

KUAT GESER TANAH LEMPUNG DENGAN BAHAN TAMBAH KAPUR DAN LIMBAH KACA

Rahmat Santoso; Anto Budi Listyawan
Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Tanah yang terdapat pada daerah Talang Kidul, Desa Talang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten adalah tanah lempung bernilai PI >17% sehingga dapat dikategorikan kedalam tanah lempung berplastisitas tinggi. Berdasarkan penelitian nilai PI tanah tersebut senilai 20,70% sehingga diperlukan perbaikan terhadap tanah tersebut. Perbaikan tanah dilakukan dengan melakukan penambahan berupa kapur dan serbuk kaca dengan persentase 2% kapur dan variasi persentase 2%, 4%, 6%, 8%, 10% serbuk kaca untuk mengetahui sifat fisis dan mekanisnya. Hasil uji fisis menunjukkan kadar air semakin menurun ketika dilakukan pencampuran kapur dan serbuk kaca, nilai berat jenis tanah campuran semakin menurun pula. Hasil uji batas Atterberg didapati bahwa nilai PI semakin menurun bersamaan dengan penambahan persentase kapur dan variasi penambahan serbuk kaca. Nilai lolos saringan No. 200 menurun pada penambahan 2% kapur saja namun mengalami peningkatan pada penambahan 2% kapur dan variasi persentase serbuk kaca 2%, 4%, 6%, 8%, 10%. Berdasarkan tabel AASTHO tanah asli termasuk dalam A-7-6 sedangkan tanah campuran disemua variasi termasuk dalam A-6. Menurut klasifikasi USCS tanah asli serta tanah campuran 2% kapur dan variasi persentase serbuk kaca 0%, 2%, 4%, termasuk kedalam spesifikasi CL yaitu tanah lempung anorganik dengan plastisitas rendah dan variasi persentase serbuk kaca 6%, 8%, 10% masuk dalam spesifikasi OL yaitu tanah lempung berlanau dengan plastisitas rendah. Hasil uji mekanis standard proctor memperoleh nilai berat volume kering maksimum terkecil sebesar 1,40 gr/cm³ pada penambahan 2% kapur sedangkan nilai tertinggi sebesar 1,59 gr/cm³ pada penambahan 2% kapur dan 10% serbuk kaca. Nilai kadar air optimum terbesar pada penambahan 2% kapur senilai 24,89% sedangkan nilai terkecilnya pada penambahan 2% kapur dan 10% serbuk kaca senilai 20,80%. Semakin banyak penambahan persentase campuran kapur dan serbuk kaca maka nilai berat volume kering maksimum semakin besar sedangkan nilai kadar air optimumnya berbanding terbalik yaitu semakin kecil. Hasil uji Direct Shear Test (DST) tanah asli sebesar 0,836 kg/cm², nilai kohesi tanah asli (c) sebesar 0,183 kg/cm² dan sudut gesek dalam tanah asli (ϕ) sebesar 23,43°. Pada pengujian ini, semakin besar kadar kapur dan serbuk kaca yang ditambahkan maka semakin bertambah nilai kohesi tanah tersebut, dan sudut gesek dalam akan meningkat seiring penambahan persentase kapur dan serbuk kaca.

Kata Kunci : Tanah Lempung, Kapur, Serbuk Kaca, Nilai Kohesi, Direct Shear Test

Abstract

Based on the research that has been done, in the Talang Kidul area, Talang Village, Bayat District, Klaten Regency, including clay soil that has a high plasticity value, according to research the PI value of the soil is 20.70%, so it needs to be improved by stabilizing it using powder glass and lime to improve the soil structure. The percentage of addition of glass powder and lime powder to the clay is 2% lime and the percentage variations are 2%, 4%, 6%, 8%, 10%. From the results of the physical properties test, it was found that the water content (w) and specific gravity (Gs) value of the original soil decreased, and the plasticity index (PI) value decreased along with the addition of lime

