

**TINJAUAN KUAT TEKAN BEBAS DAN MODULUS ELASTISITAS
TANAH LEMPUNG PURWODADI GROBOGAN YANG
DISTABILISASI DENGAN MILL**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh:

AGUS DIAN PURBA

D 100 130 030

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**TINJAUAN KUAT TEKAN BEBAS DAN MODULUS ELASTISITAS
TANAH LEMPUNG PURWODADI GROBOGAN YANG DI
STABILISASI DENGAN MILL**

PUBLIKASI ILMIAH

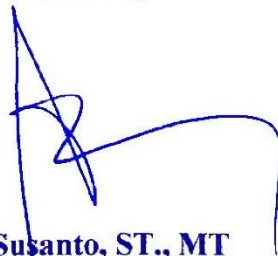
oleh:

AGUS DIAN PURBA

D 100 130 030

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen
Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'A' followed by a horizontal stroke and a loop.

Agus Susanto, ST., MT
NIK : 787

HALAMAN PENGESAHAN

**TINJAUAN KUAT TEKAN BEBAS DAN MODULUS ELASTISITAS
TANAH LEMPUNG PURWODADI GROBOGAN YANG DI
STABILISASI DENGAN MILL**

OLEH

AGUS DIAN PURBA

D 100 130 030

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Selasa, 3 Oktober 2017
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

1. Agus Susanto, ST., MT. (.....) (Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Renaningsih, MT. (.....) (Anggota I Dewan Penguji)
3. Anto Budi Listyawan, ST., MSc (.....) (Anggota II Dewan Penguji)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.
NIK : 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 3 Oktober 2017

Penulis



AGUS DIAN PURBA
D 100 130 030

TINJAUAN KUAT TEKAN BEBAS DAN MODULUS ELASTISITAS TANAH LEMPUNG PURWODADI GROBOGAN YANG DISTABILISASI DENGAN MILL

Abstrak

Tanah di daerah Purwodadi Grobogan termasuk jenis tanah yang kurang baik. karena apabila terjadi perubahan musim antara kemarau dan penghujan diikuti dengan rusaknya bangunan-bangunan sipil seperti lantai rumah yang menggelembung, retakan-retakan keramik, patahnya plat beton pelataran rumah, turunnya pondasi rumah, serta rusaknya jalan raya. Oleh karena itu maka perlu dilakukan stabilisasi agar fungsi tanah sebagai penanggung beban terhadap bangunan-bangunan sipil bisa maksimal. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa pengaruh mill terhadap sifat fisis dan mekanis tanah lempung Purwodadi, Grobogan, dengan variasi campuran 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12%, dan dengan perawatan 0 dan 4 hari pada uji kuat tekan bebas. Pengujian yang sifat fisis tanah asli dan campuran meliputi *specific gravity*, kadar air, batas-batas *Atterberg*, dan analisa ukuran butiran. Pengujian mekanis meliputi uji kuat tekan bebas serta mencari nilai modulus elastisitas. Pada penelitian didapat hasil, Uji fisis tanah asli dengan nilai kadar air 11.82%, berat jenis 2.57, LL 84.24%, PL 33.35%, SL 28.52% dan PI 50.89%. pada uji sifat fisis tanah campuran nilai kadar air, berat jenis, batas cair, Indeks plastisitas, dan nilai persentase lolos saringan No. 200 mengalami penurunan, Sedangkan pada batas plastis, dan batas susut naik. Klasifikasi tanah asli dan campuran menurut AASHTO masuk dalam kelompok A-7-5, sedangkan menurut USCS tanah asli masuk kelompok CH, dan tanah campuran masuk kelompok MH. Uji mekanis tanah, pemadatan tanah menggunakan *Standard Proctor* berat volume kering maksimum didapat 1.290 gr/cm² dengan kadar air optimum sebesar 32%, pada tanah campuran mengalami kenaikan berat volume kering maksimum, dengan nilai 1.300 gr/cm² pada campuran mill 12%, namun nilai kadar air optimum nilainya cenderung sama yaitu 29 %. Pengujian kuat tekan bebas nilai tertinggi pada campuran mill 3%, tanpa masa perawatan didapat yaitu sebesar 311.50 kN/m², dengan masa perawatan 4 hari didapat nilai sebesar 325.00 kN/m², dan nilai modulus elastisitas tertinggi didapat pada campuran mill 3% tanpa masa perawatan sebesar 68.5 kN/m², dengan masa perawatan 4 hari didapat nilai sebesar 89.2 kN/m².

Kata kunci: *kuat tekan bebas, modulus elastisitas, stabilisasi, tanah lempung*

Abstract

Purwodadi Grobogan Land in areas including soil type is not good because in the event of a change of the season between the rainy and dry season is followed by destruction of civilian buildings such as the home floor bubbled, cracks ceramics, broken plate concrete of the terrace House, the descent of the Foundation of the House, as well as the destruction of the highway. Therefore it needs to be done in order that the stabilization function of soil as the insurer load against civilian buildings can be maximum. This research was conducted to find out how the influence of the physical nature and against the mill mechanical soil clays Purwodadi Grobogan, with variations, a mixture of 0%, 3%, 6%, 9%, and 12%, and with the care of 0 and 4 days on a strong free press test. Physical properties testing soil mixed native and include specific gravity, water content, limits Atterberg, and grain size analysis. Mechanical testing includes unconfined compression test as well as seeking values modulus elasticity. On the research of the

obtained results, soil physical Testing of the original value of the moisture content 11.82 %, heavy type 2.57, LL 84.24 %, PL 33.35 %, SL 28.52 % and PI 50.89 % test physical properties in mixed soil moisture values, heavy type, liquid limit, plasticity Index, and the value of the percentage of passes no. 200 sieve has decreased, whereas on the limits and bounds, plasticity shrink up. The original land classification and mixture according to AASHTO entry in Group A-7-5, while according to the native land of USCS entry group CH, and soil mixture was inducted into the MH. Mechanical testing of soil, soil compaction using Standard Proctor maximum dry volume weight gained 1,290 gr/cm² with optimum water content of 32%, on a ground mixture of rising volume weight maximum dry, with a value of 1,300 gr/cm² at mix mill 12%, but the value of optimum water content value is likely to be the same i.e. 29%. unconfined compression test the highest value on the mix mill 3%, without the care obtained namely of 311.50 kN/m², with a time of 4 days of treatment the obtained value of 325.00 kN/m², and the value of the modulus of elasticity of the highest obtainable on the mix mill 3% without treatment time of 68.5 kN/m², with a time of 4 days of treatment the obtained value of 89.2 kN/m².

