



LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar

Judul : Studi Modulus Elastisitas Tanah Dasar Perkerasan Jalan Akibat Siklus Basah Kering

Disusun Oleh :

Nama : Abd. Halim A.m

D111 13 014

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Makassar, 16 Januari 2019

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Abd. Rahman Djamaluddin, M.T.

Nip. 195910101987031003

Sitti Hijraini Nur, S.T., M.T.

Nip. 197711212005012001

Mengetahui,
Ketua Departemen Teknik Sipil,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST., M. Eng.

Nip. 196805292001121002

JTS-Ur



Optimization Software:
www.balesio.com

TUGAS AKHIR

**STUDI MODULUS ELASTISITAS TANAH DASAR PERKERASAN
JALAN AKIBAT SIKLUS BASAH KERING**



Disusun Oleh :

ABD. HALIM A. M.

D111 13 014

DEPARTEMEN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2019



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala berkah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Studi Modulus Elastisitas Tanah Dasar Perkerasan Jalan Akibat Siklus Basah Kering**”, sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Hasanuddin. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Abd. Rachman Djamaluddin, MT. selaku Dosen pembimbing I yang telah memberikan arahan dan masukan, meluangkan waktu di tengah kesibukannya selama penulis melaksanakan penyusunan tugas akhir ini.
2. Ibu Sitti Hijraini Nur, ST.MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah turut andil dalam memberikan arahan, masukan dan nasehat dalam melaksanakan penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. Tri Harianto, ST. MT. selaku Kepala Lab Riset Geoteknik Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, selaku dosen yang telah mengarahkan dan membimbing kami semua mahasiswa di KKD Geoteknik saat penelitian.

capaian terima kasih kepada kedua orang tua saya Ibu dan Ayah yang telah lah memberikan didikan, pengorbanan dan doanya.



5. Bapak/Ibu Dosen dan Staf Fakultas Teknik Jurusan Sipil atas bimbingan, arahan, didikan, ilmu dan motivasi yang diberikan selama perkuliahan.
6. Ibu Ir. Hj. Fauziah Badaron, M.T yang sedang dalam masa studi pasca sarjana selaku patner penelitian antara S3 dan S1 terimakasih atas bimbingan serta arahnya dalam setiap pelaksanaan penelitian, terimakasih pula kepada patner penelitian S1 saya Satya Adyaksa yang sama-sama bekerja keras untuk menyelesaikan penelitian ini.
7. Bpk. Husni Maricar yang juga sebagai suami dari Ibu Ir. Hj. Fauziah badaron, M. T yang telah mengajari dan membimbing saya dalam menjalankan program KENPAVE.
8. Terima kasih pula kepada Laboran Laboratorium Mekanika Tanah Saudara Zaenal atas segala bantuan dan arahnya.
9. Saudari Raden Aisyah S. T teman angkatan sipil 2013 yang telah membantu translate abstrak saya.
10. Teman-teman KKD Geoteknik yang telah banyak membantu dalam proses penelitian saya, terkhusus pula untuk saudari angkatan saya Darniati ucapan terima kasih karena selalu mengajak saya untuk asistensi dan secepatnya menyelesaikan studi di jurusan sipil fakultas teknik ini.
11. Rekan-rekan mahasiswa angkatan 2013 Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan. yang banyak membantu dan mendukung dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Tulis menyadari bahwa tulisan ini tidak luput dari kekurangan-kekurangan.



