan plastisitas tinggi.

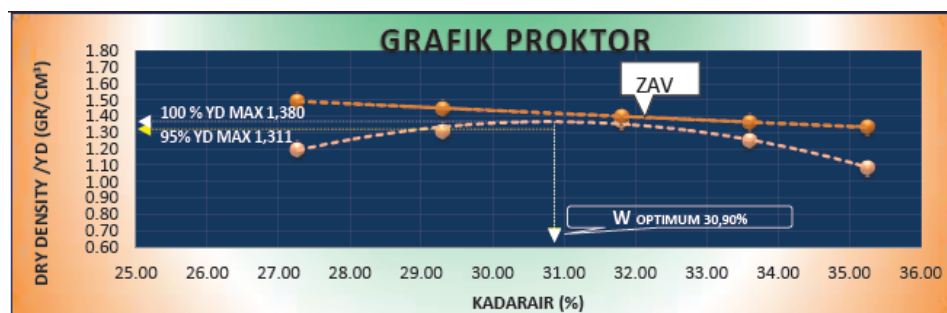
g. Proktor

Percobaan *proctor* dilakukan untuk mengetahui kadar air optimum (W_{opt}), berat volume tanah basah optimum (Y_{opt}), berat volume tanah kering optimum ($Y_d \text{ max}$), berat volume tanah kering (Y_{dry}), dan prosentase pori / porosity, pada tanah yang berada di sekitar perumahan. Dari hasil pengujian *proctor*, maka diperoleh data yang disajikan pada Tabel 4.7 dan hasil perhitungan tersebut dimasukkan dalam bentuk grafik yang disajikan pada Gambar 4.3

Tabel 4.7 Hasil pengujian *proctor*

Pengujian	I	II	III	IV	V
Berat sampel gr	2000	2000	2000	2000	2000
Penambahan air cc	100	200	300	400	500
Kepadatan Proktor					
Berat sampel + Cetakan	7149,65	7309,47	7423,46	7294,50	7085,36
Berat cetakan	5648,25	5648,25	5648,25	5648,25	5648,25
Berat sampel basah	1501,40	1661,22	1775,21	1646,25	1437,11
Volume cetakan ($\Theta = 10$, $T=12,50$)	981,25	981,25	981,25	981,25	981,25
Berat isi sampel basah	1,53	1,69	1,81	1,68	1,46
Berat isi sampel kering	1,20	1,31	1,37	1,26	1,08
ZAV	1,49	1,45	1,40	1,36	1,33
Kadar air : PROKTOR					
Berat sampel basah + cawan	42,13	61,85	92,12	73,24	58,20
Berat sampel kering + cawan	33,96	48,76	70,83	55,86	44,16
Berat air	8,17	13,09	21,29	17,83	14,04
Berat cawan	4,00	4,10	3,90	4,14	4,34
Berat sampel kering	29,96	44,66	66,93	51,72	39,82
Kadar air (W)	27,27	29,31	31,81	33,60	35,26

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)



Gambar 4.3 Grafik *Proctor*

Dari Tabel 4.7 dan grafik Gambar 4.3, disimpulkan bahwa pada kondisi tanah asli nilai berat volume tanah kering optimum (γ_d . Max) adalah sebesar 1.380 dan kadar air optimum (W_{opt}) sebesar 30,90%.

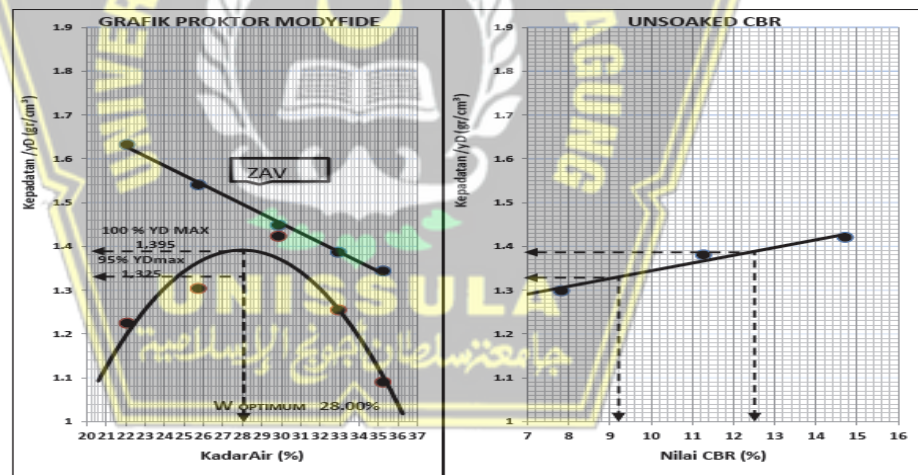
Merujuk pada hasil penelitan bahwa angka ini artinya adalah tanah yang berada di sekitar perumahan mempunyai kepadatan maksimal dengan berat volume tanah kering = 1,38 gr/ cm³ dengan kadar air optimum 30,90%.

h. CBR Tanah

Percobaan CBR tanah dilakukan untuk mengetahui kekuatan tanah sebagai dasar untuk menentukan tebal lapis perkerasan pada tanah yang berada di sekitar perumahan. Pada pengujian CBR dilakukan dengan 2 metode yaitu:

a. Percobaan CBR tak terendam (*Unsoaked*)

Grafik hasil percobaan CBR Unsoaked dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Grafik CBR *Unsoaked*

dari percobaan dengan tak terendam, setelah dilakukan dengan tumbukan per lapis sebanyak 10x, 25x dan 56x, didapatkan data sebagai berikut

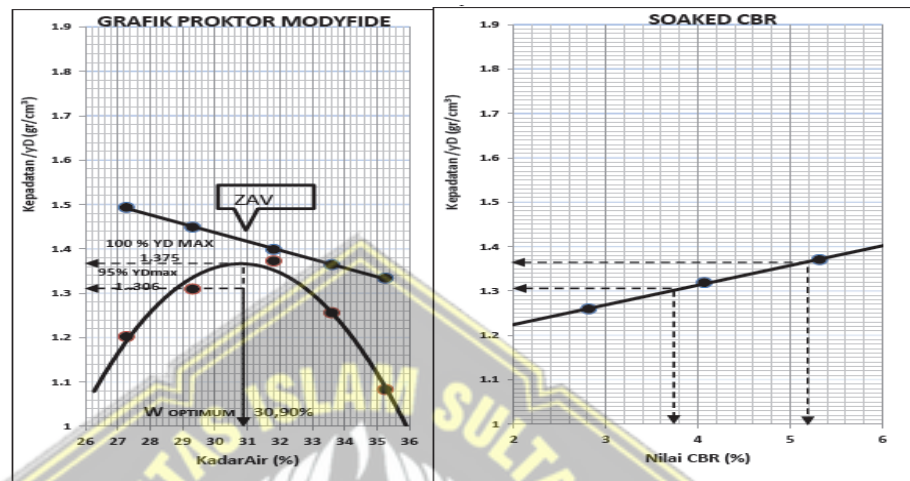
- nilai CBR 100% : 12,40 %
- γ_d . Max 95 % : 1,39 gr/ cm³

Merujuk pada hasil penelitan bahwa angka ini artinya adalah tanah pada daerah lokasi penelitian mempunyai nilai CBR rencana sebesar

12,40 ketika mencapai nilai kepadatan yang dipersyaratkan yakni 1,39 gr/ cm³

b. Percobaan CBR rendaman (*Soaked*)

Grafik hasil percobaan CBR soaked dapat dilihat pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik CBR *soaked*

Pada percobaan dengan tak terendam, setelah dilakukan dengan tumbukan berlapis sebanyak 10x, 25x dan 56x, didapatkan data sebagai berikut

nilai CBR 100% : 5,20 %
 γ_d . Max 95 % : 1,38 gr/ cm³

Merujuk pada hasil penelitian bahwa angka ini artinya adalah tanah pada daerah lokasi penelitian mempunyai nilai CBR rencana sebesar 5,20 ketika mencapai nilai kepadatan yang dipersyaratkan yakni 1,38 gr/ cm³

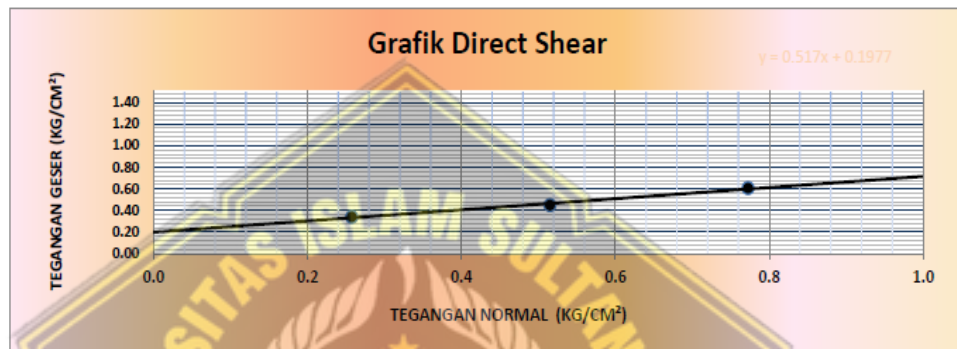
i. Kohesi dan sudut geser tanah

Percobaan kohesi dan sudut geser tanah adalah untuk mengetahui nilai gaya geser tanah yang berada di sekitar perumahan. Dari hasil pengujian *Direct Shear*, maka diperoleh data yang disajikan pada Tabel 4.8 dan hasil perhitungan tersebut dimasukkan dalam bentuk grafik yang disajikan pada Gambar 4.6