Keywords : *unconfined compression test, modulus of elasticity, stabilization, soil clays*

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan tempat berpijak suatu bangunan baik struktur gedung maupun jalan, yang mana tanah merupakan pemikul beban dari konstruksi di atasnya, sehingga dibutuhkan tanah yang baik supaya bangunan sipil yang berada di atasnya dapat awet dan sesuai dengan yang diharapkan. Oleh sebab itu setiap akan dilakukan pekerjaan sipil perlu dilakukan kajian mengenai karakteristik tanah pada lokasi tersebut, sehingga apabila tanah dalam kondisi kurang baik maka perlu dilakukan perbaikan dengan cara stabilisasi supaya tanah menjadi baik. Dalam hal ini yang memiliki daya dukung rendah adalah jenis tanah lempung, terutama lempung ekspansif karena cenderung memiliki kembang susut yang tinggi karena memiliki mineral yang berpotensi mengembang (*swelling potential*) yang tinggi apabila terkontaksi dengan air.

Tanah di daerah Kecamatan Purwodadi Kabupaten Grobogan termasuk jenis tanah yang kurang baik. karena apabila terjadi perubahan musim antara kemarau dan penghujan diikuti dengan rusaknya bangunan-bangunan sipil seperti lantai rumah yang menggelembung, retakan-retakan keramik, patahnya plat beton pelataran rumah, dan turunnya pondasi rumah. Pada jalan raya menjadi bergelombang, dan pada kondisi lainya terjadi kasus amblas pada beberapa ruas jalan.

Menurut penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ninik Ariyani, (2007) menunjukkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap tanah asli, diperoleh data *Specific Gravity* (G_s) = 2,37, batas cair tanah (LL) = 54,63%, batas plastis tanah (PL) = 24,59%, indeks plastisitas tanah (PI) = 30,04%, kadar air optimum (W_{opt}) = 26,00%, berat volume kering tanah (γ_d maks) = 1,39 gr/cm³, dan klasifikasi tanah menurut USCS (*Unified*) = CH (lempung an organik plastisitas tinggi).

Pada penelitian ini diamati pengaruh dari ditambahannya bahan tambah Mill terhadap stabilisasi tanah lempung di daerah Kecamatan Purwodadi Kabupaten Grobogan ditinjau dari kuat tekan bebas dan modulus elastisitasnya.

2. METODE PENELITIAN

Tanah sampel diambil dari Desa Nambuhan, Kecamatan Purwodadi Kabupaten Grobogan, diambil dalam kondisi terganggu pada kedalaman 30 – 100 cm, dan di jadikan kering udara. Variasi penambahan bahan mill dengan presentase 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12% dari berat sampel.

Pengujian yang dilakukan terdiri dari sifat fisis tanah yang berupa *specific gravity* (Gs) (ASTM D8554-58), kadar air (w) (ASTM D2216-71), batas-batas *Atterberg* (ASTM D423-66), dan analisa ukuran butiran (ASTM D421-58). Untuk uji mekanis yaitu kuat tekan bebas (ASTM D2166-06).

Peralatan yang digunakan antara lain satu set alat uji kadar air, satu set alat uji berat jenis, satu set alat uji batas-batas *Atterberg*, satu set alat uji analisa ukuran butiran, satu set alat uji kepadatan *Standard Proctor*, satu set alat uji mekanis yaitu kuat tekan bebas.

Tahapan penelitian dibuat dan di rencanakan agar penelitian terorganisir dan berjalan dengan lancar. Penelitian tersebut terdiri dari beberapa tahap yaitu:

1) Tahap 1

Merupakan tahap awal penelitian yang meliputi. Studi literatur. mencari sumber referensi. penyediaan sampel tanah diambil dari Desa Nambuhan, Kecamatan Purwodadi Kabupaten Grobogan. mill di peroleh dari toko material bangunan, kemudian Melakukan pengujian unsur kimia mill.

2) Tahap 2

Melakukan pengujian sifat fisis mill, kemudian sifat-sifat fisis tanah asli pengujian ini meliputi kadar air, berat jenis, batas-batas *Atterberg*, dan analisa ukuran butiran. Penambahan mill pada tanah asli dengan presentase 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12%.

3) Tahap 3

Melakukan uji kepadatan tanah dengan metode *Standar Proctor* guna mendapatkan volume kering maksimum dan kadar air optimumnya. Kadar air optimum tersebut digunakan sebagai acuan pembuatan sampel pengujian kuat tekan bebas. Pembuatan sampel untuk uji kuat tekan bebas untuk tanah asil dan tanah campuran dengan variasi presentase penambahan mill. Serta dilakukan uji kuat tekan bebas. Kemudian penentuan nilai modulus elastisitas dari grafik hasil uji kuat tekan bebas

4) Tahap 4

Tahapan terakhir melakukan analisis data hasil pengujian dan membuat pembahasan dan hasil pengujian yang kemudian dapat diambil kesimpulan dan saran .

