

SURAT - TUGAS

Nomor: 251-D/1132/FT-UNTAR/II/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara, dengan ini menugaskan kepada Saudara:

- 1. Ir. Gregorius Sandjaja S, M.T.**
- 2. Ir. Aniek Prihatiningsih, M.M.**
- 3. Alfred Jonathan Susilo, ST., M.Eng., Ph.D.**

Untuk melaksanakan kegiatan secara Daring dengan data sebagai berikut:

Nama Seminar : Konferensi Nasional Teknik Sipil (KonTekS) ke 14
Judul Makalah : Nilai Modulus Elastis Tanah Dari Hasil Uji Desak Bebas Jika
Dipadatkan Pada Kadar Air Yang Berbeda - Beda
Peran : Pemakalah
Pelaksanaan : Kampus ITB - Bandung, 06-07 Oktober 2020
Penyelenggara : Kerjasama 10 Universitas di Indonesia (ITB, UAJY, UPH, UNUD,
USAKTI, UNS, ITENAS, UNTAR, UNIKA Soegijapranata, UNSYIAH)

Demikian Surat Tugas ini dibuat, untuk dilaksanakan dengan sebaik-baiknya dan melaporkan hasil penugasan tersebut kepada Dekan Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara.

25 Februari 2021

Dekan



Harto Tanujaya, S.T., M.T., Ph.D.

Tembusan :

1. Kaprodi. Sarjana Teknik Sipil
2. Kasubag. Personalia

PROGRAM STUDI :

- Sarjana Arsitektur, Magister Arsitektur, Sarjana Perencanaan Wilayah dan Kota, Magister Perencanaan Wilayah dan Kota
- Sarjana Teknik Sipil, Magister Teknik Sipil, Doktor Teknik Sipil
- Sarjana Teknik Mesin, Sarjana Teknik Industri, Sarjana Teknik Elektro

Jl. Letjen. S. Parman No.1 - Jakarta 11440

P : (021) 5663124 - 5672548 - 5638335

MPWK : (021) 56967322, MTS : (021) 5655801 - 5655802, DTS : (021) 56967015 - 5645907

F : (021) 5663277, MTS : (021) 5655805, MPWK : (021) 5645956

E : ft@untar.ac.id

www.untar.ac.id

SEMINAR ONLINE

SERTIFIKAT

6-7 Okt 2020, Daring dari Kampus ITB



Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-14

Proud
to be a
**CIVIL
ENGINEER**

Diberikan kepada

Ir. Aniek Prihatiningsih, M.M.

atas partisipasinya sebagai

PEMAKALAH

*Peringatan 100 Tahun
Pendidikan Teknik Sipil
di Indonesia*

Bandung, 07 Oktober 2020
Ketua KoNTeKS ke-14

Ir. Muhamad Abduh, M.T., Ph.D.



ITB



UAJY



UPH



UNUD



USAkti



UNS



ITENAS



UNTAR



UNIKA
SOEGIJAPRANATA



UNSYIAH

P R O S I D I N G

SEMINAR ONLINE

KONTREKS · 14

Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-14

6-7 Oktober 2020

Daring dari Kampus ITB

Proud to be a **CIVIL ENGINEER**



*Peringatan 100 Tahun
Pendidikan Teknik Sipil di Indonesia*

DIDUKUNG OLEH



BMPTTSSI
(BICEHEC)



**ITB
Press**

P R O S I D I N G

SEMINAR ONLINE



Proud to be a **CIVIL ENGINEER**



Peringatan 100 Tahun Pendidikan Teknik Sipil di Indonesia

6-7 Okt 2020
Daring dari Kampus ITB



SEMINAR
ONLINE



Proud to be a **CIVIL ENGINEER**



Peringatan 100 Tahun Pendidikan Teknik Sipil di Indonesia

6-7 Okt 2020, Daring dari Kampus ITB

PROSIDING

Editor

Dr. Florentina Pungky Pramesti, S.T., M.T. UNS
Dr. Senot Sangadji, S.T., M.T. UNS
Ir. Muhammad Abduh, M.T., Ph.D. ITB
Ir. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D. UAJY
Dr. Hermawan, S.T.M.T. UNIKA Soegijapranata
Ferianto Raharjo, S.T., M.Eng. UAJY

Desain sampul, isi dan tata letak

Dr. Chandra Tresnadi, M.Ds.