Oleh karen itu penulis mengharapkan kepada para pembaca, kiranya dapat memberikan sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan Rahmat-Nya kepada kita, dan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Gowa, 22 januari 2019

Penulis



DAFTAR ISI

	halaman
LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB. I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	4
BAB. II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tanah.....	6
2.2. Klasifikasi Tanah.....	8
2.3. Karakteristik dan Sifat Mineral Lempung	14
2.4. Pembasahan dan Pengeringan	18
2.5. Analisa Menggunakan Program KENPAVE	19
2.6. Penelitian Terdahulu	19



BAB. III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	21
3.2. Metode Pengumpulan Data	21
3.3. Kerangka Alur Penelitian	22
3.4. Rancangan Penelitian	24
3.5. Pengujian Sampel.....	26
3.6. Menentukan Modulus Elastisitas Tanah	28
3.7. Menentukan Umur Rencana Perkerasan Jalan Dengan Program KENPAVE	29

BAB. IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Lempung ..	30
4.1.1 Hasil Pengujian Fisis Tanah Lempung	30
4.2. Pengaruh Siklus Basah Kering Terhadap Nilai Modulus Elastisitas	39
4.2.1 Pengujian Kuat Tekan Bebas Siklus Basah Kering	39
4.2.2 Penentuan Nilai Modulus Elastisitas Tanah Siklus Basah Kering.....	41
4.3. Pengaruh Perubahan Nilai Modulus Elastisitas Terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan.....	44

PENUTUP

V.1. Kesimpulan.....	49
----------------------	----



V.2. Saran..... 50

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Struktur dasar mineral lempung	15
2.2 Mineral lempung, (a) kaolinit, (b) ilit, (c) montmorilonit.....	16
3.1 Bagan alir penelitian	24
3.2 Bahan – bahan untuk penelitian	24
3.3 Contoh grafik hubungan antara Tegangan dan Regangan untuk Menentukan Nilai Modulus Elastisitas	29
4.1 Grafik Hasil Pengujian Batas Cair	32
4.2 Grafik Gradasi Butiran.....	33
4.3 Diagram Plastisitas (ASTM, Casagrande)	34
4.4 Grafik Hubungan Antara Kadar Air Dengan Berat Isi Kering.....	36
4.5 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Kuat Tekan Bebas Tanah Asli	37
4.6 Grafik Rekapitulasi Hubungan Nilai q_u Pada Siklus Kering.....	40
4.7 Grafik Rekapitulasi Hubungan Nilai q_u Pada Siklus Basah	40
4.8 Grafik Rekapitulasi Hubungan Nilai q_u Pada Siklus Basah dan Kering	41
4.9 Perhitungan Modulus Secant Pada Grafik Kuat Tekan Bebas Tanah Asli	42
4.10 Grafik Rekapitulasi Nilai Modulus Elastisitas Tanah Siklus Kering	43
Grafik Rekapitulasi Nilai Modulus Elastisitas Tanah Siklus	



Basah	44
4.12 Grafik Rekapitulasi Nilai Modulus Elastisitas Tanah Siklus Basah dan Kering	44
4.13 Grafik Perbandingan Perubahan Nilai Modulus Elastisitas Terhadap Umur Rencana Pada Tanah Siklus Kering.....	46
4.14 Grafik Perbandingan Perubahan Nilai Modulus Elastisitas Terhadap Umur Rencana Pada Tanah Siklus Basah	47
4.15 Grafik Perbandingan Perubahan Nilai Modulus Elastisitas Terhadap Umur Rencana Pada Tanah Siklus Basah dan Kering ..	47
4.16 Grafik Perbandingan Perubahan Siklus Basah Kering Terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan.....	48



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1	Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO 10
2.2	Sistem Klasifikasi Tanah USCS..... 12
2.3	Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem <i>USCS</i> 13
3.1	Sampel Pengujian Tanah Asli 25
3.2	Standar Pengujian Sifat Fisik Tanah 27
4.1	Klasifikasi Tanah untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (Sistem AASHTO) 34
4.2	Hubungan antara Kuat Tekan (q_u) dengan Konsistensi Tanah 38
4.3	Rekapitulasi Hasil Pengujian Tanah Asli 38
4.4	Nilai Kuat Tekan Bebas Siklus Basah dan Kering..... 39
4.5	Nilai Modulus Elastisitas Menggunakan Metode Secant Pada Siklus Basah dan Kering 43
4.6	Data input Pada Program KENPAVE..... 45
4.7	Nilai Poisson Ratio Akibat Siklus Basah dan Kering 45
4.8	Hasil Analisis Umur Rencana Perkerasan Jalan Akibat Perubahan Nilai Modulus Elastisitas 46