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Bahan Tambah

Uji bahan tambah pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui unsur kimia yang terkandung pada bahan tambah untuk stabilisasi tanah yaitu mill. Pengujian unsur kimia mill dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Hasil uji unsur kimia mill dapat dilihat pada Tabel V.1.

Tabel V.1. Hasil Uji Unsur Kimia mill

No	Parameter (Unsur Kimia)	Hasil Pengukuran %
1	Al_2O_3	0.259
2	CaO	56.837
3	Fe_2O_3	0.181
4	MgO	0.187
5	SiO_2	1.002

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan unsur kimia terbesar yang terkandung dalam mill adalah kalsium oksida (CaO) sebesar 57%, dengan unsur tersebut menyebabkan mill bereaksi dengan tanah sehingga mengalami proses kimia dan akan menyebabkan tanah menjadi baik.

3.2 Uji Sifat Fisis Tanah Asli dan Tanah Campuran

Penelitian ini dilakukan uji sifat fisis pada tanah asli dan tanah campuran. Uji fisis pada mill dilakukan untuk mengetahui *specific gravity* mill. Uji sifat fisis terdiri dari kadar air, *specific gravity*, *atterberg limit*, *hydrometer*, dan analisa saringan.

3.2.1 Uji *Specific Gravity* mill

Pengujian berat jenis yang dilakukan pada mill didapat hasil 2,48.

3.2.2 Uji Tanah Asli dan Campuran

Sampel tanah yang digunakan adalah sampel tanah yang diambil dari Desa Nambuhan, Kecamatan Purwodadi, Kabupaten Grobogan. Sampel tanah ini merupakan sampel tanah terganggu (*disturb*). Tanah yang digunakan merupakan tanah dalam keadaan kering udara, dan lolos saringan No.4.

Uji fisis tanah asli maupun yang telah dilakukan pencampuran meliputi :

a.) *Specific gravity*

Hasil Uji *specific gravity* pada tanah asli dan tanah yang telah dilakukan pencampuran dengan mill disajikan dalam Tabel V.2.

Tabel V.2. Hasil Uji specific gravity Tanah Asli dan Campuran

No	Jenis sampel	Berat jenis
1	Tanah Asli	2.57
2	Tanah Asli dengan Mill 3%	2.56
3	Tanah Asli dengan Mill 6%	2.55
4	Tanah Asli dengan Mill 9%	2.52
5	Tanah Asli dengan Mill 12%	2.51

Hasil Uji *specific gravity* tanah asli didapat nilai sebesar 2.57, pada tanah campuran mill 3% didapat 2.56, *specific gravity* pada tanah campuran mengalami penurunan hal ini dikarenakan *specific gravity* mill lebih rendah dibandingkan tanah, hal ini akan menyebabkan penurunan seiring ditambahkannya persentase penambahan mill.

b.) Kadar air

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam tanah dan tanah dengan campuran. Hasil pengujian kadar air tanah asli dan tanah campuran dapat dilihat pada tabel Tabel V.3.

Tabel V.3. Hasil Uji Kadar air Tanah Asli dan Campuran

No	Jenis sampel	Kadar air (%)
1	Tanah Asli	11.82
2	Tanah Asli dengan Mill 3%	9.86
3	Tanah Asli dengan Mill 6%	9.32
4	Tanah Asli dengan Mill 9%	9.02
5	Tanah Asli dengan Mill 12%	8.70

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa kadar air tanah asli sebesar 11.824 % sedangkan pada tanah campuran kadar air berkurang persentasenya. Hasil uji menunjukkan bahwa penambahan mill pada tanah asli menyebabkan kadar air semakin menurun, hal ini di karenakan mill memiliki kadar air mendekati nol sehingga mengurangi kadar air tanah campuran. Pada tanah asli dengan mill 12 % didapat kadar air terendah yaitu 8.70 %

c.) Analisa Butiran (Hydrometer dan Analisa Saringan)

Hasil uji gradasi menunjukkan bahwa penambahan mill menyebabkan perubahan fraksi. Uji gradasi pada tanah asli yang lolos saringan No. 200 didapat 94.01 % sedangkan pada tanah dengan campuran mill mengalami penurunan hal ini di sebabkan mill yang melekat pada butiran tanah sehingga semakin banyak persentase penambahan akan menyebabkan yang lolos saringan No.200 semakin sedikit. Sedangkan pada ukuran butiran 0.0015 mm tanah asli didapat hasil 34.00 kemudian semakin turun seiring lebih besarnya persentase kandungan kadar mill.

Berdasarkan tabel V.4. dapat dibuat grafik hubungan antara persentase lolos saringan dengan diameter butiran dari masing-masing campuran mill. Seperti terlihat pada Gambar V.3.

d.) *Atterberg Limits*

Hasil uji batas-batas atterberg tanah asli dan tanah dengan campuran mill dapat dilihat pada Tabel V.5.

Tabel V.5. Hasil Uji batas-batas atterberg Asli dan Tanah Campuran

Campuran Mill (%)	Batas Cair (%)	Batas Plastis (%)	Batas Susut (%)	Indeks Plastis (%)
0	84.70	33.35	28.52	51.35
3	74.50	34.86	30.15	39.64
6	74.20	44.23	40.97	29.97
9	73.60	45	41.25	28.60
12	70.40	46.75	41.93	23.65

Hasil uji menunjukkan bahwa pada tanah asli didapatkan nilai batas cair 84.70 %. Penambahan mill pada tanah asli menyebabkan penurunan nilai batas cair, pada tanah asli dengan kadar mill 3% mengalami penurunan sebesar 12.04 % dibanding batas cair tanah asli. pada tanah asli dengan kadar mill 6% mengalami penurunan 12.40 % terhadap nilai batas cair tanah asli. Untuk kadar mill 9% mengalami penurunan 13.11% dan kadar mill 12% mengalami penurunan 16.88%, terhadap nilai batas cair tanah asli. Penurunan ini terjadi karena tanah yang dicampur dengan mill mengalami sementasi sehingga butiran pada tanah menjadi lebih besar. Butiran tanah yang besar menyebabkan menurunnya gaya tarik menarik pada tanah berkurang/menurun. Penurunan ini menyebabkan gaya kohesi semakin kecil karena butiran pada tanah mudah lepas, dan ini yang menyebabkan nilai batas cair mengalami penurunan.