Tabel 4.8 Hasil pengujian *Direct Shear*

No. Test	I	II	III
Pembacaan Dial Max	25	31	45
Gaya Geser (kg)	9,400	11,66	16,92
Tegangan Geser (kg/cm ²)	0,30	0,38	0,54
Tegangan Normal (kg/cm ²)	0,26	0,52	0,77

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)



Gambar 4.6 Grafik Direct Shear

Berdasarkan grafik Gambar 4.6, diketahui bahwa tanah yang berada di sekitar perumahan mempunyai nilai kohesi (c) 0,16 kg/cm² dan Sudut Geser Dalam (ϕ) 25,19°. Untuk selanjutnya nilai kohesi (c) dan Sudut Geser Dalam (ϕ) tersebut, akan kita masukkan sebagai parameter data kedalam program elemen hingga PLAXIS untuk mengetahui stabilitas struktur jalan rigid.

j. Konsolidasi

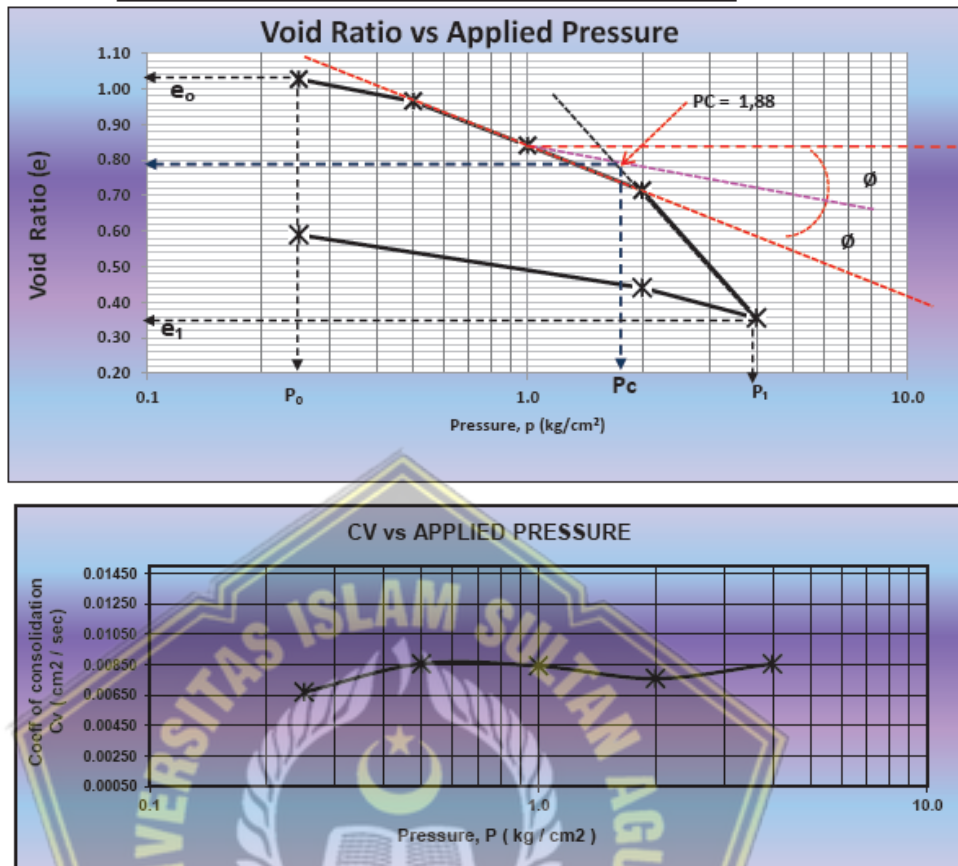
Percobaan konsolidasi ini adalah untuk mengetahui nilai penurunan tanah akibat proses konsolidasi tanah pada daerah sekitar perumahan. Hasil perhitungan keseluruhan dari pengujian *Consolidation Test* tersebut disajikan dengan Tabel 4.9 dan grafik pada Gambar 4.7

Tabel 4.9 Hasil Pengujian *Consolidation Test*

Water Content	Beginning Test	End of Test	Kadar air setelah pengujian	
Container No.	1	2		
WT. Container + Wet Soil in Gr	214.72	213.72	WT. Wet soil + cw	122.77
WT. Container + Dry Soil in Gr	177.93	177.93	WT. Dry soil + cw	86.98
WT. Water (WM) in Gr	36.79	35.79	WT. cw	7.39
WT Container in Gr	98.34	98.34	WT. water	35.79
WT of Dry Soil in Gr	79.59	79.59	WT. Dry Soil	79.59
Water Contain (w) in %	46.22	44.97	Water Content	44.97

Applied Pressure	Final Dial	Dial Change e (^ H)	$\Delta e = \Delta H/H_s$	$e = e_0 - \Sigma \Delta e$	Average height for load	H	Fitting time (t = 90)	$C_v H^2$
Kg/cm ²	cm	Cm			Cm	Cm	sec	Cm ² /sec
0	0			1.07	2.10			
		0,02	0,02			1.04	117.6	0.01
0,1	0,02			1.05	2.08			
		0,02	0,02			1.03	135.00	0.01
0,25	0,04			1.03	2.06			
		0,06	0,06			1.01	101.40	0.01
0,5	0,11			0.97	1.99			
		0,13	0,12			0.97	93.75	0.01
1	0,23			0.8	1.87			
		0,13	0,13			0.90	90.77	0.01
2	0,36			0.71	1.74			
		0,36	0,36			0.78	60.00	0.02
4	0,73			0.36	1.37			
		0,07	0,08			0.66		
2	0,64			0.44	1.29			
		0,15	0,15			0.60		
0,25	0,48			0.59	1.18			

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)



Gambar 4.7 Grafik *Consolidation Test*

Berdasarkan grafik Gambar 4.7, diketahui bahwa tanah yang berada di sekitar perumahan mempunyai nilai Indeks Pemampatan (C_c) sebesar 0,43 dan Koefisien Konsolidasi (C_v) sebesar 0,008 cm²/sec.

Dimana Indeks Pemampatan (C_c) berhubungan dengan besarnya nilai konsolidasi atau penurunan yang akan terjadi, sedangkan Koefisien Konsolidasi (C_v) berhubungan dengan lama terjadinya konsolidasi.

k. Permeabilitas tanah

Percobaan permeabilitas tanah dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanah untuk meloloskan air, terutama di daerah permukiman. Dari hasil pengujian *Permeabilitas (Falling Head Test)*, maka diperoleh data yang disajikan pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Permeabilitas (*Falling Head Test*)

	Sampel	Satuan	Sampel A		
			Uji 1	Uji 2	Uji 3
a	Luas Permukaan Sampel (A)	cm ²	31,35		
b	Luas Pipa Buretta (a)	cm ²	3,14		
c	Volume Sampel (V)	cm ³	406,04		
d	Ho	cm	100	95,50	91,00
e	h1	cm	95,50	91,00	85,50
f	T	detik	7200	7200	7200
g	Rata rata waktu Percobaan	detik	7200		
h	Kecepatan Koefisien Fitran (K)	cm/detik	8,29x10 ⁻⁶	8,69x10 ⁻⁶	1,12x10 ⁻⁵
i	Rata rata K (T = 30°)	cm/detik	8,29x10 ⁻⁶		
j	K20	cm/detik	6,48x10 ⁻⁶		

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)

Berdasarkan Tabel 4.10, diketahui bahwa tanah yang berada di sekitar perumahan mempunyai nilai permeabilitas sebesar 6,48x10⁻⁶.

Pengujian permeabilitas ini menggunakan metoda tinggi energi turun (*Falling Head*) dikarenakan lebih cocok untuk tanah berbutir halus.

4.1.2 Hasil Uji tanah di sekitar persawahan (sampel B)

a. Pengujian Kadar air

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kadar air yang berada di sekitar persawahan, hasil dari pengujian kadar air yang dilakukan di laboratorium didapatkan data yang selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 kadar air tanah

Keterangan sampel	Satuan	Tanah Asli
No. Cawan		4
Berat cawan + sampel basah	Gr	89,75
Berat cawan + sampel kering	Gr	68,75
Berat cawan	Gr	4,32
Berat air	Gr	21,00
Berat tanah kering	Gr	64,43
Kadar air	%	32,59
Berat sampel basah + Alat	Gr	472,92
Berat sampel basah	Gr	279,76
Berat Alat	Gr	193,16

Volume alat ($\Theta = 6,4 \text{ cm}$, $t = 5 \text{ cm}$)	Cm^3	160,77
Berat volume basah (γ_b)	Gr/ Cm^3	1,74
Berat volume kering (γ_k)	Gr/ Cm^3	1,31
Void Ratio (e)		0,95
Porosity (n)	%	0,49
Derajat kejenuhan tanah (SR)	%	88,02

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)

Dari Tabel 4.11, disimpulkan bahwa kadar air yang terkandung di dalam sampel tanah adalah 32,59% dan derajat kejenuhan 88,02 %. Merujuk pada hasil penelitian atau Teori peneliti sebelumnya (Hadiyatmo, 2002) bahwa angka ini artinya adalah tanah pada daerah lokasi penelitian adalah tanah basah.

b. Pengujian berat jenis tanah (GS)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis tanah (GS) dari sampel tanah yang berada di sekitar persawahan. Hasil pengujian berat jenis tanah tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.12