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan daratan terluas di Asia Tenggara dan juga sebagai salah satu Negara dengan garis pantai terpanjang di dunia. Hal tersebut menyebabkan kondisi geografis di Indonesia sangat bervariasi. Selain itu, Indonesia juga dikenal dengan Negara dengan iklim tropis dimana hanya ada dua musim yaitu musim panas dan musim hujan. Jika kedua hal tersebut dihubungkan dengan pembangunan infrastruktur di Indonesia, maka salah satu objek yang paling berpengaruh ialah tanah. Seperti yang telah diketahui bahwa faktor-faktor dapat mempengaruhi kondisi tanah ialah keadaan topografi, suhu dan cuaca.

Salah satu pekerjaan infrastruktur yang sedang banyak dikerjakan ialah pembangunan perkerasan jalan. Pembangunan infrastruktur tersebut tentunya tidak bisa lepas dari kondisi tanah yang di atasnya akan dilakukan perkerasan jalan baik itu perkerasan lentur maupun kaku. Seperti yang telah diketahui sebelumnya bahwa Indonesia merupakan Negara beriklim tropis dengan musim panas dan hujan bergantian setiap tahunnya. Hal tersebut mempengaruhi kondisi tanah dalam hal ini adalah lapisan tanah dasar yang mengalami pengeringan dan pembasahan akibat dari kejadian tersebut.

Salah satu faktor penting untuk ditinjau ialah modulus elastisitas dari tanah dasar tersebut. Dimana modulus elastisitas digunakan untuk



mengetahui ketahanan lapisan dasar perkerasan jalan untuk mengalami deformasi elastis pada saat dibebani.

Dari uraian yang dikemukakan di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul:

**“STUDI MODULUS ELASTISITAS TANAH DASAR PERKERASAN
JALAN AKIBAT SIKLUS BASAH KERING”**

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik tanah yang digunakan pada penelitian?
2. Bagaimana pengaruh siklus basah-kering terhadap nilai modulus elastisitas?
3. Bagaimana pengaruh perubahan nilai modulus elastisitas terhadap umur rencana perkerasan jalan?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui karakteristik tanah yang digunakan pada penelitian
2. Untuk mengetahui pengaruh siklus basah-kering terhadap nilai modulus elastisitas tanah dasar perkerasan jalan.
3. Untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai modulus elastisitas terhadap umur rencana perkerasan jalan.



1.4. Batasan Masalah

Agar penelitian dapat berjalan efektif dan mencapai sasaran yang diinginkan maka penelitian dibatasi pada:

1. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah lempung.
2. Pengujian dilakukan terhadap variasi siklus basah-kering.
3. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium, bukan pada skala lapangan.
4. Penelitian hanya meneliti sifat-sifat fisis dan mekanis tanah, tidak meneliti unsur kimia tanah tersebut.
5. Sifat-sifat fisis dan mekanis tanah yang dianalisis ialah:
 - Pengujian berat jenis
 - Pengujian kadar air
 - Pengujian batas-batas atterberg
 - Pengujian analisa saringan dan hidrometer
 - Pengujian pemadatan (kompaksi)
 - Pengujian kuat tekan bebas
6. Analisis data dengan menggunakan program Kenpave
7. Data input pada program KENPAVE adalah:
 - Tebal lapisan atas aspal AC-WC setebal 4 cm, dan lapisan AC-BC 6 cm
 - Tebal lapisan AC Base adalah 17 cm.
 - Tebal lapisan pondasi atas (LFA kelas A) adalah 30 cm.