Hasil uji batas plastis menunjukkan bahwa pada tanah asli didapat nilai 33.35%, Penambahan mill pada tanah asli menyebabkan naiknya nilai batas plastis sebesar 4.52% dari tanah asli, pada kadar mill 6% didapat kenaikan sebesar 32.63%, kadar mill 9% didapat kenaikan sebesar 34.94%, kadar mill 12% didapat kenaikan sebesar 40.20% terhadap batas plastis tanah asli. Semakin tinggi penambahan mill nilai batas plastis semakin naik. Kenaikan nilai batas plastis dikarenakan butiran tanah yang membesar sehingga daya tarik pada tanah semakin berkurang dan ikatan antara butiran tanah menjadi mudah lepas.

Hasil uji batas susut menunjukkan bahwa pada tanah asli didapat nilai sebesar 28.52%, Penambahan mill pada tanah asli menyebabkan naiknya nilai batas susut terhadap tanah asli. Pada tanah asli dengan campuran mill 3% didapat nilai 30.15% yaitu naik sebesar 5.73% terhadap tanah asli. Pada penambahan mill 6% didapat nilai 40.97% mengalami kenaikan 43.64% terhadap tanah asli.

Pada tanah dengan campuran mill 9% mengalami kenaikan 44.64%, dan tanah dengan campuran mill 12% mengalami kenaikan sebesar 47.03% terhadap tanah asli. Hal tersebut terjadi disebabkan karena butiran tanah semakin membesar sehingga memperkecil luas spesifik butiran dan menyebabkan butiran tanah tidak mudah terpengaruh oleh perubahan kadar air.

Nilai indeks plastisitas (PI) didapatkan dari selisih antara nilai batas cair dengan batas plastis. Besar kecilnya nilai indeks plastisitas tergantung pada nilai LL dan PL. Penambahan persentase mill menyebabkan nilai batas cair dan batas plastis mengalami kenaikan ataupun penurunan. Hal ini menyebabkan nilai indeks plastisitas (PI) akan semakin menurun. Hasil uji menunjukkan adanya penurunan seiring ditambahkannya campuran mill. Indeks plastisitas pada tanah asli didapat 51.35% nilai indeks plastisitas dengan kadar mill 3% diperoleh 39.64% yaitu turun sebesar 22.80% terhadap indeks plastisitas tanah asli, pada kadar mill 6% didapat indeks plastisitas 29.97% turun sebesar 41.64% terhadap indeks plastisitas tanah asli, pada kadar mill 9% didapat indeks plastisitas 28.60% turun sebesar 44.31% terhadap indeks plastisitas tanah asli. Pada kadar mill 12% didapat indeks plastisitas 23.65% turun sebesar 53.95% terhadap tanah asli. Nilai indeks plastisitas akan terus menurun seiring meningkatnya persentase kadar mill karena besar kecilnya nilai indeks plastisitas tergantung pada nilai LL yang mengalami penurunan dan PL yang mengalami kenaikan. Pada tabel indeks plastisitas menunjukkan $PI > 17$ termasuk jenis tanah lempung kohesif berplastisitas tinggi.

e.) Klasifikasi Tanah

Berdasarkan hasil pengujian dapat diklasifikasikan tanah tersebut dengan system AASHTO dan USCS yang dapat dilihat pada Tabel V.6

Tabel V.6. Hasil klasifikasi pada tanah asli dan dengan campuran mill

Kadar Mill (%)	Batas Cair (%)	Batas Plastis (%)	Batas Susut (%)	Indeks Plastis (%)	Indeks Kelompok (GI)	LLR	Lolos No.200	Klasifikasi Tanah	
								AASHTO	USCS
0	84.70	33.35	28.52	51.35	58.49	-	94.01	A-7-5	CH
3	74.50	34.86	30.15	39.64	45.12	0.80	91.67	A-7-5	MH
6	74.20	44.23	40.97	29.97	37.00	0.79	91.13	A-7-5	MH
9	73.60	45.00	41.25	28.60	35.45	0.77	90.40	A-7-5	MH
12	70.40	46.75	41.93	23.65	30.18	0.77	89.34	A-7-5	MH

Pada tanah asli didapatkan nilai batas cair (LL) sebesar 84,70%, batas plastis (PL) sebesar 33,35%, indeks plastis (PI) sebesar 51,35%, presentase lolos saringan no.200 sebesar 94,01%, dan nilai GI sebesar 58,49%. Menurut klasifikasi AASHTO termasuk kedalam kelompok A-7-5

yang merupakan lempung bersifat tidak baik/buruk. Menurut klasifikasi USCS termasuk kelompok CH yang merupakan lempung tak organik.

Pada tanah dengan campuran mill 3% didapatkan nilai batas cair (LL) sebesar 74,50%, batas plastis (PL) sebesar 34,86%, indeks plastis (PI) sebesar 39,64%, presentase lolos saringan no.200 sebesar 91,67%, dan nilai GI sebesar 45,12%. Menurut klasifikasi AASHTO termasuk kedalam kelompok A-7-5 yang merupakan lempung tidak baik/buruk. Menurut klasifikasi USCS termasuk kelompok MH-OH, berhubung berada dibawah garis A maka perlu dicari nilai LLR. Nilai LL kering oven sebesar 59,30 % dan LL kering udara sebesar 74,50 %, sehingga didapat nilai LLR yaitu 0,80 kemudian dimasukkan kedalam Tabel III.5. tanah masuk ke dalam kelompok MH yang merupakan lanau elastis.