Tabel 4.12 berat jenis tanah

	Sampel	Satuan	Sampel A
A	Piknometer no		27
B	Piknometer + sampel	Gram	55.76
C	Berat piknometer	Gram	29.89
D	Harga air piknometer	Gram	50.16
E	Berat piknometer + sampel + air	Gram	95.61
F	Temperatur		1,01
G	Koreksi temperatur		1,01
H	Berat sampel	Gram	25,87
I	Berat air	Gram	39,85
J	Berat jenis tanah		2,55

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)

Dari Tabel 4.12, disimpulkan bahwa berat jenis tanah di sekitar perumahan adalah 2,55. Merujuk pada hasil penelitian atau Teori peneliti sebelumnya (Hadiyatmo, 2002) bahwa angka ini artinya adalah tanah pada daerah lokasi penelitian mendekati dalam kategori tanah lempung organik (Nilai G_s 2,58 -2,65).

c. Pengujian sieve analysis

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ukuran gradasi butiran dari sampel tanah yang berada disekitar persawahan. Hasil dari percobaan tersebut adalah sebagai berikut :

- Grain Size

Hasil dari pengujian grain size yang dilakukan di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut:

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Grain Size

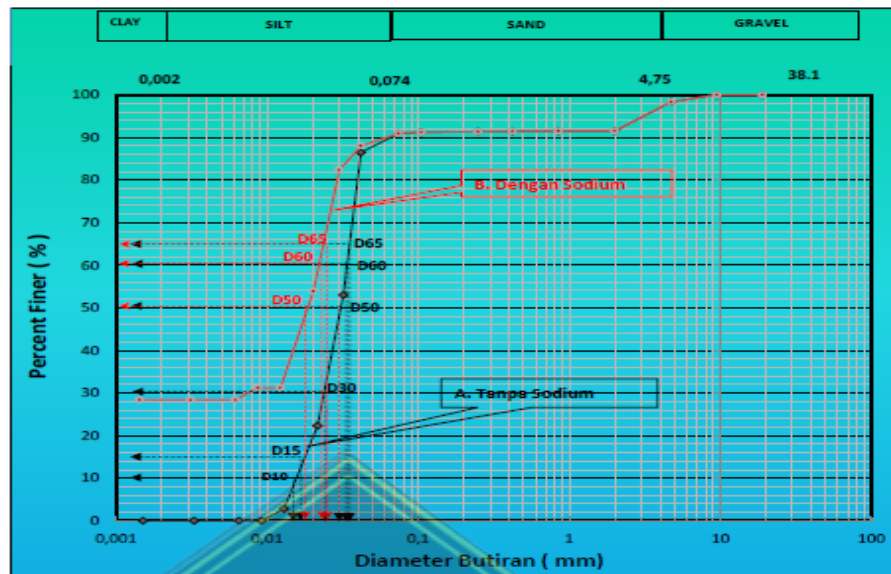
Diameter Saringan (mm)	Berat Sampel + Cawan (gr)	Berat Cawan (gr)	Berat Sampel Tertahan (gr)	Prosentase tertahan	Prosentase Kumulatif Tertahan	Prosentase Lolos	ket
63,5							
50,8							
38,1							
25,4							
19,1	0	0	0	0	0	100	
9,52	27.36	6.36	21	0.91	0.91	99,09	
4,75	51.65	35.68	15.97	0.69	1.61	98,39	
2,00	189.36	30.85	158.51	6.88	8.49	91.51	

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)

Dari Tabel 4.13, disimpulkan bahwa jumlah lolos saringan 2,00 mm di sekitar perumahan adalah 91,51. Merujuk pada hasil penelitian atau Teori peneliti sebelumnya (Hadiyatmo, 2002) dimana jumlah tanah yang lolos saringan 2,00 mm > 50% artinya adalah tanah pada daerah lokasi penelitian adalah tanah berbutir halus.

- Hidrometer

Percobaan ini dilakukan untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir tanah yang oleh saringan no. 200. Hasil perhitungan keseluruhan dari pengujian tersebut dapat diklasifikasikan berdasarkan soil classification USCS, dan disajikan grafik pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Grafik gradasi butiran unified

Dari grafik Gambar 4.8, tanah di sekitar persawahan dapat diklasifikasikan terdiri dari *Gravel* 1,61%, *Sand* 7,46%, *Silt* 88,15% dan *Clay* 2,79%. Artinya adalah tanah pada daerah lokasi penelitian adalah tanah lanau berbutir halus.

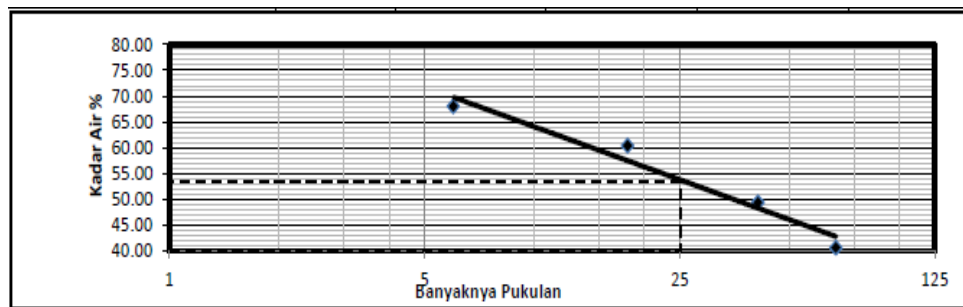
d. Batas Cair (LL)

Percobaan ini dilakukan untuk mencari besar kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis yang berada di sekitar persawahan. Dari hasil pengujian batas cair (LL), maka diperoleh data yang disajikan pada Tabel 4.14 dan hasil perhitungan tersebut dimasukkan dalam bentuk grafik yang disajikan pada Gambar 4.9

Tabel 4.14 Hasil Pengujian batas cair (LL)

Banyak Pukulan	6	18	41	67
Nomer cawan	16	17	18	19
Berat cawan + sampel basah	29.56	28.77	31.52	30.56
Berat cawan + sampel kering	19.28	19.52	22.45	22.94
Berat air	10.28	9.25	9.07	7.62
Berat cawan	4.16	4.20	4.09	4.21
Berat sampel kering	15.12	15.32	18.36	18.73
Kadar air	67.99	60.38	49.40	40.68

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)



Gambar 4.9 Grafik Atteberg

Dari Tabel 4.14 dan grafik Gambar 4.9, disimpulkan bahwa pada saat ketukan ke 25 jumlah kadar air yang terkandung didalam sampel adalah 53.84%. Merujuk pada hasil penelitan, tanah pada daerah lokasi penelitian ini menurut USCS dalam diagram plastisitas, berdasarkan batas cairnya digolongkan kedalam tanah berbutir halus dengan kompresibilitas tinggi, dinotasikan H (*High Compressibility*).

e. Batas Plastis (PL)

Pengujian batas plastis (PL) digunakan untuk mengetahui kondisi suatu tanah disaat kadar air minimum yang berada di sekitar persawahan. Dari hasil pengujian batas plastis (PL) di laboratorium dengan sampel tanah asli, maka diperoleh data yang disajikan dalam Tabel 4.15

Tabel 4.15 Hasil pengujian batas plastis (PL)

Batas Plastis (PL)	
Nomor cawan	20
Berat cawan + contoh basah	13.45
Berat cawan + contoh kering	12.07
Berat air	1.38
Berat cawan	3.98
Berat contoh kering	8.09
Kadar air	17.06

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)

Berdasarkan Tabel 4.15, diketahui bahwa kadar air rata rata yang didapatkan dari hasil pengujian batas plastis adalah 17.06 %.

Setelah didapatkan nilai Batas Plastis, kemudian dapat diketahui nilai Indeks Plastisnya.

f. Indeks plastisitas (PI)

Setelah didapat nilai batas cair (LL) dan batas plastis (PL) yang berada di sekitar persawahan, maka selanjutnya adalah mencari nilai indeks plastisitas (PI) yang disajikan pada Tabel 4.16

Tabel 4.16 : Hasil pengujian indeks plastisitas

	LL	PL	PI
Tanah asli	53.84	17.06	36.78

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)

Berdasarkan Tabel 4.16, diketahui bahwa kadar air rata rata yang didapatkan dari hasil pengujian batas plastis adalah 36.78 %. Merujuk pada hasil penelitian, tanah pada daerah lokasi penelitian ini menurut USCS dalam diagram plastisitas, berdasarkan batas cairnya digolongkan kedalam kategori lanau dengan plastisitas tinggi (MH, *High plasticity silt*).