percentage and variations in the addition of glass powder. Based on the AASHTO classification, it is included in the A-7-6 classification while the mixed soil in all variations is included in A-6 and the USCS classification is included in the CL classification, namely inorganic clay with low plasticity while the mixed soil is 2% lime and the percentage variation of glass powder is 6%, 8 %, 10% are included in the OL specification, i.e. silty clay with low plasticity). In testing the mechanical properties of Standard Proctor, the highest value of optimum water content (w_{opt}) was obtained at the addition of 2% lime worth 24.89% and the smallest value was at the addition of 2% lime and 10% glass powder worth 20.80%. The smallest dry volume weight value (γ_{dmax}) was 1.40 gr/cm³ with the addition of 2% lime while the highest value was 1.59 gr/cm³ with the addition of 2% lime and 10% glass powder. The results of the Direct Shear Test (DST) of the original soil are 0.836 kg/cm², the cohesion value of the original soil (c) is 0.183 kg/cm² and the friction angle in the original soil (ϕ) is 23.43°. In this test, the greater the content of lime and glass powder added, the greater the cohesion value of the soil, and the angle of internal friction will increase with the addition of the percentage of lime and glass powder.

Keywords: Clay, Lime, Glass Powder, Cohesion Value, Direct Shear Test

1. PENDAHULUAN

Tanah tidak bisa lepas dari berbagai jenis kegiatan konstruksi, baik itu pembangunan jalan, tempat tinggal dan kegiatan konstruksi lainnya. Demi mendukung kualitas dari suatu kegiatan konstruksi seperti pembangunan jalan dan pondasi bangunan tentunya kondisi tanah harus dalam keadaan bagus dan stabil. Apabila keadaan tanah dalam kondisi kurang bagus dan kurang mampu untuk mendukung kegiatan konstruksi maka harus dilakukan kegiatan perbaikan tanah. Pada penelitian ini dilakukan penambahan berupa kapur dan serbuk kaca terhadap tanah lempung dengan persentase campuran 2% kapur dan variasi persentase serbuk kaca sebanyak 2%, 4%, 6%, 8%, 10% untuk menstabilisasi tanah lempung. Tanah lempung didapatkan dari daerah Talang Kidul, Desa Talang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten. Kapur didapatkan dari toko sekitar UMS dan limbah kaca didapatkan dari CV. Maju Jaya, Kecamatan Colomadu, Kabupaten Karanganyar.

Menurut Purnomo dan Hisyam (2014), kaca merupakan material padan dan bening serta memiliki sifat yang rapuh. Kaca terbuat dari 75% silikon dioksida (SiO_2) ditambah dengan Na_2O dan CaO serta bahan lainnya. Hardiyatmo (1994) menyatakan bahwa dengan dilakukannya penambahan kapur padam pada tanah dapat merubah tekstur dari tanah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dampak dari sebelum dan sesudah pencampuran persentase 2% kapur dan variasi persentase serbuk kaca sebanyak 2%, 4%, 6%, 8%, 10% terhadap sifat fisis dan sifat mekanis pada tanah lempung di daerah Talang Kidul, Desa Talang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten. Pengujian sifat fisis berupa uji kadar air,

batas – batas *Atteberg*, hidrometer, dan analisa ukuran butiran, sedangkan pengujian sifat mekanis melalui uji *Direct Shear Test* (DST).

Nilai DST dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi \dots\dots\dots (1)$$

dengan τ : kuat geser tanah (kN/m²)

c : kohesi tanah (kN/m²)

σ : tegangan normal pada bidang runtuh (kN/cm²)

φ : sudut gesek dalam tanah atau sudut gesek internal (°)

Pada saat pengujian kuat geser, tegangan normal dan tegangan geser dihitung dengan persamaan :

$$\sigma = \frac{N}{A} \dots\dots\dots (2)$$

$$\tau = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3)$$

dengan : σ = tegangan normal (kg/cm²)

τ = tegangan geser (kg/cm²)

N = beban normal (kg)

P = beban geser (kg)

A = luas penampang (cm²)

$$\sigma = \frac{N}{A} \dots\dots\dots (4)$$

$$\tau = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (5)$$

dengan : σ = tegangan normal (kg/cm²)

τ = tegangan geser (kg/cm²)

N = beban normal (kg)

P = beban geser (kg)

A = luas penampang (cm²)

2. METODE

Sampel tanah yang digunakan pada penelitian ini diambil dari daerah Talang Kidul, Desa Talang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, limbah kaca diambil dari CV. Maju Jaya, Kecamatan Colomadu, Kabupaten Karanganyar dan kapur didapat dari toko sekitar UMS. Pengujian sifat fisis serta sifat mekanis dilaksanakan pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan tahapan sebagai berikut :

Langkah pertama yaitu mempersiapkan alat dan bahan serta melakukan studi literatur. Bahan yang perlu dipersiapkan yaitu tanah lempung lolos saringan no.4, kapur lolos saringan no.200 dan limbah kaca yang sudah dihaluskan lolos saringan no.200. Setelah itu dilakukan pembuatan benda uji untuk pengujian sifat fisis tanah asli dan tanah campuran 2% kapur serta variasi persentase 2%, 4%, 6%, 8%, 10% serbuk kaca.