Alamat

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha No. 10, Bandung 40132, Jawa Barat, Indonesia.
Telepon. +62-22-2504556

Website. <http://konteks.site>
Email. konteks14@gmail.com

Nara Hubung

Sekretaris Dr. Hermawan +62 895641304529
Komite Ilmiah Harijanto, Ph.D. +62 8122720865

Penerbit

Penerbit ITB
Gedung Perpustakaan Pusat Lantai Basement
Jl. Ganesa No. 10 Bandung 40132
Telepon. +62-22-2504257
E-mail. itbpress@penerbit.itb.ac.id

@2020

Hak Cipta Dilindungi oleh Undang-undang

ISBN

978-623-297-033-5



DAFTAR MAKALAH

A. GEOTEKNIK

110 - GT	Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan <i>Sheet Pile</i> Eksisting (Studi Kasus: Jalan Bahumbelu - Morowali Sulawesi Tengah) <i>Asep Irwan dan Ilham</i>	39
115 - GT	Nilai Modulus Elastis Tanah dari Hasil Uji Desak Bebas jika Dipadatkan pada Kadar Air yang Berbeda-beda <i>Gregorius Sandjaja Sentosa, Aniek Prihatiningsih, dan Alfred Jonathan Susilo</i>	45
121 - GT	Studi Pemanfaatan <i>Fly Ash</i> sebagai Material Campuran Tanah Dasar Fondasi Batubara di PLTU Sulawesi Utara II <i>Muhammad Ikhsan dan Fadhila Muhammad Libasut Taqwa</i>	53
122 - GT	Studi UCS Pada Tanah Distabilisasi Dengan <i>Fly Ash</i> Dan Semen Untuk Konstruksi Lapis Fondasi Jalan <i>Aldino Muhamad Irfan dan Fadhla Muhammad Libasut Taqwa</i>	62
269 - GT	Pemanfaatan Zeolit Alam dan Silica Gel sebagai Bahan Stabilisasi pada Tanah Lempung <i>Yunrianus Upa, Ermitha Ambun RD, Henrianto Masiku, dan Abdias Tandiarang</i>	71
300 - GT	Analytical and Numerical Study of Vacuum Preloading and Prefabricated Vertical Drains for Soft Soil Improvement <i>Nisrina Aulia Is Marsa, Dedi Apriadi, dan Halida Yunita</i>	77
357 - GT	Pengaruh Penambahan Pasir terhadap Tingkat Kepadatan dan Daya Dukung Tanah Lempung <i>Cut Nawalul Azka, Rifki Hidayat, dan Fauzan Adhima</i>	85
360 - GT	Pengaruh Jumlah Lapisan Pemadatan terhadap Nilai Derajat Kepadatan Tanah pada Pengujian Kepadatan dengan Standar <i>Proctor Test</i> <i>Dian Hastari Agustina dan Eska Oktamora</i>	94
364 - GT	Analisis Daya Dukung Tanah Lunak dengan Campuran Slag Nikel dan <i>Water Glass</i> <i>Parea Rusan Rangan, Ermitha Ambun, Jacob Bokko, dan Hans Hardianto</i>	102
375 - GT	<i>Analysis of Slope Stability Based on Finite Element Method</i> <i>Josua Kelpin Nauli, Nabilla Kirana Mokoginta, dan Rekso</i>	108

115 - GT

NILAI MODULUS ELASTIS TANAH DARI HASIL UJI DESAK BEBAS JIKA DIPADATKAN PADA KADAR AIR YANG BERBEDA-BEDA

Gregorius Sandjaja Sentosa¹, Aniek Prihatiningsih¹, dan Alfred Jonathan Susilo¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Let.Jen S. Parman 1, Jakarta
 Email: gregoriuss@ft.untar.ac.id, aniekp@ft.untar.ac.id, alfreds@ft.untar.ac.id

ABSTRAK

Nilai modulus elastis tanah dapat diperoleh dari hasil uji desak bebas di laboratorium. Tanah yang dipadatkan di laboratorium dengan uji pemadatan standar dan modifikasi menghasilkan tingkat kepadatan tanah yang berbeda. Untuk pemadatan tanah dengan metode pemadatan modifikasi tingkat kekerasan tanah yang diperoleh akan lebih tinggi daripada tanah yang dipadatkan dengan metode pemadatan standar. Sejumlah benda uji tanah yang dipadatkan dengan kandungan kadar air yang berbeda-beda, yaitu: 95%, 98% lebih kering dan basah dari kadar air optimum telah dilakukan di laboratorium, juga pemadatan pada kondisi kadar air optimum (100%). Benda uji yang sudah dipadatkan kemudian diambil dan dibentuk benda uji untuk pengujian desak bebas (*unconfined compression test*). Hasil uji desak bebas berupa hubungan antara tegangan dan regangan yang kemudian dicari nilai modulus elastisnya. Nilai modulus elastis dianalisis untuk melihat kecenderungan nilainya. Pada saat benda uji dipadatkan lebih kering daripada kadar air optimum, nilai modulus elastisnya cenderung tinggi, tetapi rentang perbedaan nilai-nilainya cukup besar. Ketika tanah dipadatkan pada kondisi yang lebih basah dari kadar air optimum, nilai modulus elastisnya lebih rendah tetapi rentang perbedaan nilai-nilainya relatif lebih kecil. Nilai modulus elastis pada kondisi lebih basah dari kadar air optimum juga cenderung lebih kecil daripada benda uji yang dipadatkan dalam kondisi lebih kering.