- Repetisi beban yang digunakan sesuai pertumbuhan 5% dalam 20 tahun untuk jalan arteri dengan koefisien 0,7981 dan volume lalu lintas sebesar 1×10^6 .
- Contoh jenis kendaraan yang dijadikan pembebanan ialah kendaraan enam roda dua as dengan dua pasang roda terdapat dibelakang dengan masing-masing roda mempunyai beban sebesar 20 Kn, dengan radius pembebanan 9,21 cm, dan jarak antar sumbu roda di setiap pasang roda ialah 31 cm.
- Nilai modulus elastisitas lapisan aspal AC-WC sebesar 1100 MPa, lapisan aspal AC-BC sebesar 1200 MPa, lapisan AC Base sebesar 1600 MPa, lapisan LFA sebesar 350 MPa.
- Nilai Poisson Rasio lapisan aspal AC-WC sebesar 0.4, lapisan aspal AC-BC sebesar 0.4, lapisan AC Base sebesar 0.4, lapisan LFA sebesar 0.35.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun agar pembahasan lebih terarah dan tetap menjurus pada pokok permasalahan dan kerangka isi. Dalam tugas akhir ini sistematika penulisan disusun dalam lima bab yang secara berurutan menerangkan hal-hal sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN



Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan teori - teori dan tinjauan umum yang digunakan untuk membahas dan menganalisa tentang permasalahan dari penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahap demi tahap prosedur pelaksanaan penelitian serta cara pengolahan data hasil penelitian. Termasuk juga kerangka alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil analisis perhitungan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian serta pembahasan dari hasil pengujian yang diperoleh.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan menerangkan tentang kesimpulan beserta saran yang diperlukan untuk penelitian lebih lanjut dari tugas akhir ini.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah

Tanah adalah material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1988). Tanah juga merupakan kumpulan-kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain (diantaranya mungkin material organik) rongga-rongga diantara material tersebut berisi udara dan air (Verhoef, 1994). Sedangkan Tanah (*soil*) menurut teknik sipil dapat didefinisikan sebagai sisa atau produk yang dibawa dari pelapukan batuan dalam proses geologi yang dapat digali tanpa peledakan dan dapat ditembus dengan peralatan pengambilan contoh (*sampling*) pada saat pemboran. (Hendarsin, 2000)

Tanah juga didefinisikan sebagai akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan. Diantara partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori yang berisi air dan udara.

Tanah menurut Bowles (1989) adalah campuran partikel-partikel yang

ada di salah satu atau seluruh jenis berikut :



1. Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).
2. Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
3. Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
4. Lanau (*silt*), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.
5. Lempung (*clay*), partikel mineral berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
6. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang “diam” yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Istilah tanah dalam bidang mekanika tanah dapat digunakan mencakup semua bahan seperti lempung, pasir, kerikil dan batu-batu besar. Metode yang dipakai dalam teknik sipil untuk membedakan dan menyatakan berbagai tanah, sebenarnya sangat berbeda dibandingkan dengan metode yang dipakai dalam bidang geologi atau ilmu tanah.

Sistem klasifikasi yang digunakan dalam mekanika tanah dimaksudkan untuk memberikan keterangan mengenai sifat-sifat teknis dari bahan-bahan itu

antara yang sama, seperti halnya pernyataan-pernyataan secara geologis

untuk memberi keterangan mengenai asal geologis dari tanah.



2.2. Klasifikasi Tanah

Sistem Klasifikasi Tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya (Das, 1995).

Sistem klasifikasi tanah dimaksudkan untuk menentukan dan mengidentifikasi tanah dengan cara sistematis guna menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu dan juga berguna untuk menyampaikan informasi mengenai kondisi tanah dari suatu daerah ke daerah lain dalam bentuk suatu data dasar. Klasifikasi tanah juga berfungsi untuk studi yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1991).

Kebanyakan klasifikasi tanah menggunakan indek pengujian yang sangat sederhana untuk memperoleh karakteristik tanahnya. Umumnya klasifikasi didasarkan atas ukuran partikel yang diperoleh dari analisis saringan (percobaan sedimentasi) dan plastisitasnya (Hardiyatmo, 2002).