Tahapan selanjutnya yaitu melakukan pengujian sifat fisis terhadap sampel benda uji tanah asli dan tanah campuran yang telah dibuat meliputi uji berat jenis (*specific gravity*), uji kadar air, uji batas – batas Atteberg (batas cair, batas plastis, batas susut) dan analisa ukuran butiran. Selanjutnya melakukan pemeraman terhadap benda uji baik itu tanah asli maupun tanah campuran kapur dan serbuk kaca selama kurang lebih 24 jam yang mana benda uji tersebut digunakan untuk pengujian Standart Proctor. Berdasarkan pengujian Standart Proctor nantinya akan didapati nilai kadar air optimum dan kepadatan maksimum yang mana nilai kadar air optimum tersebut digunakan untuk menentukan banyaknya penambahan air terhadap benda uji DST.

Tahap selanjutnya yaitu membuat benda uji DST tanah asli ataupun tanah campuran 2% kapur dan variasi persentase 2%, 4%, 6%, 8%, 10% serbuk kaca lalu benda uji tersebut diperam terlebih dahulu selama 24 jam, Selanjutnya benda dilakukan uji DST.

Langkah terakhir yaitu melakukan pengolahan data dan pembahasan hasil uji sifat fisis dan mekanis yang telah dilakukan terhadap tanah asli dan tanah campuran. Kemudian membuat kesimpulan serta saran untuk keperluan penelitian dikemudian hari.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Fisis

Pada uji fisis terdapat beberapa jenis pengujian antara lain : uji kadar air, batas – batas Atteberg, *hydrometer*, *specific gravity*, dan analisa ukuran butiran. Hasil pengujian sifat fisis tanah asli serta tanah campuran kapur dan serbuk kaca dapat dilihat pada Tabel 1.

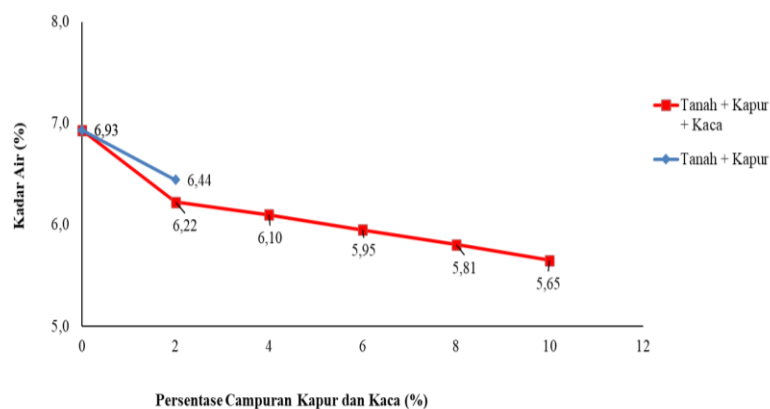
Tabel 1. Hasil uji sifat fisis tanah asli, kapur, serbuk kaca dan tanah campuran kapur serta serbuk kaca

Jenis Pengujian	Tanah Asli	Kapur	Serbuk Kaca	Persentase Kapur	2% Kapur + Persentase kaca				
				2%	2%	4%	6%	8%	10%
Kadar Air (%)	6,93	0	0	6,44	6,22	6,10	5,95	5,81	5,65
Berat Jenis (Gs)	2,632	2,590	2,605	2,608	2,598	2,591	2,584	2,566	2,564
Batas Cair	41,06	-	-	39,96	39,15	38,81	38,00	37,40	36,14
Batas Plastis (%)	20,36	-	-	22,84	23,18	23,68	23,79	24,26	24,46
Batas Susut (%)	32,09	-	-	39,36	43,13	43,44	44,05	45,55	46,18
Indeks Plastisitas (%)	20,70	-	-	17,12	15,97	15,13	14,22	13,14	11,67
Lolos Saringan No.200 (%)	63	-	-	61	62	63,4	64	65	65,6
Group Indeks (GI)	10,88	-	-	8,47	8,09	7,99	7,58	7,18	6,38
Klasifikasi Tanah									
USCS	CL			CL	CL	CL	OL	OL	OL
AASTHO	A-7-6			A-6	A-6	A-6	A-6	A-6	A-6