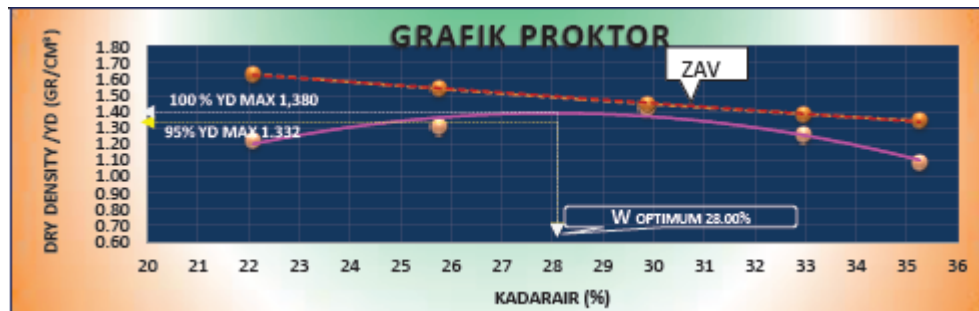
g. Proktor

Percobaan proctor dilakukan untuk mengetahui kadar air optimum (W_{opt}), berat volume tanah basah optimum (Y_{opt}), berat volume tanah kering optimum ($Y_d. max$), berat volume tanah kering (Y_{dry}), dan prosentase pori /porosity, pada tanah yang berada di sekitar persawahan. Dari hasil pengujian *proctor*, maka diperoleh data yang disajikan pada Tabel 4.17 dan hasil perhitungan tersebut dimasukkan dalam bentuk grafik yang disajikan pada Gambar 4.10

Tabel 4.17 Hasil pengujian *proctor*

Pengujian	I	II	III	IV	V
Berat sampel gr	2000	2000	2000	2000	2000
Penambahan air cc	100	200	300	400	500
KEPADATAN PROKTOR					
Berat sampel + Cetakan	7144.85	7289.21	7498.23	7318.64	7124.26
Berat cetakan	5648.25	5648.25	5648.25	5648.25	5648.25
Berat sampel basah	1496.60	1640.96	1849.98	1670.39	1476.01
Volume cetakan ($\Theta = 10, T=12,50$)	1000.97	1000.97	1000.97	1000.97	1000.97
Berat isi sampel basah	1.50	1.64	1.85	1.67	1.47
Berat isi sampel kering	1.22	1.30	1.42	1.26	1.09
ZAV	1.63	1.54	1.45	1.39	1.34
Kadar air : PROKTOR					
Berat sampel basah + cawan	63.74	60.24	52.37	66.26	58.20
Berat sampel kering + cawan	52.97	48.76	41.22	50.86	44.16
Berat air	10.77	11.48	11.15	15.40	14.04
Berat cawan	4.21	4.18	3.90	4.14	4.34
Berat sampel kering	48.76	44.58	37.32	46.72	39.82
Kadar air (W)	22.09	25.75	29.88	32.96	35.26

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)



Gambar 4.10 Grafik *Proctor*

Dari Tabel 4.17 dan grafik Gambar 4.10 diatas, disimpulkan bahwa pada kondisi tanah asli nilai berat volume tanah kering optimum (γ_d . Max) adalah sebesar 1.38 dan kadar air optimum (W_{opt}) sebesar 28.00%.

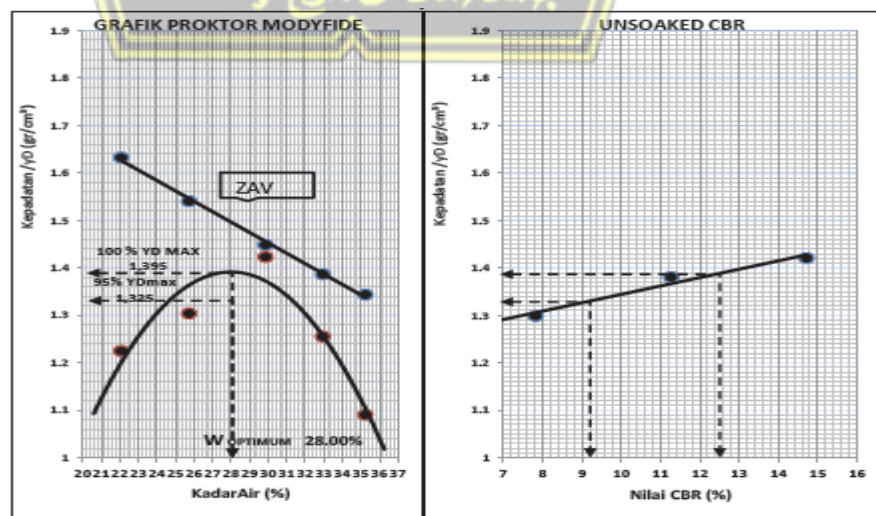
Merujuk pada hasil penelitian bahwa angka ini artinya adalah tanah yang berada di sekitar persawahan mempunyai kepadatan maksimal dengan berat volume tanah kering = $1,38 \text{ gr/cm}^3$ dengan kadar air optimum 28 %.

h. CBR Tanah

Percobaan CBR tanah dilakukan untuk mengetahui kekuatan tanah sebagai dasar untuk menentukan tebal lapis perkerasan pada tanah yang berada di sekitar persawahan. Pada pengujian CBR dilakukan dengan 2 metode, yaitu :

a. Percobaan CBR tak terendam (*Unsoaked*)

Grafik hasil percobaan CBR Unsoaked dapat dilihat pada Gambar 4.11



Gambar 4.11 Grafik CBR *Unsoaked*

dari percobaan dengan tak terendam, setelah dilakukan dengan tumbukan per lapis sebanyak 10x, 25x dan 56x, didapatkan data sebagai berikut

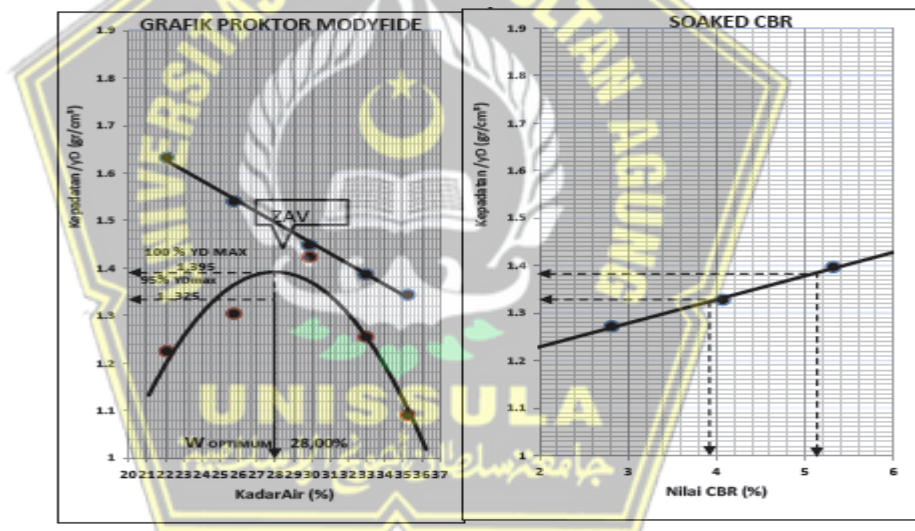
nilai CBR 100% : 12,50 %

γ_d . Max 95 % : 1,33 gr/cm³

Rujuk pada hasil penelitian bahwa angka ini artinya adalah tanah pada daerah lokasi penelitian mempunyai nilai CBR rencana sebesar 12,50 ketika mencapai nilai kepadatan yang dipersyaratkan yakni 1,33 gr/cm³.

b. Percobaan CBR rendaman (*Soaked*)

Grafik hasil percobaan CBR Unsoaked dapat dilihat pada Gambar 4.12



Gambar 4.12 Grafik CBR *soaked*

Pada percobaan dengan tak terendam, setelah dilakukan dengan tumbukan per lapis sebanyak 10x, 25x dan 56x, didapatkan data sebagai berikut

nilai CBR 100% : 5,19 %

γ_d . Max 95 % : 1,39 gr/cm³

Merujuk pada hasil penelitian bahwa angka ini artinya adalah tanah pada daerah lokasi penelitian mempunyai nilai CBR rencana sebesar

5,19 ketika mencapai nilai kepadatan yang dipersyaratkan yakni 1,39 gr/ cm³

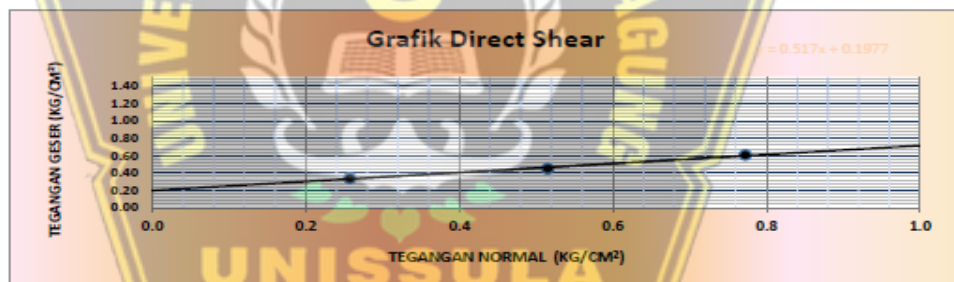
i. Kohesi dan sudut geser tanah

Percobaan kohesi dan sudut geser tanah adalah untuk mengetahui nilai gaya geser tanah yang berada di sekitar persawahan. Dari hasil pengujian *Direct Shear*, maka diperoleh data yang disajikan pada Tabel 4.18 dan hasil perhitungan tersebut dimasukkan dalam bentuk grafik yang disajikan pada Gambar 4.13

Tabel 4.18 Hasil pengujian *Direct Shear*

No. Test	I	II	III
Pembacaan Dial Max	28	37	50
Gaya Geser (kg)	10.52	13.91	18.80
Tegangan Geser (kg/cm ²)	0.34	0.45	0.6
Tegangan Normal (kg/cm ²)	0.26	0.52	0.77

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)



Gambar 4.13 Grafik Direct Shear

Berdasarkan grafik Gambar 4.13, diketahui bahwa tanah yang berada di sekitar perumahan mempunyai nilai kohesi (c) 0,197 kg/cm² dan Sudut Geser Dalam (ϕ) 27.35°. Untuk selanjutnya nilai kohesi (c) dan Sudut Geser Dalam (ϕ) tersebut, akan kita masukkan sebagai parameter data kedalam program elemen hingga PLAXIS untuk mengetahui stabilitas struktur jalan rigid.