Kata Kunci: pemadatan standar dan modifikasi, modulus elastis, uji desak bebas, kadar air optimum.

1. PENDAHULUAN

Dalam perencanaan rekayasa sipil, nilai modulus elastis kerap digunakan. Banyak program aplikasi ketika awal memasukkan data pasti memin nilai modulus elastis (E). Nilai modulus elastis untuk berbagai material telah banyak ditemukan dan dibuatkan daftar atau tabelnya. Demikian juga untuk tanah, nilai spesifik modulus elastis tanah bisa ditemukan dalam berbagai buku teks dan publikasi. Terzaghi (1996) dalam buku teksnya telah menuliskan upaya beberapa peneliti sejak tahun 1934 untuk mengidentifikasi nilai modulus elastis tanah. Nilai modulus elastis tanah dibedakan sesuai dengan jenis tanahnya, pasir, lempung, lanau dan sebagainya. Ada juga nilai modulus elastis yang dapat dihitung dari rumus empiris dari berbagai alat pengujian. Bowles (1988) juga merangkum nilai spesifik modulus elastis tanah berdasarkan jenis tanah dan menyajikan nilai modulus elastis yang dihitung secara empiris berdasarkan uji lapangan dan laboratorium dengan berbagai alat. Nilai modulus elastis ini dapat juga ditemukan dari berbagai buku-buku teks lainnya, antara lain Lambe (1969), Sanglerat (1972), Hunt (2005).

Upaya untuk mencari nilai spesifik modulus elastis campuran tanah dan batuan telah dilakukan oleh Hao (2015), Model pengerasan tanah (*soil hardening*) dengan memanfaatkan diagram hubungan tegangan-regangan telah dijelaskan oleh Obrzud (2011). Dari grafik hubungan tegangan-regangan dapat dihitung perkiraan nilai modulus elastis material, termasuk tanah. Verbrugge (2018) juga telah mengumpulkan rumus-rumus empiris untuk menghitung hasil uji desak bebas nilai modulus elastis tanah berdasarkan hasil uji alat sondir.

Dalam makalah ini akan disajikan nilai spesifik modulus elastis tanah yang dipadatkan di laboratorium dengan metode pemadatan modifikasi standar AASHTO (2011), kemudian contoh tanah dibuat pada kadar air bervariasi di sekitar kadar air optimum. Komposisi ukuran butir kondisinya juga berbeda. Nilai modulus elastis diambil dari kurva hubungan tegangan-regangan uji desak bebas.

2. KARAKTERISTIK TANAH DAN METODE PENGUJIAN

Tanah yang akan diuji di laboratorium diambil dari dua lokasi yang berbeda, tempat yang akan dibangun jalan raya. Lokasinya disebut dengan identitas Manado dan Medan. Contoh tanah yang diuji merupakan bagian dari pengujian untuk mengevaluasi lapisan tanah dasar (*subgrade*) perkerasan jalan. Karakteristik tanah yang diuji dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji *index properties* dan pemadatan Tanah Manado dan Medan

UJI LABORATORIUM	NILAI DARI LOKASI		UNIT
	MANADO	MEDAN	
SPECIFIC GRAVITY			
	Gs	2.71	2.67
ATTERBERG (batas plastis)			
Batas Cair (w_L)	69.70	56.16	%
Batas Plastis (w_p)	46.14	39.82	
Indek Plastisitas (I_p)	23.56	16.34	
Kadar air awal, w_n (%)	40.93	--	
GRAIN SIZE (ukuran butir)			
Gravel	0.00	3.52	%
Pasir	3.20	53.08	%
Lanau	84.70	39.50	%
Lempung	12.1	6.72	%
Klasifikasi Tanah (AASHTO)	A-7-5	A-7-5	
Klasifikasi Tanah (USCS)	MH	SM	
MODIFIED COMPACTION 25x HB MK 5L			
Kadar air optimum (w_{opt})	34.40	21.49	%
kepadatan kering maksimum (γ_{dmaks})	1.33 (13.09)	1.66 (16.28)	gr/cm ³ (kN/m ³)

Karakteristik tanah

Dari Tabel 1 dapat dilihat komposisi ukuran butir tanah Medan didominasi oleh pasir yang tercampur dengan tanah lanau, sementara tanah Manado didominasi oleh butiran lanau tercampur lempung. Indeks plastis tanah Manado lebih tinggi daripada tanah Medan. Untuk klasifikasi menurut USCS, tanah Medan masuk dalam kategori pasir berlanau (SM), sementara tanah Manado tanah lanau (MH). Tetapi jika mengikuti standar AASHTO, kedua tanah tersebut masuk dalam klasifikasi yang sama A-7-5. Ketika tanah dipadatkan dengan standar modifikasi AASHTO, kadar air optimum tanah Manado lebih tinggi daripada tanah Medan.