Adapun sistem klasifikasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*)

Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria berikut ini :



a. Ukuran butir dibagi menjadi :

Kerikil : bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm dan tertahan pada ayakan diameter 2 mm.

Pasir : bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 2 mm dan tertahan pada ayakan diameter 0,0075 mm.

Lanau & Lempung : bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 0,0075 mm.

b. Plastisitas, nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (IP) sebesar 10 atau kurang.

Nama berlempung dipakai bila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 11 atau lebih.

c. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan dalam contoh tanah yang akan diuji maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.



Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						
Klasifikasi umum	Tanah berbutir (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7			
				A-7-5	A-7-6		
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36			
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11			



Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau	Tanah Berlempung
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek	

Catatan:

Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL) Untuk $PL > 30$, klasifikasinya A-7-5;

Untuk $PL < 30$, klasifikasinya A-7-6.

NP = Non Plastis.

Sumber: Hardiyatmo (1992).

2. Sistem *Unified Soil Classification System* (USCS)

Unified Soil Classification System (USCS) diajukan pertama kali oleh Casagrande dan selanjutnya dikembangkan oleh *United State Bureau of Reclamation* (USBR) dan *United State Army Corps of Engineer* (USACE).

Kemudian *American Society for Testing and Materials* (ASTM) memakai

USCS sebagai metode standar guna mengklasifikasikan tanah. Dalam USCS, suatu tanah diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama, yaitu :

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir yang kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos saringan No.200. Simbol untuk kelompok ini adalah G untuk tanah berkerikil dan S untuk tanah berpasir. Selain itu juga dinyatakan gradasi tanah dengan simbol W untuk tanah bergradasi baik dan P untuk tanah bergradasi buruk.



2. Tanah berbutir halus (*fine-grained soil*), yaitu tanah yang lebih dari 50% berat contoh tanahnya lolos dari saringan No.200. Simbol kelompok ini adalah C untuk lempung anorganik dan O untuk lanau organik. Simbol Pt digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi. Plastisitas dinyatakan dengan L untuk plastisitas rendah dan H untuk plastisitas tinggi.

Menurut Bowles, Kelompok-kelompok tanah utama sistem klasifikasi

USCS dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini :

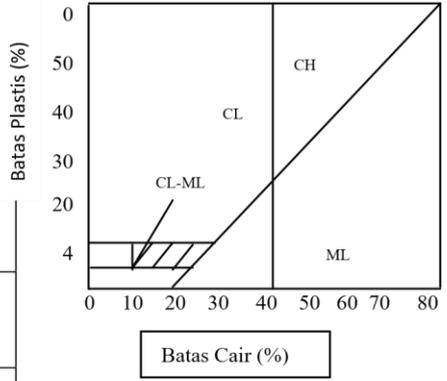
Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi Tanah *USCS*

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik	W
		Gradasi buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	$w_L < 50 \%$	L
Organik	O	$w_L > 50 \%$	H
Gambut	Pt		



Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem USCS

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol ganda
			GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
		Kerikil dengan Butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
	Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol ganda
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
	Tanah berbutir halus lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.
			CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)	
			OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
		Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis	
CH			Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)		
OH			Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi		
PT			<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi		



Hardiyatmo, 1999.

2.3. Karakteristik dan Struktur Mineral Lempung

2.3.1 Karakteristik Lempung

Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0.002 mm (Das, 1995). Hardiyatmo (2010), mengatakan sifat-sifat yang dimiliki dari tanah lempung yaitu antara lain ukuran butiran-butiran halus > 0.002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut tinggi dan proses konsolidasi lambat.