j. Konsolidasi

Percobaan konsolidasi ini adalah untuk mengetahui nilai penurunan tanah akibat proses konsolidasi tanah pada daerah sekitar persawahan. Hasil

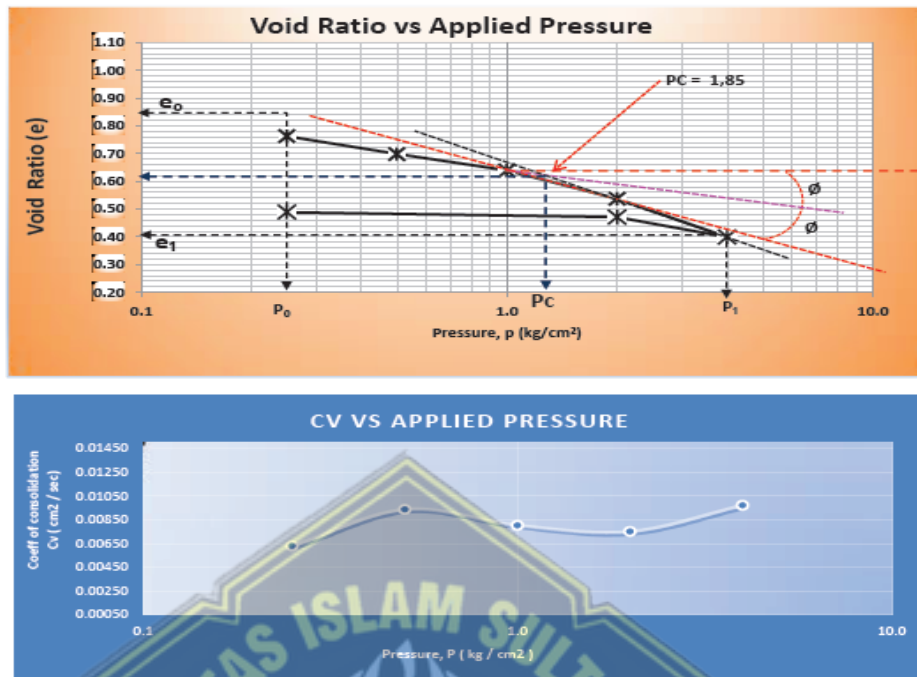
perhitungan keseluruhan dari pengujian *Consolidation Test* tersebut disajikan dengan Tabel 4.19 dan grafik pada Gambar 4.14

Tabel 4.19 Hasil Pengujian *Consolidation Test*

Water Content		Beginning Test		End of Test		Kadar air setelah pengujian	
Container No.		1		2			
WT. Container + Wet Soil in Gr		215.89		217.54		WT. Wet soil + cw	126.03
WT. Container + Dry Soil in Gr		188.23		188.23		WT. Dry soil + cw	96.72
WT. Water (WM) in Gr		27.66		29.31		WT. cw	6.83
WT Container in Gr		98.89		98.34		WT. water	29.31
WT of Dry Soil in Gr		89.98		89.89		WT. Dry Soil	89.89
Water Contain (w) in %		30.77		32.61		Water Content	32.61

Applied Preasure	Final Dial	Dial Change (ΔH)	$\Delta e = \Delta H/H_s$	$e = e_0 - \Sigma \Delta e$	Average height for load	H	Fitting time (t = 90)	$C_v H^2 =$
Kg/cm ²	Cm	cm			cm	Cm	Sec	Cm ² /sec
0	0			0.86	2.100			
		0.08	0.07			1.03	135.00	0.01
0,1	0.08			0.79	2.018			
		0.03	0.02			1.00	135.00	0.01
0,25	0.11			0.76	1.991			
		0.07	0.06			0.98	86.40	0.01
0,5	0.12			0.70	1.919			
		0.07	0.06			0.94	93.75	0.01
1	0.25			0.64	1.852			
		0.15	0.1			0.95	90.77	0.01
2	0.34			0.54	1.737			
		0.16	0.14			0.83	60.00	0.01
4	0.51			0.4	1.581			
		0.08	0.07			0.77		
2	0.44			0.47	1.500			
		0.02	0.01			0.75		
0,25	0.42			0.49	1.480			

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)



Gambar 4.14 Grafik *Consolidation Test*

Berdasarkan grafik Gambar 4.14, diketahui bahwa tanah yang berada di sekitar perumahan mempunyai nilai Indeks Pemampatan (C_c) sebesar 0,24 dan Koefisien Konsolidasi (C_v) sebesar 0,008 cm²/sec.

Dimana Indeks Pemampatan (C_c) berhubungan dengan besarnya nilai konsolidasi atau penurunan yang akan terjadi, sedangkan Koefisien Konsolidasi (C_v) berhubungan dengan lama terjadinya konsolidasi.

k. Permeabilitas tanah

Percobaan permeabilitas tanah dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanah untuk meloloskan air, terutama di daerah persawahan. Dari hasil pengujian *Permeabilitas (Falling Head Test)*, maka diperoleh data yang disajikan pada Tabel 4.20

Tabel 4.20 Hasil Pengujian Permeabilitas (*Falling Head Test*)

	Sampel	Satuan	Sampel A		
			Uji 1	Uji 2	Uji 3
a	Luas Permukaan Sampel (A)	cm ²	31.35		
b	Luas Pipa Buretta (a)	cm ²	3.14		
c	Volume Sampel (V)	cm ³	410.75		
d	Ho	cm	100	86.50	62.00
e	h1	cm	86.50	62.00	42.50
f	T	detik	6300	6300	6300
g	Rata rata waktu Percobaan	detik	6300		
h	Kecepatan Koefisien Fitran (K)	cm/detik	3.021 x10 ⁻⁵	6.936x10 ⁻⁵	7.865 x10 ⁻⁵
i	Rata rata K (T = 30°)	cm/detik	3.629x10 ⁻⁵		
j	K20	cm/detik	3.613x10 ⁻⁵		

Sumber : data primer yang sudah diolah (2022)

Berdasarkan tabel 4.20, diketahui bahwa tanah yang berada di sekitar perumahan mempunyai nilai permeabilitas sebesar 3.613×10^{-5} .

Pengujian permeabilitas ini menggunakan metoda tinggi energi turun (*Falling Head*) dikarenakan lebih cocok untuk tanah berbutir halus.

4.2 Perhitungan Stabilitas Jalan Rigid Dengan Plaxis

PLAXIS adalah program elemen hingga yang secara khusus digunakan untuk menganalisis deformasi dan penurunan pada bidang geoteknik. Untuk setiap kasus yang akan dianalisis, model geometri harus dibuat terlebih dahulu. Model geometri merupakan representasi dua dimensi dari masalah tiga dimensi yang nyata di lapangan.

Pada PLAXIS 2D versi 8.6, setiap elemen pondasi didefinisikan oleh 15 nodal geometri. Pemodelan dengan 15 nodal dipilih untuk setiap elemen agar memperoleh perhitungan yang lebih akurat. Adapun terdapat dua bentuk pemodelan dari 3 dimensi ke dalam 2 dimensi, yaitu bentuk plane strain dan bentuk axisymmetric.

1. Regangan Bidang (*Plane strain*)

Model plane strain digunakan untuk geometri dengan potongan melintang yang relatif seragam. Kondisi tegangan dan skema pembebanan dengan panjang tertentu dan tegak lurus terhadap arah sumbu z juga harus relatif seragam. Perpindahan dan regangan pada arah sumbu z diasumsikan nol. Namun demikian, tegangan normal pada arah sumbu z tetap memiliki nilai.

2. Axi-simetri (*Axisymmetric*)

Model axisymmetric digunakan untuk struktur melingkar dengan potongan melintang secara radial dan skema pembebanan yang relatif seragam di sekitar titik pusat lingkaran di mana deformasi dan kondisi tegangan yang terjadi diasumsikan identik dalam semua arah radial. Sumbu x merepresentasikan radius sementara sumbu y merepresentasikan garis sumbu simetri.

Model geometri pada PLAXIS 2D versi 8.6 didasarkan pada pemodelan plane strain atau axisymmetric. Terdapat tiga komponen utama model geometri pada PLAXIS 2D versi 8.6, yaitu:

- a. Titik, menunjukkan awal dan akhir garis. Titik juga digunakan untuk menempatkan ankur, gaya, dan lainnya.
- b. Garis, digunakan untuk menyatakan ikatan geometri, model, dan diskontinuitas pada geometri seperti dinding, pelat, dan lainnya. Garis bisa mempunyai beberapa fungsi dan material yang berbeda.
- c. Cluster, luasan area tertutup yang dibatasi penuh oleh garis. Dalam satu cluster hanya terdapat satu material (homogen). Cluster dapat diaplikasikan sebagai lapisan tanah.