Uji laboratorium

Proses uji laboratorium dilakukan sebagai berikut:

1. Semua tanah mula-mula diuji parameter indeks, meliputi kadar air natural, *specific gravity*, batas cair, batas plastis, sebaran ukuran butir
2. Uji pemadatan modifikasi sesuai standar AAHSTO T-180-90 dengan menggunakan alat serta cara penumbukan yang dapat dilihat pada Tabel 2. Dari uji pemadatan ini diperoleh kurva hubungan antara kadar air dan berat isi tanah. Nilai parameter spesifik dari uji ini adalah kadar air optimum (w_{opt}) dan berat isi kering maksimum (γ_{dmaks})
3. Setelah diketahui kadar air optimum dan berat isi kering maksimum, kemudian ditentukan nilai kadar air pada kondisi 98% dan 95% (96%) dari berat isi kering maksimum, masing-masing ada dua nilai, yaitu pada kondisi lebih basah dan lebih kering dari kadar air optimum. Pada kondisi ini dibuat contoh tanah untuk diuji pada alat uji desak bebas. Untuk memastikan perolehan nilai parameter uji desak bebas yang konsisten, maka contoh tanah yang dipadatkan dengan kadar air yang berbeda-beda dibuat dua kali, dan masing-masing disebut benda uji petama dan benda uji kedua (duplo). Untuk masing-masing benda uji pertama dan duplo

diambil juga dua contoh tanah untuk diuji pada alat uji desak bebas, sehingga akan diperoleh 4 contoh tanah yang diuji pada alat uji desak bebas pada kondisi kadar air yang sama. Selain pada kondisi 98% dan 95%, benda uji untuk uji desak bebas juga dibuat pada kondisi kadar air optimum. Distribusi benda uji desak bebas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Uji Pemadatan AASHTO T-180-90 Metode A

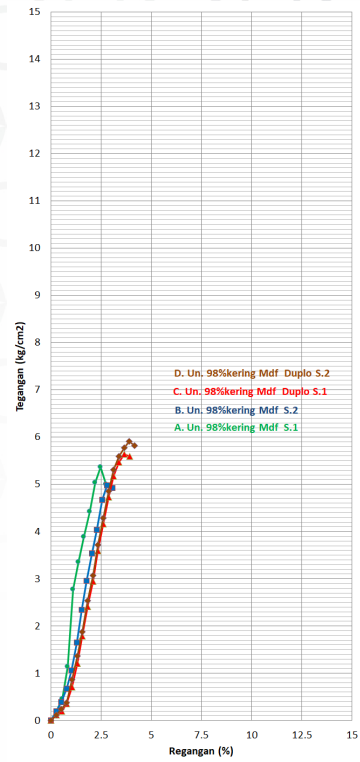
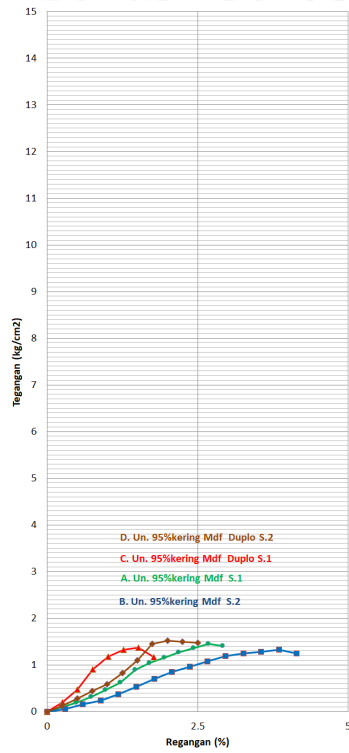
Kriteria Pengujian	Metode A
Ukuran diameter tabung silinder (<i>mold</i>), (MK) mm (<i>inch</i>)	101.60 (4)
Tinggi <i>mold</i> , mm (<i>inch</i>)	116.43 (4.584)
Berat <i>hammer</i> besar (HB), N (kg, lb)	45.4 (4.54, 5.5)
Tinggi jatuh <i>hammer</i> , mm (<i>inch</i>)	457 (18)
Jumlah lapisan tanah yang dipukul (lapis), 5L	5
Jumlah pukulan per lapisan (25x)	25
Material butir tanah melewati saringan ukuran, mm (<i>inch</i>)	4.75 (0.19)
Jumlah contoh tanah yang disiapkan, N (kg, lb)	30 (3, 7)