Pada tanah dengan campuran mill 6% didapatkan nilai batas cair (LL) sebesar 74,20%, batas plastis (PL) sebesar 44,23%, indeks plastis (PI) sebesar 29,97%, presentase lolos saringan no.200 sebesar 91,13%, dan nilai GI sebesar 37,00%. Menurut klasifikasi AASHTO termasuk kedalam kelompok A-7-5 yang merupakan lempung tidak baik/buruk. Menurut klasifikasi USCS termasuk kelompok MH-OH, berhubung berada dibawah garis A maka perlu dicari nilai LLR. Nilai LL kering oven sebesar 58,80 % dan LL kering udara sebesar 74,20 %, sehingga didapatkan nilai LLR sebesar 0,79. kemudian dimasukkan kedalam Tabel III.5. tanah masuk ke dalam kelompok MH yang merupakan lanau elastis.

Pada tanah dengan campuran mill 9% didapatkan nilai batas cair (LL) sebesar 73,60%, batas plastis (PL) sebesar 45,00%, indeks plastis (PI) sebesar 28,60%, presentase lolos saringan no.200 sebesar 90,40%, dan nilai GI sebesar 35,45%. Menurut klasifikasi AASHTO termasuk kedalam kelompok A-7-5 yang merupakan lempung tidak baik/buruk. Menurut klasifikasi USCS termasuk kelompok MH-OH, berhubung berada dibawah garis A maka perlu dicari nilai LLR. Nilai LL kering oven sebesar 56,60% dan LL kering udara sebesar 73,60%, sehingga didapatkan nilai LLR 0,77. kemudian dimasukkan kedalam Tabel III.5. tanah masuk ke dalam kelompok MH yang merupakan lanau elastis.

Pada tanah dengan campuran mill 12% didapatkan nilai batas cair (LL) sebesar 70,40%, batas plastis (PL) sebesar 46,75%, indeks plastis (PI) sebesar 23,65%, persentase lolos saringan no.200 sebesar 89,34%, dan nilai GI sebesar 30,18%. Menurut klasifikasi AASHTO termasuk kedalam kelompok A-7-5 yang merupakan lempung tidak baik/buruk. Menurut klasifikasi USCS termasuk kelompok MH-OH, berhubung berada dibawah garis A maka perlu dicari nilai LLR. Nilai LL kering

oven sebesar 54,50% dan LL kering udara sebesar 70,40%, sehingga didapatkan nilai LLR sebesar 0,77. kemudian dimasukkan kedalam Tabel III.5. tanah masuk ke dalam kelompok MH yang merupakan lanau elastis.

3.3 Uji Sifat Mekanis Tanah

3.3.1 Uji Pemadatan (*Standard Proctor*)

Tabel V.7. Hasil Uji Pemadatan Tanah Asli dan Tanah Campuran

No	Jenis sampel	Berat Volume Kering Maksimal (gr/cm ²)	Kadar Air Optimum (%)
1	Tanah Asli	1.290	32
2	Tanah Asli dengan Mill 3%	1.290	29
3	Tanah Asli dengan Mill 6%	1.295	29
4	Tanah Asli dengan Mill 9%	1.300	29
5	Tanah Asli dengan Mill 12%	1.300	29

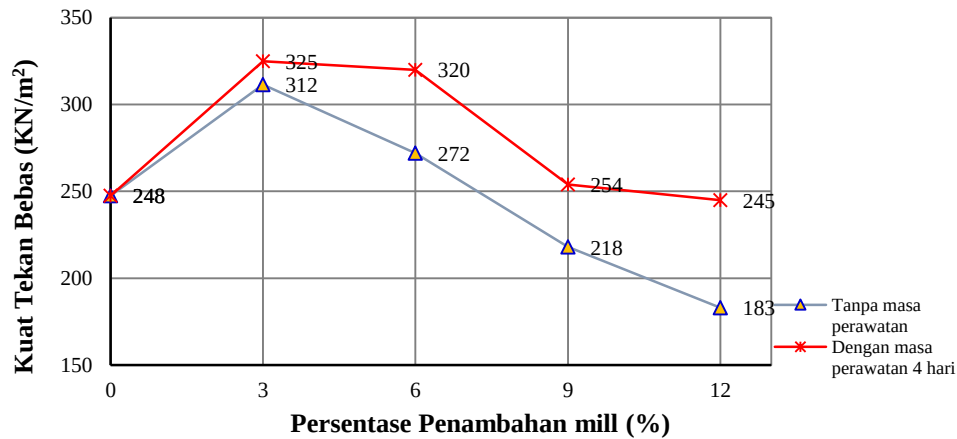
Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa berat volume kering tanah asli yaitu sebesar 1.29 gr/cm² sedangkan pada persentase campuran 3%, 6%, 9%, 12% berat volume kering mengalami kenaikan. Hal ini dimungkinkan karena penambahan mill menyebabkan berkurangnya rongga udara pada tanah sehingga berat kering maksimum tanah mengalami kenaikan. Kadar air optimum tanah asli sebesar 32 %, sedangkan pada persentase campuran mengalami penurunan. Pada persentase campuran 3%, 6%, 9%, 12% cenderung memiliki kadar air optimum sama yaitu 29 %. Sehingga dapat dikatakan bahwa ditambahkannya mill menyebabkan persentase kadar air menurun sedangkan berat volume keringnya mengalami kenaikan.