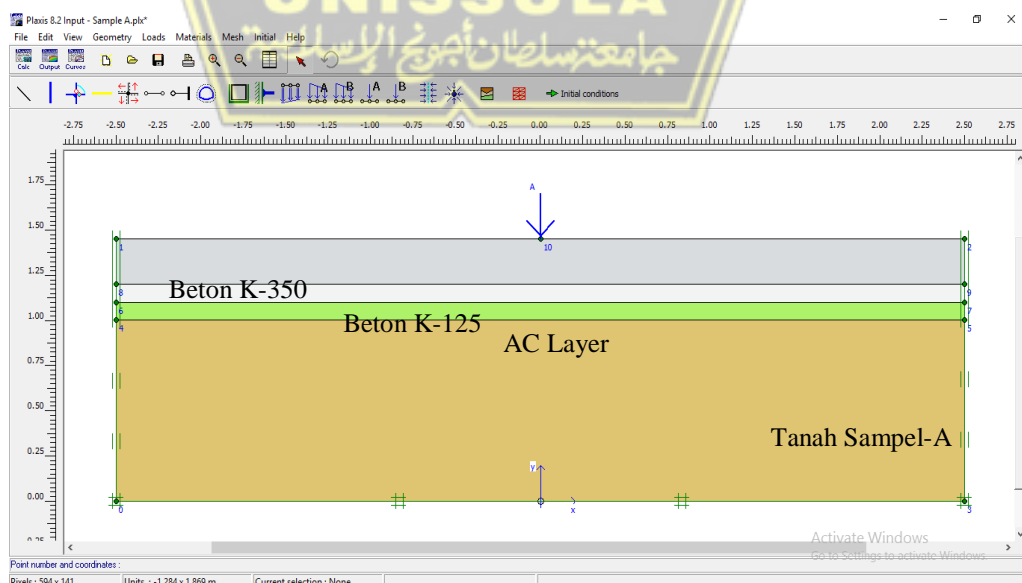
Proses simulasi pada PLAXIS 2D versi 8.6 terdiri dari 3 tahap, yaitu: input data, perhitungan, dan output. Input data, membuat dan memodifikasi geometri model sehingga menghasilkan model elemen hingga yang sesuai dengan kondisi sebenarnya. Perhitungan, proses perhitungan dilaksanakan setelah selesai membuat permodelan. Pada tahap perhitungan perlu dilakukan pemilihan tipe perhitungan yang sesuai.

Untuk keperluan analisa stabilitas jalan rigid pavement, parameter tanah yang digunakan adalah sebagai berikut

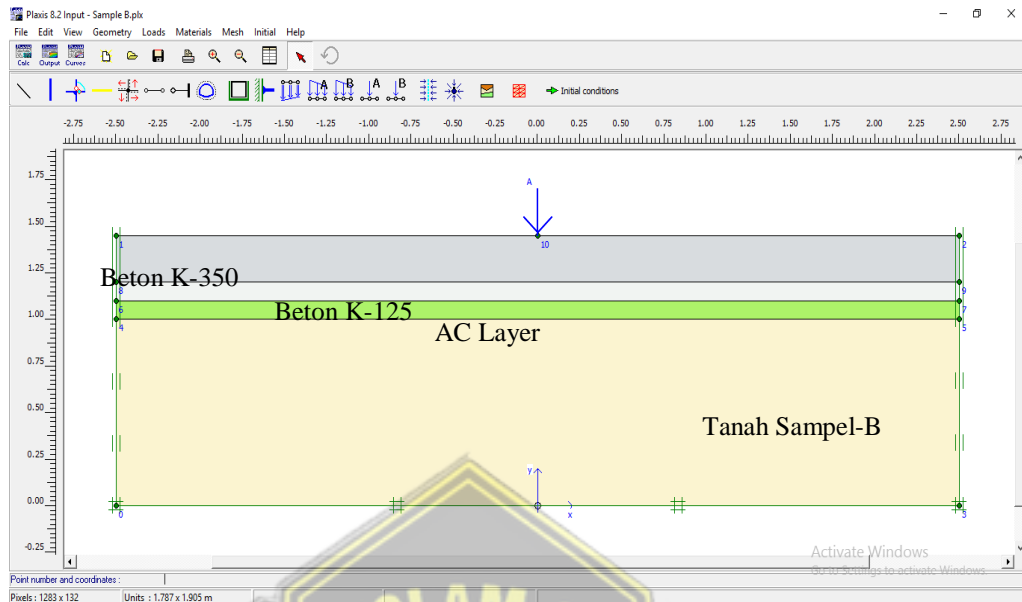
Tabel 4.21 Input Parameter Untuk Stabilitas Jalan Rigid

No	Deskripsi	Simbol	Satuan	Nilai
1	Parameter Tanah Sampel A			
	Berat volume tanah kering	Yd	kN/m ³	14.24
	Berat volume tanah basah	Yw	kN/m ³	18.23
	Sudut geser dalam efektif	Ø	derajat	25.19
	Kohesi tanah	C	kN/cm ²	16.18
2	Parameter Tanah Sampel B			
	Berat volume tanah kering	Yd	kN/m ³	12.87
	Berat volume tanah basah	Yw	kN/m ³	17.06
	Sudut geser dalam efektif	Ø	derajat	27.35
3	Beton K-350			
	Berat volume	Y	kN/m ³	25
	Modulus Young	E	kN/m ²	2.43E+04
4	Beton K-125			
	Berat volume	Y	kN/m ³	25
5	Aspalt Concrete 20°C			
	Berat volume	Y	kN/m ³	20
	Modulus Young	E	kN/m ²	2.1E+06
6	Beban Lalu lintas		Ton	8,16

4.2.1 Desain Model



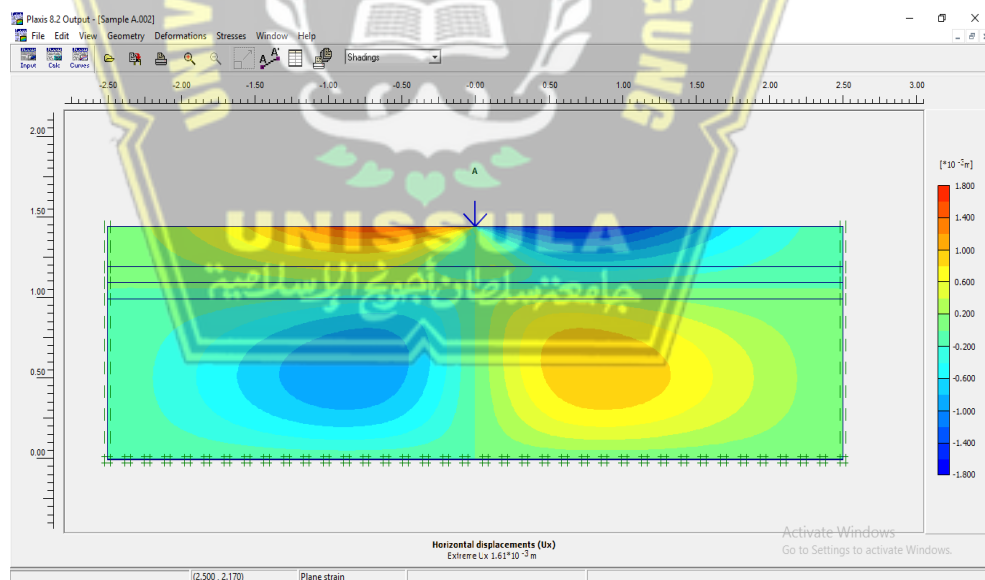
Gambar 4.15 Desain Model Dalam Program PLAXIS (Sampel Tanah A)



Gambar 4.16 Desain Model Dalam Program PLAXIS (Sampel Tanah B)

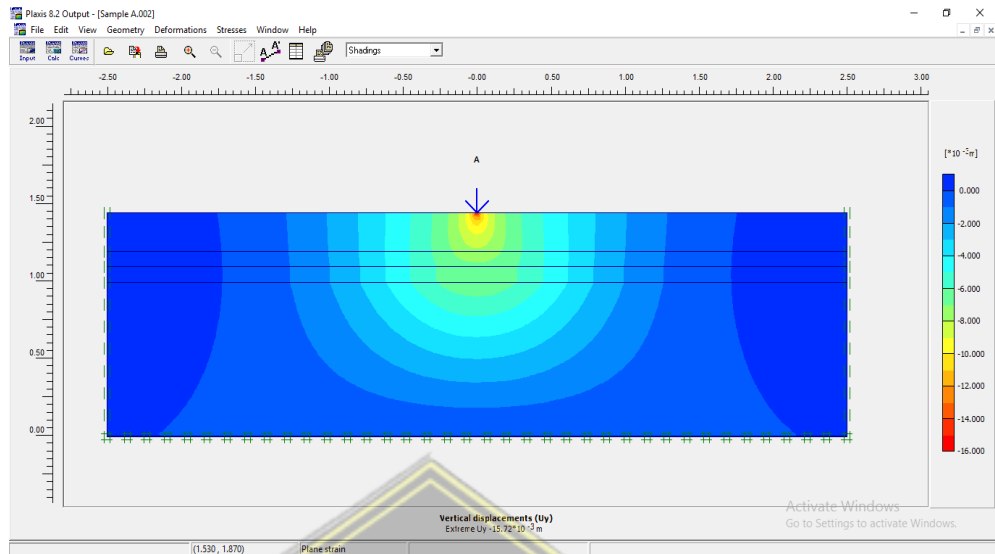
4.2.2 Hasil Pemodelan

A. Sampel Tanah A



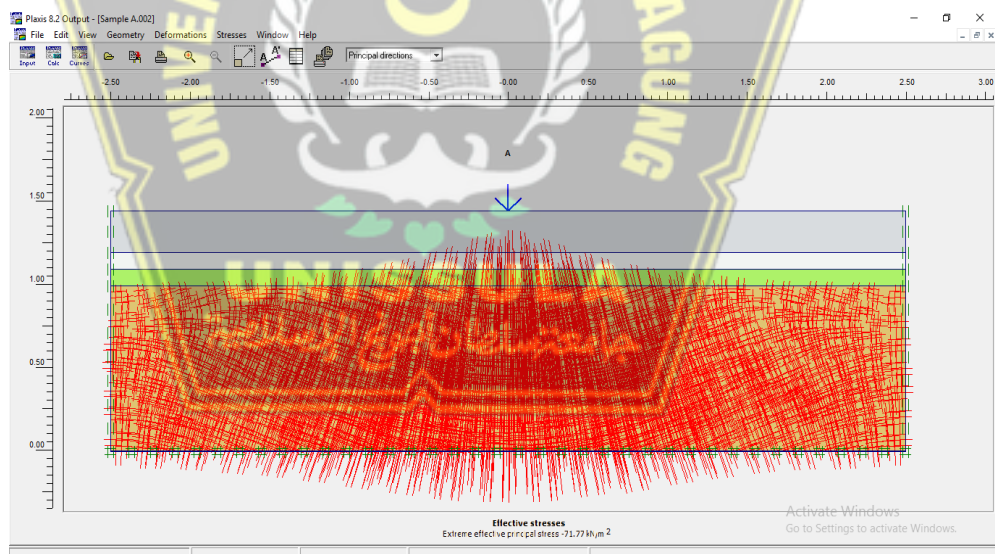
Gambar 4.17 Horizontal Displacement Sampel Tanah A

Bagian yang berwarna kuning menunjukkan tanda positif mengindikasikan akibat beban diatas struktur memberikan efek *horizontal displacement* ke arah kanan, sedangkan bagian berwarna biru menunjukkan tanda negatif mengindikasikan *horizontal displacement* ke arah kiri.