Sifat dan perilaku lempung terlihat pada komposisi mineral, unsur-unsur kimianya, dan partikel-partikelnya serta pengaruh yang ditimbulkan di lingkungan sekitarnya. Sehingga untuk dapat memahami sifat dan perilakunya diperlukan pengetahuan tentang mineral dan komposisi kimia lempung, hal ini dikarenakan mineralogi adalah faktor utama untuk mengontrol ukuran, bentuk dan sifat fisik serta kimia dari partikel tanah. Tanah lempung memiliki sifat yang khas yaitu apabila dalam keadaan kering dia akan bersifat keras, dan jika basah akan bersifat lunak plastis, dan kohesif, mengembang dan menyusut dengan cepat, sehingga mempunyai perubahan volume yang besar dan itu terjadi karena pengaruh air.

Ada beberapa hal istilah yang perlu dibedakan dalam mempelajari mengenai lempung yaitu :

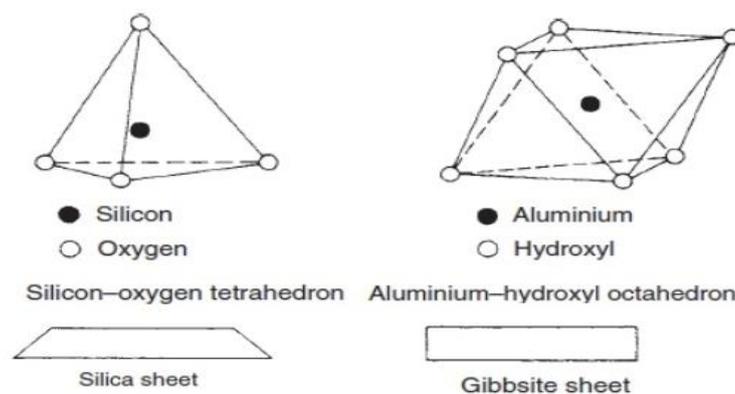
- a) Penggunaan istilah ukuran lempung, lebih dihubungkan dengan komposisi dalam ukuran partikel, yang biasanya berukuran $< 2 \mu\text{m}$.



- b) Penggunaan istilah mineral lempung, lebih dihubungkan dengan komposisi ukuran mineral. Ukuran mineral ini lebih spesifik, kadang-kadang ukuran mineral ini $< 2 \mu\text{m}$, meskipun pada umumnya $< 2 \mu\text{m}$.

2.3.2. Struktur Mineral Lempung

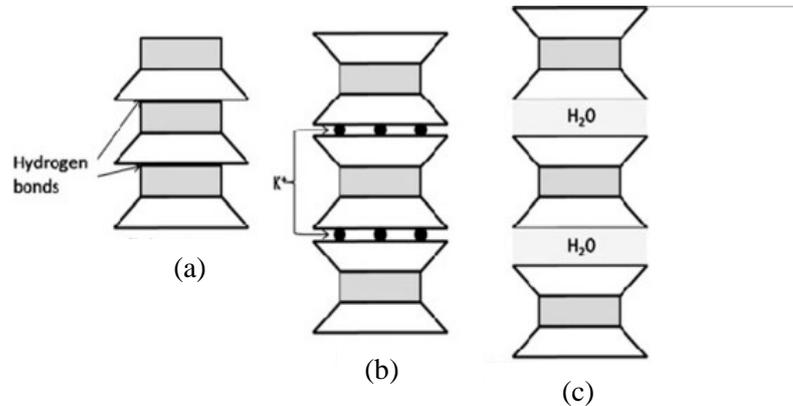
Hampir semua mineral lempung berbentuk lempengan yang mempunyai permukaan spesifik (perbandingan antara luas dan permukaan dengan massa) yang tinggi. Bentuk lain dari partikel mineral lempung adalah seperti jarum, tetapi jarang terdapat di bandingkan dengan bentuk lempengan. Satuan dari struktur mineral lempung terdiri atas silika tetrahedron dan alumina oktahedron. Silikon dan aluminium mungkin juga diganti sebagian dengan unsur lain yang di sebut *subtitusi isomorfis*. Satuan-satuan dasar tersebut bergadung membentuk struktur lembaran yang secara simbolis terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur dasar mineral lempung (Das, 1995)



Jenis-jenis mineral lempung tergantung dari kombinasi susunan satuan lembaran dasar. Yang membedakan jenis-jenis mineral adalah kombinasi tumbukan lembaran dan macam ikatan antara masing-masing lembaran. Struktur-struktur utama mineral lempung.