3.3.2 Uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*)

Tabel V.8. Hasil uji kuat tekan bebas tanah asli dan tanah campuran

No	Jenis sampel	Tanpa Masa Perawatan		Dengan Masa Perawatan 4 Hari	
		Nilai Kuat Tekan Bebas (qu) (kN/m ²)	Nilai Kuat Geser Undrained (Cu) (kN/m ²)	Nilai Kuat Tekan Bebas (qu) (kN/m ²)	Nilai Kuat Geser Undrained (Cu) (kN/m ²)
1	Tanah Asli	247.50	123.75	-	-
2	Tanah Asli dengan Mill 3%	311.50	155.75	325.00	162.50
3	Tanah Asli dengan Mill 6%	272.00	136.00	320.00	160.00
4	Tanah Asli dengan Mill 9%	218.00	109.00	254.00	127.00
5	Tanah Asli dengan Mill 12%	183.00	91.50	245.00	122.50

Berdasarkan Tabel V.8. Hubungan antara persentase campuran mill nilai dengan nilai kuat tekan bebas dapat dilihat pada Gambar V.11. berikut.



Gambar V.11. Hubungan antara Nilai Kuat Tekan Bebas dengan Persentase Campuran

Gambar V.11. menunjukkan bahwa didapat nilai kuat tekan bebas tanah asli sebesar 247.5 kN/m², sedangkan nilai kuat tekan bebas pada tanah dengan campuran mill nilai terbesar didapat pada persentase kadar mill 3 % yaitu sebesar 311.5 kN/m², yaitu naik sebesar 25,86 % terhadap nilai kuat tekan bebas tanah asli. Pada tanah dengan campuran mill 6 % didapat nilai kuat tekan bebas sebesar 272.0 kN/m² nilainya naik sebesar 9.90 % terhadap nilai kuat tekan bebas tanah asli. Pada tanah dengan campuran mill 9 % didapat nilai kuat tekan bebas sebesar 218.0 kN/m² nilai kuat tekan bebasnya menurun 11.92 % terhadap tanah asli, dan pada tanah dengan campuran mill 12% didapat nilai kuat tekan bebas sebesar 183.0 kN/m² dan menurun 26.06 % terhadap nilai kuat tekan bebas tanah asli. Sehingga dapat diketahui bahwa persentase 9% dan 12% nilai kuat tekan bebasnya lebih rendah dibanding tanah asli.

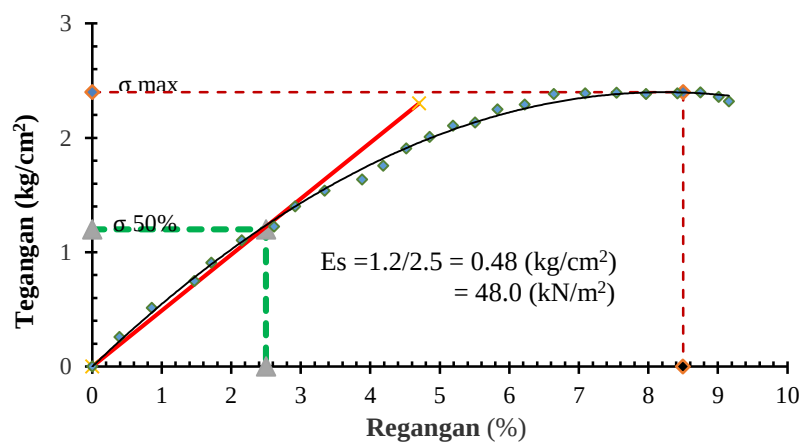
Benda uji dengan masa perawatan 4 hari didapatkan nilai kuat tekan bebas lebih tinggi dibanding dengan tanpa masa perawatan. pada persentase kadar mill 3% didapat nilai tertinggi yaitu sebesar 325.0 kN/m², yaitu naik sebesar 31,31 % terhadap nilai kuat tekan bebas tanah asli. kemudian untuk kadar mill 6% didapat hasil lebih rendah dibanding yang 3% yaitu sebesar 320.0 kN/m², yaitu naik sebesar 29,29 % terhadap nilai kuat tekan bebas tanah asli. Pada tanah dengan campuran mill 9 % didapat nilai kuat tekan bebas sebesar 254.0 kN/m² nilai kuat tekan bebasnya naik sebesar 2.63 % terhadap tanah asli. Pada tanah dengan campuran mill 12 % didapat nilai 254 kN/m², pada tanah dengan campuran mill 12 % inilah nilai kuat tekan bebasnya mengalami penurunan sebesar 1.01 % terhadap tanah asli, dan nilai kuat tekan bebasnya akan terus menurun seiring bertambahnya kadar mill. Sehingga dapat diketahui pada persentase kadar mill 12 % nilai kuat tekan bebasnya lebih rendah dibanding tanah asli.

Dari data pengujian di atas dapat dikatakan bahwa hasil pengujian dengan masa perawatan 4 hari dapat meningkatkan nilai kuat tekan bebas dibandingkan tanpa masa perawatan. Hal ini

berhubungan dengan waktu masa perawatan yang mengakibatkan adanya proses reaksi kimia sehingga tanah dengan mill terjadi pengikatan yang menyebabkan nilai kuat tekan bebas lebih tinggi. Dengan demikian dapat disimpulkan kadar mill optimum pada persentase 3%.