Tabel 3. Jumlah Benda uji

UJILABORATORIUM PEMADATAN	NILAI DARI LOKASI		UNIT	Benda uji pemadatan Benda uji desak bebas
	MANADO	MEDAN		
96% Kadar air optimum, sisi basah (w_{opt})	22.7		%	Pemadatan, 2
96% kepadatan kering maksimum, sisi basah (γ_{dmaks})	1.28 (12.56)		gr/cm ³ (kN/m ³)	Uji desak bebas, 4
95% Kadar air optimum, sisi basah (w_{opt})		17	%	Pemadatan, 2
95% kepadatan kering maksimum, sisi basah (γ_{dmaks})		1.57 (15.4)	gr/cm ³ (kN/m ³)	Uji desak bebas, 4
98% Kadar air optimum, sisi basah (w_{opt})	28.45	18.6	%	Pemadatan, 2
98% kepadatan kering maksimum, sisi basah (γ_{dmaks})	1.31 (12.85)	1.62 (15.89)	gr/cm ³ (kN/m ³)	Uji desak bebas, 4
Kadar air optimum (w_{opt})	34.40	21.49	%	Pemadatan, 2
kepadatan kering maksimum (γ_{dmaks})	1.33 (13.09)	1.66 (16.28)	gr/cm ³ (kN/m ³)	Uji desak bebas, 4
98% Kadar air optimum, sisi kering (w_{opt})	38.9	23.45	%	Pemadatan, 2
98% kepadatan kering maksimum, sisi kering (γ_{dmaks})	1.31 (12.85)	1.62 (15.89)	gr/cm ³ (kN/m ³)	Uji desak bebas, 4
96% Kadar air optimum, sisi kering (w_{opt})	34.40		%	Pemadatan, 2
96% kepadatan kering maksimum, sisi kering (γ_{dmaks})	1.33 (13.09)		gr/cm ³ (kN/m ³)	Uji desak bebas, 4
95% Kadar air optimum sisi kering (w_{opt})		41.3	%	Pemadatan, 2
95% kepadatan kering maksimum, sisi kering (γ_{dmaks})		1.57 (15.4)	gr/cm ³ (kN/m ³)	Uji desak bebas, 4

3. HASIL PENGUJIAN

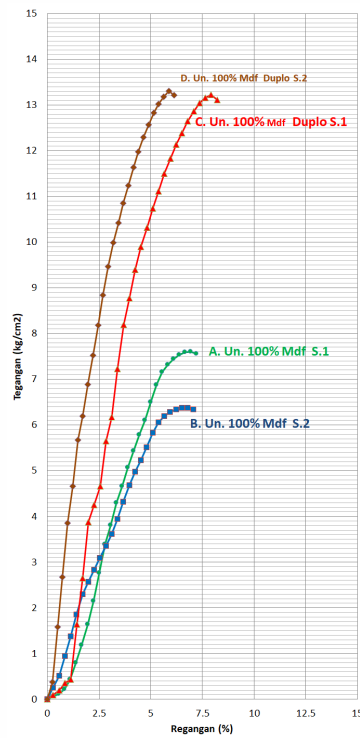
Kurva hasil uji desak bebas dapat dilihat pada Gambar 1 sampai dengan 6, sedangkan rentang nilai modulus elastis yang dihitung dari kurva tegangan-regangan dapat dilihat pada Tabel 4.



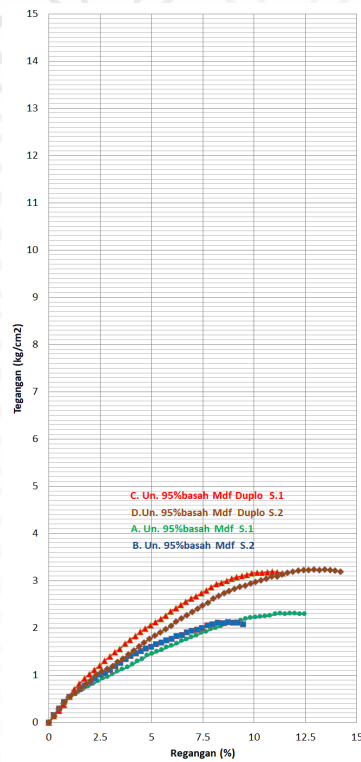
(a) 96% berat isi kering maksimum, sisi kering

(b) 98% berat isi kering maksimum, sisi kering

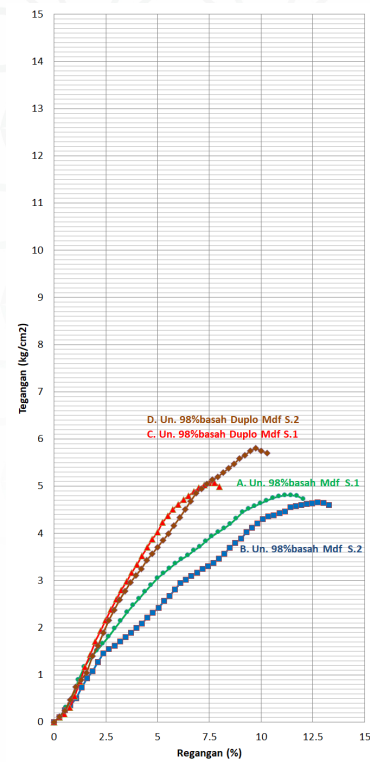
Gambar 1. Kurva uji desak bebas contoh tanah Manado, kondisi 96% dan 98% pada sisi kering