Gambar 2.2 Mineral lempung, (a) kaolinit, (b) ilit, (c) montmorilonit (DAS, 1995)

Kaolinit adalah salah satu struktur utama mineral lempung. Bagian dasar struktur ini adalah lembaran tunggal silika tetrahedron yang digabung dengan alumina oktahedron. Substitusi isomorfis praktis tidak terjadi dalam struktur ini. Kombinasi lembaran silika aluminium diperkuat oleh hidrogen sebagai pekat. Sebuah partikel kaolinit bisa mencapai lebih dari seratus tingkat.

Iilit mempunyai struktur dasar sebuah lembaran alumina oktahedron yang diapit oleh dua lembaran silika tetrahedron. Kombinasi lembaran-lembaran tersebut di atas diberikan satu sama lain dengan perekat (tidak dapat di ganti) yang berkekuatan rendah akibat pengaruh ion potasium yang terdapat di antara mereka.



Montmorilonit mempunyai struktur dasar yang sama dengan illit, tetapi dalam bagian oktahedral hanya magnesium yang menggantikan sebagian aluminium. Ruangan di antara kombinasi-kombinasi lembaran di atas diisi oleh molekul air dan kation-kation (dapat diganti) selain potasium. Kekuatan ikatan antara kombinasi-kombinasi lembaran ini sangat lemah. Pada montmorilonit dapat terjadi pemuaian (*swelling*) bila ada penambahan air yang terserap di antara kombinasi-kombinasi lembaran tersebut.

Gaya tolak menolak dan tarik-menarik bekerja antara partikel-partikel mineral lempung yang berdekatan. Tolak menolak terjadi antara muatan-muatan yang sejenis pada lapisan-lapisan ganda. Kenaikan valensi kation atau konsentrasinya akan mengakibatkan berkurangnya gaya tolak-menolak, dan sebaliknya. Gaya tarik menarik antar partikel adalah akibat pendeknya rentang gaya-gaya van der Waals; gaya-gaya ini tidak tergantung pada karakteristik lapisan ganda dan makin berkurang besarnya bila jarak antar partikel makin besar.

Interaksi antar partikel-partikel mineral lempung tunggal jarang terjadi dan cenderung membentuk agregasi elementer dari partikel-partikel dengan orientasi lebih besar, yaitu struktur yang dipengaruhi oleh endapan sekelilingnya. Dua bentuk himpunan partikel yang sudah dikenal adalah *bolthouse* dan *turbostratic*.



Kriteria neburut Skala Udden-Wentworth, ukuran partikel lanau berada di antara 3,9 sampai 62,5 μm , lebih besar daripada lempung tetapi

lebih kecil daripada pasir ISO 14688 memberi batasan antara 0,002 mm dan 0,063 mm, diantara lempung dan pasir. Pada kenyataannya, ukuran lempung dan lanau sering kali saling tumpang tindih, karena keduanya memiliki bangunan kimiawi yang berbeda. Lempung terbentuk dari partikel-partikel berbentuk datar/lempengan yang terikat secara elektostatik. Kriteria USDA, yang diadopsi oleh FAO, memberi batasan ukuran 0,05 mm untuk membedakan pasir dari lanau. Ini berbeda dari bahasa Unified Soil Classification System (USCS) dan sistem klasifikasi Tanah AASHTO (lembaga pengatur standar sipil Amerika Serikat), yang memberi ukuran batas 0,075 mm (atau pengayak #200).