3.3.3 Modulus Elastisitas (E_s)

Selain didapat nilai kuat tekan bebas dari data pengujian yang di plotkan ke grafik juga ditentukan nilai modulus elastisitasnya. Modulus Elastisitas adalah suatu konstanta kesebandingan antara tegangan dan regangan, nilai ini untuk menunjukkan batas kemampuan tanah mempertahankan bentuk aslinya apabila beban di hilangkan. Dengan menggunakan metode modulus sekan dari grafik kuat tekan bebas didapat nilai modulus elastisitasnya. Cara penentuan nilai modulus elastisitas dengan metode modulus sekan akan disajikan pada Gambar V.12. berikut



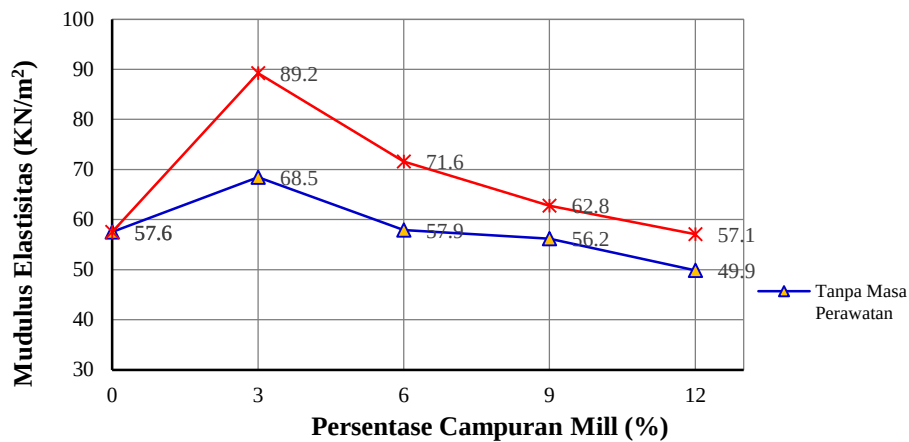
Gambar V.12. Hubungan antara Tegangan dengan Regangan untuk menentukan nilai modulus elastisitas

Gambar V.12. adalah hubungan tegangan dan regangan pada tanah asli, dan cara penentuan nilai modulus elastisitasnya, sehingga didapat $E_s = 48.0 \text{ kN/m}^2$ untuk tanah asli. Hasil penentuan nilai modulus elastisitas tanah asli dan tanah dengan campuran akan di sajikan pada tabel V.9.

Tabel V.9. Hasil nilai Modulus Sekan Tanah Asli dan Tanah Campuran

No	Jenis Sampel	Nilai Modulus Sekan (E_s) (kN/m^2)	
		Tanpa Masa Perawatan	Dengan Masa Perawatan 4 Hari
1	Tanah Asli	57.6	-
2	Tanah Asli dengan Mill 3%	68.5	89.2
3	Tanah Asli dengan Mill 6%	57.9	71.6
4	Tanah Asli dengan Mill 9%	56.2	62.8
5	Tanah Asli dengan Mill 12%	49.9	57.1

Berdasarkan tabel V.9. hubungan antara nilai Modulus Sekan dengan Persentase campuran dapat dilihat pada Gambar V.13.



Gambar V.13. Hubungan antara Modulus Elastisitas dengan Persentase Campuran

Gambar V.13. menunjukkan bahwa tanah asli memiliki nilai modulus elastisitas sebesar 57.6 kN/m², pada persentase campuran mill 3% mengalami peningkatan nilai modulus elastisitas, didapat nilai sebesar 68.5 kN/m², atau naik sebesar 18,94% terhadap nilai modulus elastisitas tanah asli. Kemudian pada persentase campuran mill 6% didapat nilai 57.9 kN/m² dan mulai mengalami penurunan, nilai modulus elastisitas pada 6% nilainya hampir sama dengan nilai modulus elastisitas tanah asli. Pada tanah dengan persentase campuran mill 9% didapat nilai sebesar 56.2 kN/m², nilai tersebut turun sebesar 2.4% terhadap nilai modulus elastisitas tanah asli. Pada tanah dengan persentase campuran mill 12% didapat nilai sebesar 49.9 kN/m², turun sebesar 13.3% terhadap nilai modulus elastisitas tanah asli.

Benda uji dengan masa perawatan 4 hari persentase campuran mill 3% didapat nilai sebesar 89.2 kN/m², nilai tersebut naik sebesar 55.07% terhadap nilai modulus elastisitas tanah asli. pada persentase campuran mill 6% didapat nilai 71.6 kN/m², nilai modulus elastisitas pada 6% nilai tersebut naik sebesar 24.37% terhadap nilai modulus elastisitas tanah asli, akan tetapi sudah mengalami penurunan terhadap persentase campuran mill 3%. Pada tanah dengan persentase campuran mill 9% didapat nilai sebesar 62.8 kN/m², nilai tersebut naik sebesar 9.12% terhadap nilai modulus elastisitas tanah asli. Pada tanah dengan persentase campuran mill 12% didapat nilai sebesar 57.1 kN/m², nilai tersebut hampir sama dengan nilai modulus elastisitas tanah asli.

Dari data di atas dapat dikatakan bahwa benda uji dengan masa perawatan 4 hari didapatkan nilai modulus elastisitas lebih tinggi dibanding tanpa masa perawatan, pada masing-masing persentase. Nilai modulus elastisitas mulai menurun setelah persentase campuran mill 3%, dan akan