Gambar 2. Kurva uji desak bebas contoh tanah Manado pada kondisi 100% berat isi kering maksimum

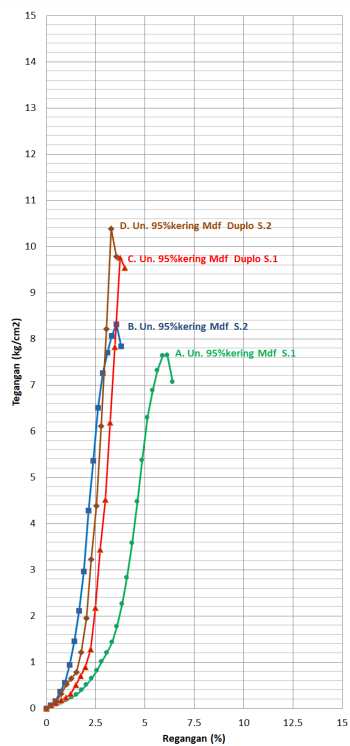


(a) 96% berat isi kering maksimum, sisi basah

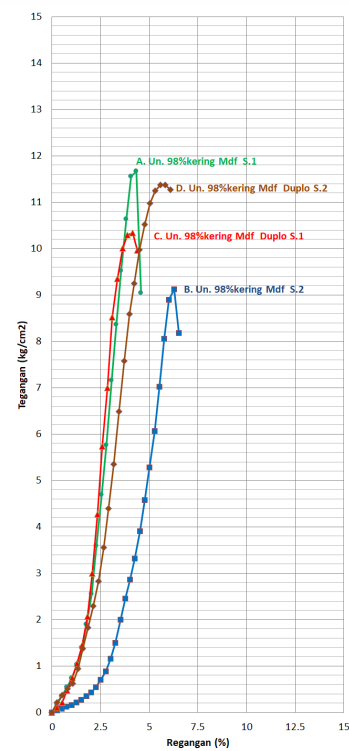


(b) 98% berat isi kering maksimum, sisi basah

Gambar 3. Kurva uji desak bebas contoh tanah Manado pada kondisi 96% dan 98% pada sisi basah

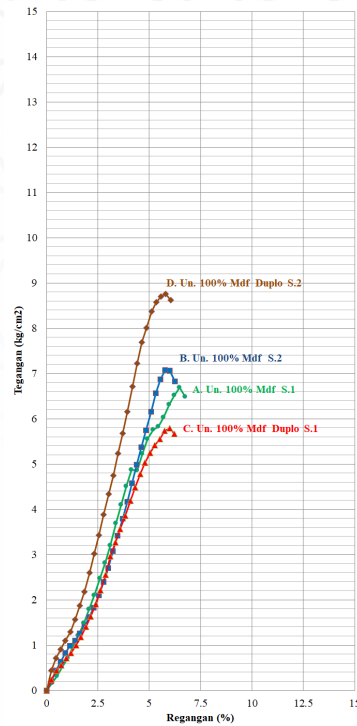


(a) 95% berat isi kering maksimum, sisi kering

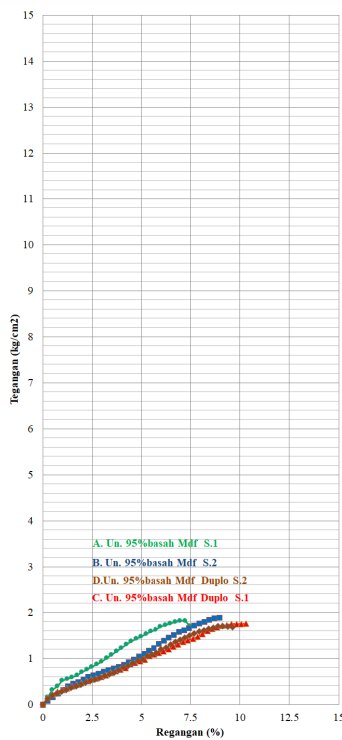


(b) 98% berat isi kering maksimum, sisi kering

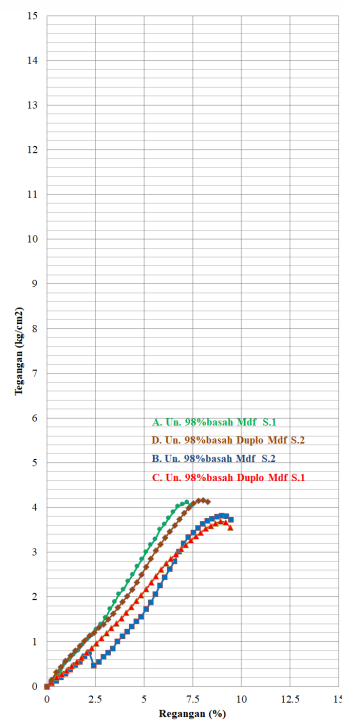
Gambar 4. Kurva uji desak bebas contoh tanah Medan, kondisi 95% dan 98% pada sisi kering