3.1.1 Kadar Air

Berdasarkan uji kadar air yang telah dilakukan pada tanah asli dan tanah campuran kapur dengan persentase 2% serta serbuk kaca dengan variasi campuran 2%, 4%, 6%, 8%, 10% menunjukkan bahwa nilai kadar air semakin menurun ketika tanah dicampur dengan

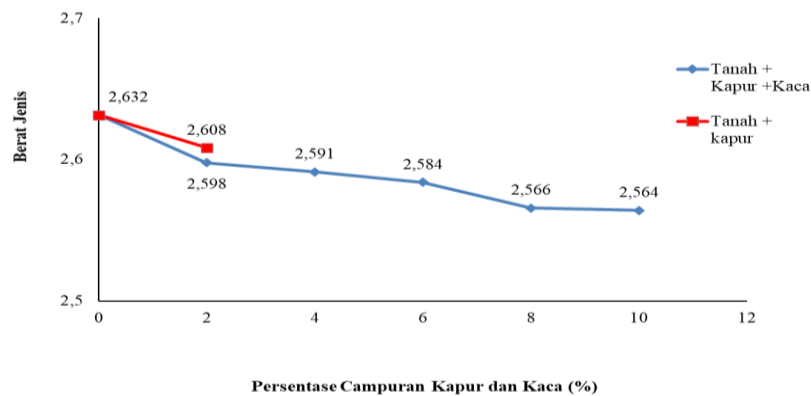
kapur maupun serbuk kaca seiring dengan bertambahnya persentase bahan campur tersebut. Nilai kadar air tertinggi tanah campuran yaitu pada penambahan 2% kapur dengan nilai kadar air sebesar 6,44% sedangkan nilai kadar air terendah didapatkan oleh penambahan 2% kapur + 10% serbuk kaca sebesar 5,65 %. Penurunan kadar air tersebut bukan tanpa sebab, hal itu dikarenakan nilai kadar air tanah asli lebih besar dibandingkan nilai kadar air dari kapur dan serbuk kaca dimana serbuk kaca sendiri memiliki 0% kadar air atau tidak memiliki kadar air sama sekali, sehingga apabila persentase penambahan bahan campur tersebut semakin tinggi maka nilai kadar air dari tanah campuran akan berbanding terbalik yaitu semakin menurun. Hubungan antara persentase campuran Kapur dan Serbuk Kaca dengan nilai kadar air dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Hubungan antara persentase campuran Kapur dan Serbuk Kaca dengan nilai kadar air

3.1.2 Specific Gravity

Berdasarkan uji yang telah dilakukan diperoleh berat jenis tanah asli sebesar 2,632 yang dikategorikan lempung anorganik. Berat jenis kapur sebesar 2,590 dan berat jenis serbuk kaca sebesar 2,605. Nilai berat jenis dari tanah campuran semakin menurun seiring dengan bertambahnya persentase bahan campuran. Penurunan berat jenis tersebut terjadi dikarenakan nilai berat jenis dari kapur maupun serbuk kaca lebih kecil dibandingkan dengan nilai berat jenis tanah asli, sehingga semakin besar penambahan bahan tambah maka nilai berat jenis tanah campuran akan semakin kecil. Untuk nilai berat jenis tanah campuran terbesar didapat pada penambahan 2% kapur sebesar 2,608, sedangkan nilai berat jenis terkecil pada penambahan 2% kapur + 10% serbuk kaca. Hubungan antara persentase campuran Kapur dan Serbuk Kaca dengan nilai berat jenis dapat dilihat pada Grafik 2.