terus menerus menurun seiring ditambahkannya mill. Dengan demikian dapat diketahui bahwa kadar mill optimum adalah 3%, dengan masa perawatan 4 hari maupun tanpa masa perawatan.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan terhadap tanah lempung Desa Nambuhan Kecamatan Purwodadi Kabupaten Grobogan setelah di stabilisasi dengan menggunakan mill, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Hasil pengujian sifat fisis tanah asli dan tanah campuran mill 3%, 6%, 9%, dan 12%. menunjukkan nilai kadar air, berat jenis (*specific gravity*), batas cair (*liquid limit*), Indeks plastisitas (*plastic index*), dan nilai persentase lolos saringan No. 200 mengalami penurunan, sedangkan nilai batas plastis (*plastic limit*) dan batas susut (*shrinkage limit*) mengalami peningkatan. Klasifikasi tanah asli dan tanah campuran dengan metode AASHTO termasuk dalam kelompok A-7-5, yaitu tanah lempung bersifat kurang baik atau buru jika digunakan sebaga lapis pondasi kontruksi bangunan. Menurut USCS tanah asli termasuk dalam kelompok CH, yaitu tanah lempung dengan plastisitas tinggi, pada tanah campuran termasuk kelompok MH, yaitu tanah lanau anorganik dengan plastisitas tinggi.
- 2) Hasil pengujian sifat mekanis, pemadatan tanah menggunakan *Standard Proctor* pada tanah asli dan tanah campuran mill 3%, 6%, 9%, dan 12%. berat volume kering maksimum mengalami kenaikan dan kadar air optimum mengalami penurunan. Berat volume kering tertinggi yaitu pada tanah dengan campuran mill 12% yaitu sebesar 1.300 gr/cm^3 , hasil terendah pada tanah tanah asli sebesar 1.290 gr/cm^3 . Kadar air optimum tanah asli sebesar 32%, pada tanah campuran cenderung didapat nilai kadar air optimum sama yaitu 29 %. Hasil uji kuat tekan bebas untuk tanah asli didapat nilai sebesar 247.50 kN/m^2 , pada tanah campuran tanpa masa perawatan dan dengan dirawat 4 hari, nilai kuat tekan bebas tertinggi pada sampel tanah dengan campuran mill 3%, dengan nilai kuat tekan bebas sebesar 311.50 kN/m^2 pada tanah tanpa masa perawatan, pada tanah dengan masa perawatan 4 hari didapat nilai sebesar 325.00 kN/m^2 . Hasil penentuan nilai modulus elastisitas dari grafik hasil uji kuat tekan bebas, pada tanah asli didapat nilai sebesar 57.6 kN/m^2 , pada tanah campuran tanpa masa perawatan dan dengan dirawat 4 hari nilai tertinggi pada sampel tanah campuran mill 3%. sebesar 68.5 kN/m^2 pada tanah tanpa masa perawatan, pada tanah dengan masa perawatan 4 hari sebesar 89.2 kN/m^2 .

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka untuk penelitian selanjutnya ada beberapa saran, antara lain:

- 1) Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan lebih teliti dibutuhkan sampel yang lebih banyak lagi (lebih dari 2) pada tiap variasi.

- 2) Pelaksanaan penelitian sebaiknya dilakukan dengan sangat hati - hati dalam penimbangan, pencampuran, dan pembacaan agar didapat data yang valid. Perlu adanya perbaikan dan perawatan alat laboratorium agar mempertahankan keakurasian dan didapatkan data yang valid.
- 3) Perlu dipertimbangkan mengenai alternatif bahan stabilisasi yang lain untuk tanah berbutir halus, khususnya lempung agar diperoleh hasil yang lebih bagus lagi.

5. PERSANTUNAN

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini sehingga dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrohman, S, 2010, *Tinjauan Kuat Tekan Bebas dan Permeabilitas Tanah Lempung Tanon Yang Distabilisasi dengan Kapur dan Fly Ash*. Tugas Akhir, S1 Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Anonim, 1996, *Annual Book of A standard, Race street*, Philadelphia, PA 19103-1187 USA.
- Anonim, 2013, *Laporan Praktikum Mekanika Tanah, Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Bowles, J.E, 1991, *Sifat.sifat Fisis Tanah dan Geoteknis Tanah*, penerbit Erlangga, Jakarta.
- Braja M. 1994. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Braja M. Das, 1998, *Mekanika Tanah 1 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)* Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Craig, F.R, 1991. *Mekanika Tanah*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Djarmiko, G, dan Edy, S, J. 1993. *Mekanika Tanah 1*. Penerbit Kanisius, Malang.
- Fathoni, B, 2014, *Tinjauan Kuat Tekan Bebas Dan Permeabilitas Terhadap Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Kapur Dan Abu Ampas Tebu. .* Tugas Akhir, S1 Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Fera, Y, 2007, *Stabilisasi Tanah Lempung Purwodadi Dengan Menggunakan Campuran Abu Batubara Dan Kapur Ditinjau Dari Nilai CBR Dan Swelling*. Tugas Akhir, S1 Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang.
- Hardiyatmo H. Christady, 2006, *Mekanika Tanah 1*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Meiriza, S, 2016, *Pemanfaatan Bubuk Arang Kayu Sebagai Bahan Stabilisasi Terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung Sukodono Dengan Variasi Perawatan*. Tugas Akhir, S1 Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ninik, A, dan Prilani, D, 2007, *Perbaikan Tanah Lempung dari Grobogan Purwodadi dengan Campuran Semen dan Abu Sekam Padi*. Tugas Akhir, S1 Teknik Sipil, UKRIM Yogyakarta.
- Panguriseng, D, 2001, *Stabilisasi Tanah*. Buku Ajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Makassar.
- Susanti, E, 2017, *Pemanfaatan Kapur Sebagai Bahan Stabilisasi Terhadap Penurunan Konsolidasi Tanah Lempung Tanon dengan Variasi Ukuran Butiran Tanah*. Tugas Akhir, S1 Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- Susanto, A, 2014, *Buku Ajar Penyelidikan dan Perbaikan Tanah Teknik Sipil*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wesley, L.D, 1977, *Mekanika Tanah (cetakan ke VI)*, Badan Penerbit Pekersaan Umum, Jakarta.
- Widodo, S, 2013, *Buku Ajar Mekanika Tanah I Teknik Sipil*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wiqoyah, Q, 2014, *Buku Ajar Mekanika Tanah II Teknik Sipil*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- https://vancivil.blogspot.co.id/p/blog-page_15.html
- <http://imamzuhri.blogspot.co.id/2014/01/mechanika-tanah.html>