Gambar 5. Kurva uji desak bebas contoh tanah Medan pada kondisi 100% berat isi kering maksimum



(a) 95% berat isi kering maksimum, sisi basah



(b) 98% berat isi kering maksimum, sisi basah

Gambar 6. Kurva uji desak bebas contoh tanah Medan, kondisi 95% dan 98% pada sisi basah

Tabel 4. Rentang nilai Modulus Elastis Tanah yang Dipadatkan

UJI LABORATORIUM PEMADATAN	RENTANG NILAI MODULUS ELASTIS DARI LOKASI		UNIT
	MANADO	MEDAN	
96% Kadar air optimum, sisi basah (w_{opt})	2.65 (26.5) s/d 9.35 (93.5);		MPa (kg/cm ²)
96% kepadatan kering maksimum, sisi basah (γ_{dmaks})	Rata-rata 5.02 (50.2)		
95% Kadar air optimum, sisi basah (w_{opt})		1.54 (15.4) s/d 3.32 (33.2);	MPa (kg/cm ²)
95% kepadatan kering maksimum, sisi basah (γ_{dmaks})		Rata-rata 2.39 (23.9)	
98% Kadar air optimum, sisi basah (w_{opt})	3.78 (37.8) s/d 8.24 (82.4);	1.57 (15.7) s/d 8.23 (82.3);	MPa (kg/cm ²)
98% kepadatan kering maksimum, sisi basah (γ_{dmaks})	Rata-rata 6.04 (60.4)	Rata-rata 5.32 (53.2)	
Kadar air optimum (w_{opt})	2.13 (21.3) s/d 32.2 (322);	6.09 (60.9) s/d 18.7 (187);	MPa (kg/cm ²)
kepadatan kering maksimum (γ_{dmaks})	Rata-rata 9.62 (96.2)	Rata-rata 10.57 (105.7)	
98% Kadar air optimum, sisi kering (w_{opt})	3.54 (35.4) s/d 5.37 (53.7);	2.45 (24.5) s/d 6.48 (64.8);	MPa (kg/cm ²)
98% kepadatan kering maksimum, sisi kering (γ_{dmaks})	Rata-rata 4.29 (42.9)	Rata-rata 4.23 (42.3)	
96% Kadar air optimum, sisi kering (w_{opt})	5.14 (51.4) s/d 5.94 (59.4);		MPa (kg/cm ²)
96% kepadatan kering maksimum, sisi kering (γ_{dmaks})	Rata-rata 5.7 (57)		
95% Kadar air optimum sisi kering (w_{opt})		3.08 (30.8) s/d 6.37 (63.7);	MPa (kg/cm ²)
95% kepadatan kering maksimum, sisi kering (γ_{dmaks})		Rata-rata 4.68 (46.8)	

Analisis

Nilai modulus elastis dihitung dari rumus:

$$E = \sigma / \varepsilon \quad (1)$$

Nilai tegangan dan regangan diambil ketika kurva masih menunjukkan garis linear, yaitu kira-kira ketika tegangan masih rendah.

Rentang nilai modulus elastis tanah berlanau menurut Bowles (1996) berada pada kisaran 2 – 20 MPa, demikian juga rentang nilai yang disebut Verbrugge (2018) sama. Verbrugge menyebut nilai tersebut dikutip dari AASHTO, 1996. Sementara untuk tanah berpasir yang mengandung lanau Bowles (1996) menyebut rentang nilai modulus elastisnya berada pada kisaran 5 – 20 MPa, dan Verbrugge (2018) menyebutkan rentang nilai modulus elastis pasir halus dalam keadaan lepas (*loose*) berada pada kisaran 8 – 12 MPa, sedangkan pasir lepas pada umumnya berada pada rentang nilai 10 -30 MPa. Verbrugge (2018) tidak menyebut nilai pasir yang mengandung lanau.

Pada penelitian ini kandungan butir tanah tidak berada pada kondisi yang benar-benar lanau atau pasir. Tanah Manado kandungan lanaunya cukup dominan, tetap masih ada kandungan lempungnya dan sedikit pasir, demikian juga tanah Medan kandungan pasirnya lebih dominan (53.08%), tetapi kandungan lanaunya 39.5% yang tercampur sedikit lempung dan kerikil.

Dari hasil pengumpulan nilai modulus elastis, terlihat pada tanah Manado yang kandungan lanaunya lebih dominan terlihat nilai rata-rata modulus elastis berkisar antara 4.29 sampai 9.62 MPa, sedangkan pada tanah Medan yang kandungan pasirnya lebih dominan terlihat rentang nilai modulus elastis rata-rata berkisar antara 2.39 sampai 10.57 MPa.