2.4. Pembasahan dan Pengeringan

Proses pembasahan adalah tahap dimana terjadinya peningkatan kadar pori – pori tanah. Sedangkan Proses pengeringan adalah tahap dimana kondisi kadar air dalam pori – pori mengalami penurunan. Perubahan cuaca membuat mengakibatkan terjadinya siklus pembasahan dan pengeringan secara berulang sehingga tanah akan mengalami perubahan volume tanah akibat perubahan kadar air. Hal ini menyebabkan perubahan tekanan air pori

Maekawa dan Miyakita (1991) mengatakan bahwa jumlah siklus pengeringan dan pembasahan berulang akan mengurangi kekuatan geser tanah, sampai pada jumlah siklus tertentu. Proses pembasahan, kuat tekan (q_u) akan

seiring dengan kenaikan kadar air (w_c) dan sebaliknya pada proses pengeringan, kuat tekan (q_u) akan naik seiring dengan penurunan nilai kadar airnya



2.5. Analisa Menggunakan Program KENPAVE

Akibat adanya perlakuan siklus basah dan kering yang membuat Nilai Modulus Elastisitas berubah, maka dilakukan tinjauan pengaruhnya terhadap kinerja perkerasan jalan dimana yang ingin diketahui ialah umur rencana dari perkerasan jalan tersebut. Salah satu metode yang dapat digunakan ialah menggunakan program KENPAVE.

KENPAVE adalah program yang dikembangkan oleh Dr. Yang H. Huang P.E *Profesor Emeritus* dari *Civil Engineering University of Kentucky*. KENPAVE sendiri merupakan program analisis untuk perkerasan yang berdasarkan pada metode mekanistik. Program KENPAVE memiliki keunggulan dari program lain diantaranya adalah program ini lebih *user friendly* dan dapat menganalisis perkerasan sampai 19 lapisan (Huang 2004).

2.6. Penelitian Terdahulu.

1. Munawir, As'ad. dkk (2008). Pengaruh Kadar Air Terhadap Perilaku Modulus Deformasi Tanah Lempung Di Kawasan Universitas Brawijaya Malang yang Dipadatkan Secara Standar. *Jurnal Rekayasa Sipil / Volume 2, No. 2.*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perilaku tegangan deviator-regangan tanah lempung yang dipadatkan dengan jenis pemadatan standar memiliki model matematis non linear (polynomial), demikian pula halnya dengan tanah asli sehingga secara garis besar keduanya memperlihatkan pola yang hampir

na yaitu tidak linier. Kadar air berpengaruh pada besar tegangan runtuh, mana nilai tegangan runtuh akan menurun jika tanah lempung dipadatkan



dengan kadar air lebih tinggi. Tekanan kekang (σ_3) juga berpengaruh terhadap nilai tegangan runtuh, jika tanah lempung diuji pada tingkat tekanan kekang semakin tinggi maka tegangan runtuh akan meningkat sebanding dengan naiknya tekanan kekang tersebut walaupun diuji pada kadar air sama. Nilai modulus deformasi tanah lempung yang dipadatkan secara standar mengalami peningkatan nilai modulus deformasi sejalan dengan berkurangnya kadar air, hal ini disebabkan, semakin kecilnya kohesi pada waktu contoh tanah longsor dengan meningkatnya kadar air.

2. Ramadhani, Riska Intan (2018). Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Bina Marga 2013 Dan Metode Meanistik-Empirik Menggunakan Program *Kenpave* Pada Ruas Jalan Jogja-Solo. Program Studi Teknik Sipil Uninersitas Islam Indonesia.

Berdasarkan hasil desain, metode Bina Marga 2013 diperoleh tebal perkerasan lapis permukaan sebesar 20 cm dengan lapis AC-WC sebesar 4 cm dan AC-BC sebesar 16 cm. Lapis pondasi atas CTB dengan tebal 15 cm, dan lapis pondasi bawah LPA kelas A dengan tebal 15 cm. Pada program KENPAVE didapatkan tebal minimum yang mampu menahan beban lalu lintas selama umur rencana 20 tahun dengan tebal permukaan sebesar 20 cm, lapis pondasi atas sebesar 8 cm dan lapis pondasi bawah sebesar 10 cm.