Gambar 4.18 Vertikal Displacement Sampel Tanah A

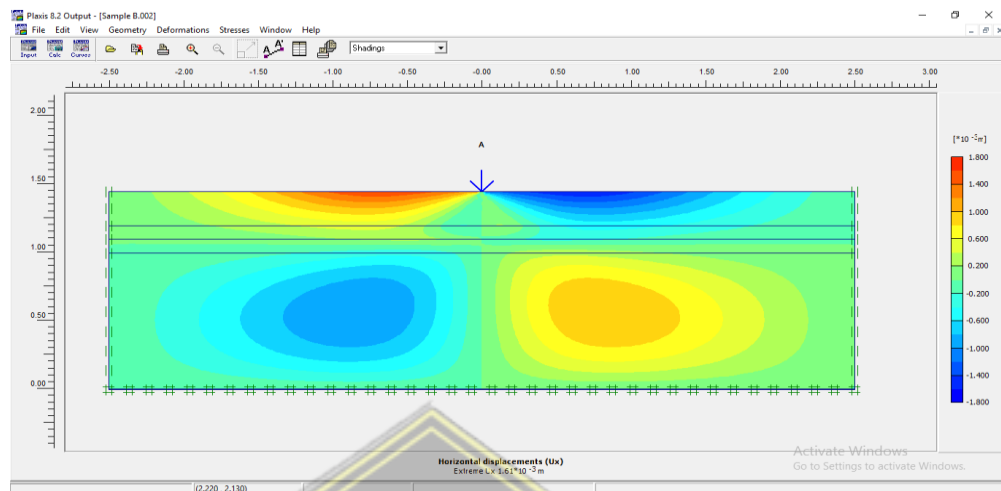
Vertikal displacement (penurunan) terbesar yaitu pada struktur yang langsung menerima beban, ditunjukkan warna kuning pada gambar. Vertikal displacement yang terjadi sebesar 0.015 m atau 1.50 cm.



Gambar 4.19 Tegangan Efektif Sampel Tanah A

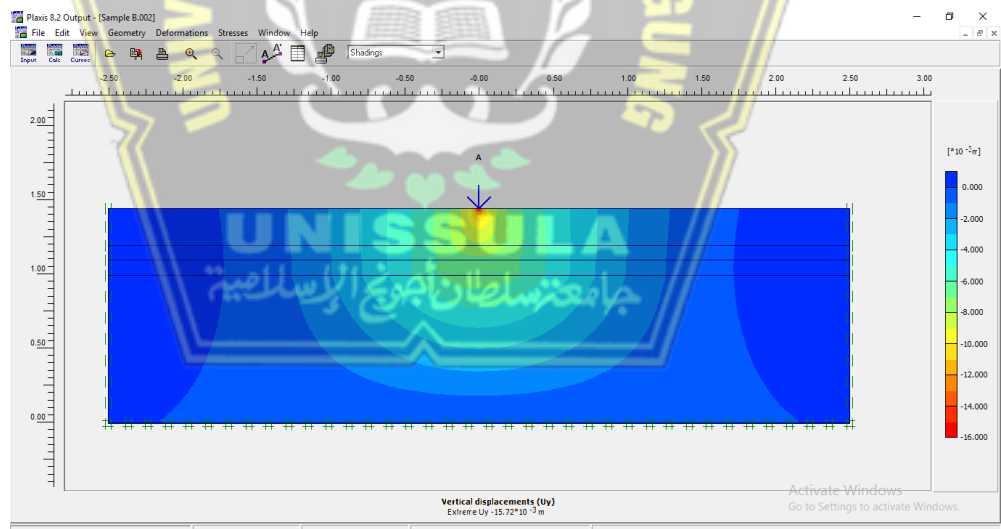
Tegangan efektif merupakan tegangan yang dipengaruhi oleh gaya-gaya dari air yang terdapat di dalam tanah sehingga mempengaruhi kuat geser dan perubahan volume atau penurunan tanah. Tegangan efektif tanah dibawah beban pada sampel tanah A adalah sebesar -71.77 kN/m.

B. Sampel Tanah B



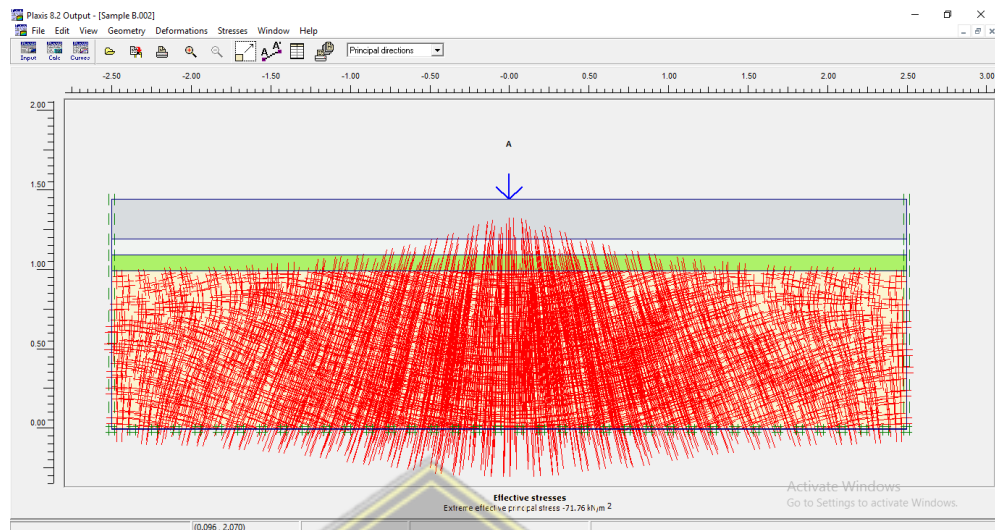
Gambar 4.20 *Horizontal Displacement* Sampel Tanah B

Bagian yang berwarna kuning menunjukkan tanda positif mengindikasikan akibat beban diatas struktur memberikan efek *horizontal displacement* ke arah kanan, sedangkan bagian berwarna biru menunjukkan tanda negatif mengindikasikan *horizontal displacement* ke arah kiri.



Gambar 4.21 *Vertikal Displacement* Sampel Tanah B

Vertikal displacement (penurunan) terbesar yaitu pada struktur yang langsung menerima beban, ditunjukkan warna kuning pada gambar. *Vertikal displacement* yang terjadi sebesar 0.015 m atau 1.50 cm.



Gambar 4.22 Tegangan Efektif Sampel Tanah B

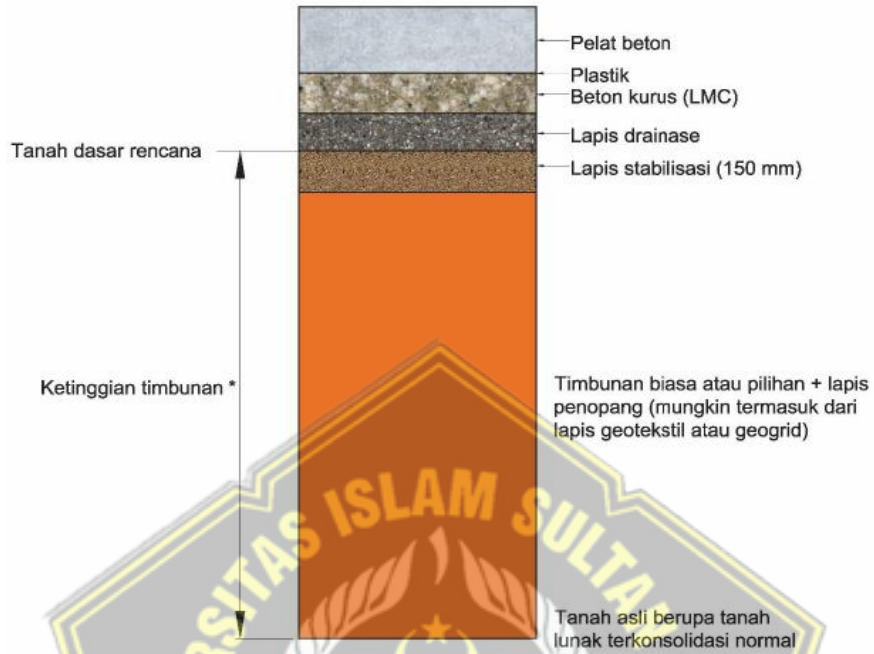
Tegangan efektif merupakan tegangan yang dipengaruhi oleh gaya-gaya dari air yang terdapat di dalam tanah sehingga mempengaruhi kuat geser dan perubahan volume atau penurunan tanah. Tegangan efektif tanah dibawah beban pada sampel tanah A adalah sebesar -71.76 kN/m^2 .