Jika dibandingkan dengan nilai yang disebut Bowles (1996) tanah lanau rentang nilai modulus elastisnya berada pada kisaran 2 – 20 MPa, yang berarti nilai rata-rata tanah Manado memang berada dalam kisaran nilai tersebut. Sementara tanah berpasir Bowles (1996) menyebutkan tanah pasir berlanau kisaran nilainya berada pada rentang nilai 5 – 20 MPa, sementara nilai dari pengujian ini nilai rata-rata paling rendah 2.39, yang berarti berada di luar rentang nilai yang disebut Bowles.

Bagi tanah Manado yang kandungan lanaunya lebih dominan rentang nilai modulus elastis rata-ratanya jika dipadatkan pada simpangan 5% dari kadar air optimum, akan memperlihatkan kisaran nilai antara 2.13. – 32.2 MPa. Nilai ini agak sedikit berbeda dengan yang disebut Bowles (1996) dan Verbrugge (2018), karena mereka menyebut nilai maksimum nilai modulus elastisnya pada angka 20 MPa, sedangkan pada penelitian ini terlihat ada angka rata-rata yang lebih dari 20 MPa, yaitu 32.2 MPa. Sedangkan pada tanah Medan yang kandungan pasirnya dominan, akan memperlihatkan kisaran nilai rata-rata modulus elastisnya antara 1.54 – 18.7 MPa. Nilai ini juga memperlihatkan kecenderungan yang lebih rendah daripada yang disebut Bowles (1996) untuk tanah lanau yang nilai paling rendahnya 5 MPa dan Verbrugge (2018) menyebut nilai modulus elastis paling rendah untuk tanah pasir 8 MPa.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pengujian pemadatan di laboratorium, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Tanah yang dipadatkan di laboratorium akan memperlihatkan nilai modulus elastis yang berada rentangan nilai tertentu. Tanah berlanau akan memperlihatkan perbedaan simpangan nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan tanah berpasir.
2. Tanah berlanau yang dipadatkan memperlihatkan nilai modulus elastis rata-ratanya berkisar antara 4.29 sampai 9.62 MPa.
3. Tanah berpasir yang dipadatkan memperlihatkan nilai modulus elastis rata-ratanya berkisar antara 3.99 sampai 10. 57 MPa.

Saran dari penelitian ini:

Perlu dilakukan pengujian lebih banyak contoh tanah untuk membuktikan dengan karakteristik tanah yang sama mempunyai nilai modulus elastis yang mendekati sama dengan teori.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Makalah ini merupakan bagian dari penelitian yang didanai oleh Direktorat jenderal Pendidikan Tinggi dan Lembaga Penelitian dan Publikasi Ilmiah (LPPI) Universitas Tarumanagara tahun 2014, 2015. Kami mengucapkan terima kasih atas dukungan institusi tersebut sehingga penelitian dan makalah ini dapat tersusun.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Organization (AASHTO), (2011), *Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*, Washington D.C., USA
- Bowles, J.E. (1988). *Foundation Analysis and Design*, 5th. Ed., The McGraw-Hill Companies, Inc., New York, USA
- Hao Yang, Zhong Zhou, Xiangcan Wang, and Qifang Zhang (2015). *Elastic Modulus Calculation Model of a Soil-Rock Mixture at Normal or Freezing Temperature Based on Micromechanics Approach*. Hindawi Publishing Corporation Advances in Materials Science and Engineering Volume 2015, Article ID 576080, 10 pages
- Hunt, R.E. (2005). *Geotechnical Engineering Investigation Handbook*, 2nd. Ed., CRC Press Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL. USA
- Lambe, T.W., Robert V. Whitman (1969). *Soil Mechanics*. John Wiley and Sons, New York. USA
- Sanglerat, G. (1972). *The Penetrometer and Soil Exploration*, Elsevier Publishing Company Amsterdam
- Sentosa, G.S., A. Prihatiningsih, D. Kosasih (2015). *Uji Desak Bebas terhadap Material Tanah untuk Mengevaluasi Batas-batas Kinerja untuk Struktur Perkerasan Jalan yang Memiliki Ketahanan 50 Tahun*. Laporan Penelitian Lembaga Penelitian dan Publikasi Ilmiah Universitas Tarumanagara, Jakarta
- Terzaghi, K., Ralph B. Peck, G. Mesri (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 3rd ed., JohnWiley & Sons Inc., New York
- Obrzud, R. (2011). *The Hardening Soil model with small strain stiffness*. Zsoil v2011. GeoMod Ing. SA, Lausanne
- Verbrugge, J.C., C. Schroeder (2018). *Geotechnical Correlations for Soils and Rocks*, ISTE Ltd., London. JohnWiley & Sons Inc., Hoboken, USA