4.3 Analisa Pembahasan

Dalam Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017 disebutkan bahwa tanah dasar yang dapat dijadikan pondasi untuk perkerasan jalan adalah minimal 6 % dan penurunan maksimal sebesar 1,00 cm. Dari hasil pengujian tanah dasar di laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang maupun dari perhitungan menggunakan program PLAXIS 2D versi 8.6 pada sampel tanah A dan sampel tanah B didapatkan bahwa tanah dasar di ruas jalan HOS Cokroaminoto Pemalang menjadi salah satu faktor penyebab kerusakan struktur Perkerasan kaku di jalan tersebut.

Untuk penanganan tanah dasar dengan karakteristik sama dengan kondisi di ruas jalan HOS Cokroaminoto Pemalang, maka perlu adanya penggantian lapisan tanah dasar dengan material timbunan pilihan yang memiliki permeabilitas rendah, kemudian diberi lapis penopang sebagai lapis drainase dan untuk mencegah terjadinya *pumping* terutama pada permukaan

pondasi tanah berbutir halus, hingga ke dalam 150 mm harus distabilisasi menggunakan semen



Gambar 4.23 Rencana Struktur Perkerasan Kaku



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

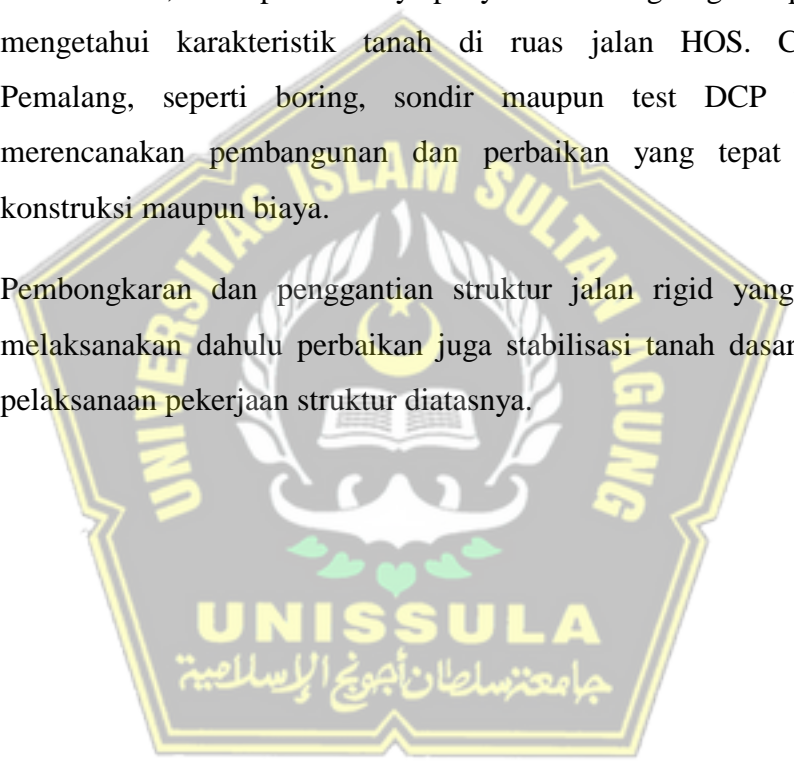
Dari hasil analisa dan penelitian karakteristik tanah dasar di ruas jalan HOS. Cokroaminoto Pemalang berdasarkan penyidikan tanah di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Sultan Agung Semarang, dan juga perhitungan stabilitas jalan rigid menggunakan program PLAXIS 2D versi 8.6 dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil Uji tanah di sekitar perumahan (sampel A) mempunyai karakteristik termasuk tanah basah, banyak mengandung pasir, mempunyai kompresibilitas tinggi dan plastisitas tinggi, mempunyai nilai CBR yang rendah $< 6\%$, terjadi penurunan akibat adanya struktur di atasnya sebesar 1,50cm.
2. Hasil Uji tanah di sekitar persawahan (sampel B) mempunyai karakteristik termasuk tanah basah, banyak mengandung lanau berbutir halus, mempunyai kompresibilitas tinggi dan plastisitas tinggi, mempunyai nilai CBR yang rendah $< 6\%$, terjadi penurunan akibat adanya struktur di atasnya sebesar 1,50cm
3. Karakteristik tanah dasar di ruas jalan HOS Cokroaminoto mempunyai pengaruh yang cukup signifikan terhadap kerusakan struktur Perkerasan kaku di jalan tersebut, dikarenakan tanah dasar di jalan ini yang bersifat basah, mempunyai kompresibilitas dan plastisitas tinggi, mempunyai nilai CBR yang rendah, sehingga daya dukung tanahnya juga rendah, maka tanah dasar ini tidak cocok sebagai lapis pondasi untuk struktur jalan.
4. Untuk penanganan kerusakan struktur perkerasan jalan rigid dengan tanah dasar yang mempunyai karakteristik sama dengan kondisi di ruas jalan HOS Cokroaminoto Pemalang, maka perlu adanya penggantian lapisan tanah dasar dengan material timbunan pilihan yang memiliki

permeabilitas rendah, kemudian diberi lapis penopang sebagai lapis drainase dan untuk mencegah terjadinya *pumping* terutama pada permukaan pondasi tanah berbutir halus, hingga ke dalam 150 mm harus distabilisasi menggunakan semen.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya, setelah dilakukan penyelidikan tanah di laboratorium, maka perlu adanya penyelidikan langsung di lapangan untuk mengetahui karakteristik tanah di ruas jalan HOS. Cokroaminoto Pemalang, seperti boring, sondir maupun test DCP untuk dapat merencanakan pembangunan dan perbaikan yang tepat baik secara konstruksi maupun biaya.
2. Pembongkaran dan penggantian struktur jalan rigid yang rusak serta melaksanakan dahulu perbaikan juga stabilisasi tanah dasarnya sebelum pelaksanaan pekerjaan struktur di atasnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Anas Ali Moh, 2000, *Modul Kursus Singkat Perkerasan Beton Semen*, Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia, Provinsi Riau.
- Das, Braja M, 1995, *Mekanika Tanah*, Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003, *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*, Jakarta
- Dipohusodo, Istimawan, 1996, *Management Proyek dan konstruksi*, Kanisius, Yogyakarta.
- DPU Bina Marga, 1991, *Tata cara Pemeliharaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*, Dirjen Bina Marga, Direktorat Pembinaan Jalan Kota, Jakarta
- F. H. Chen, 1988, *Foundation on Expansive soil*, Elvisevier Scientific Publishing Company, Amsterdam
- Hardiyatmo Hary Christady, 2007, *Pemeliharaan Jalan Raya*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2002. *Mekanika Tanah 1*. Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2002. *Mekanika Tanah 2*. Gadjah Mada University Press.
- Kristiawan, SA., 2011, *Kompatibilitas Susut antara Material Perbaikan dan Beton*, Jurnal Teknik Sipil
- Kurnia Ade, 2014, *Rehabilitasi Kerusakan Amblas Badan Jalan Pada Timbunan Tinggi (Ruas Jalan Kalianda – Bakauheni Provinsi Lampung)* Tesis Magister Teknik Sipil Konsentrasi Teknik Rehabilitasi dan Pemeliharaan Bangunan Sipil UNS
- Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Bina Marga
- Mohamed B.D.Elsawy, 2013, *Influence of Aging On Bearing Capacity of Circular Footing Resting on Soft Soil*. HBRC Journal, Volume 9, Issue 3, Desember 2013, Pages 256 -262
- Pratikso, 2017, *Mekanika Tanah I*, Unissula Press, Semarang

- Sabili Rahman, 2019, *Analisis Kerusakan Jalan Perkerasan Kaku Ruas Pemalang - Tegal Ditinjau Dari Segi Pelaksanaan Dan Cara Penanganan*, Tesis Magister Teknik Sipil Unissula, Semarang
- SNI 1968:1990. *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*.
- SNI 1742:2008. *Cara Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah*.
- SNI 1744:2012. *Cara Uji CBR Laboratorium*.
- SNI 1967:2008. *Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*.
- SNI 1966:2008. *Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah*.
- SNI 3422:2008. *Cara Uji Penentuan Batas Susut Tanah*.
- SNI 2812:2011. *Cara Uji Konsolidasi Tanah Satu Dimensi*.
- Soeharto, Imam, 1997, *Managemen Proyek*, Erlangga, Jakarta
- Suaryana Nyoman, 2008, *Analisis Lendutan Timbunan Badan Jalan Pada Tanah Lempung Lunak*. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan Bandung
- Sukirman, Silvia, 1995, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung
- Supardi, 2013, *Evaluasi Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Rigid dengan Menggunakan Metode Bina Marga (Studi kasus Ruas Jalan Sei Durian – Rasau Jaya Km 21+700 s.d Km 24+700)*, Jurnal teknik Sipil UNTAN
- Undang-Undang Republik Indonesia No 38 Tahun 2004 tentang Jalan
- Universitas Islam Sultan Agung, 2020, *Pedoman Penyusunan dan penulisan tesis*