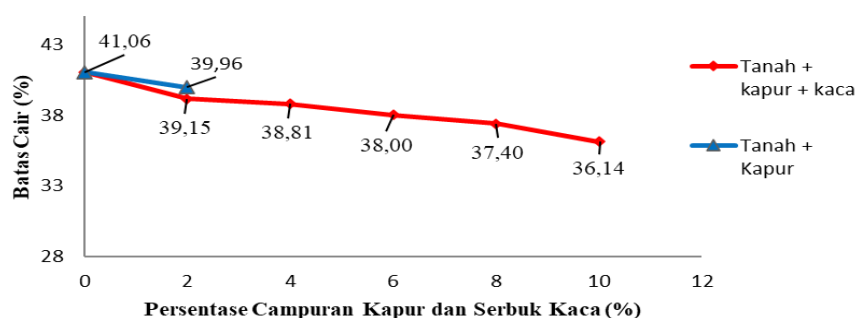


Gambar 2. Grafik Hubungan antara persentase campuran Kapur dan Serbuk Kaca dengan nilai berat jenis

3.1.3 Batas – Batas Atteberg

a. Batas Cair

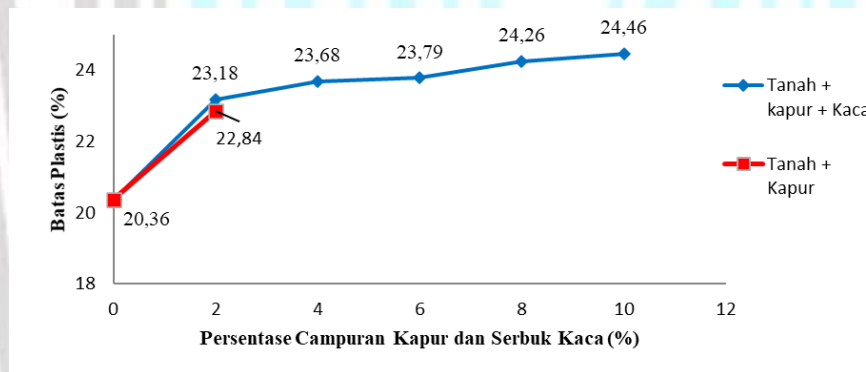
Berdasarkan uji batas cair yang telah dilakukan, didapati bahwa nilai batas cair akan menurun seiring dengan bertambahnya persentase campuran kapur dan serbuk kaca. hasil uji batas cair pada tanah asli dalam keadaan kering udara yaitu sebesar 41,06 %. Untuk penurunan batas cair terbesar terjadi pada tanah campuran 2 % kapur + 10 % serbuk kaca yaitu sebesar 36,14 %. Penurunan tersebut dapat terjadi dikarenakan dengan penambahan bahan campur berupa kapur dan serbuk kaca menyebabkan butiran tanah semakin menjadi lebih kasar sehingga nilai kohesi tanah menurun.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara nilai batas cair dengan persentase campuran kapur dan serbuk kaca

b. Batas Plastis

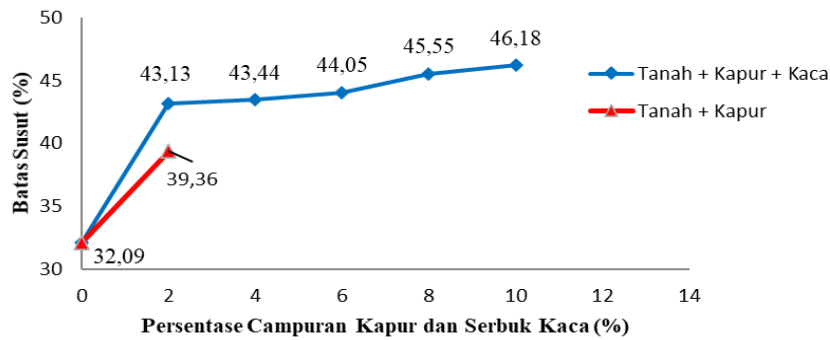
Setelah dilakukan uji batas plastis, hasil yang didapatkan pada tanah asli adalah sebesar 20,36 %. Pada saat dilakukan penambahan bahan campur berupa kapur dan serbuk kaca nilai batas plastis dari tanah campuran cenderung naik. Kenaikan batas plastis tanah campuran tersebut dapat terjadi dikarenakan kapur dan serbuk kaca memiliki gradasi butiran kasar, sehingga apabila dilakukan penambahan kapur serta serbuk kaca pada tanah maka tanah tersebut mempunyai gradasi butiran yang semakin kasar, hal ini dapat mempengaruhi kohesi yang semakin menurun dan plastisitas tanah semakin berkurang pula. Nilai batas plastis tidak menimbulkan perubahan yang begitu besar ketika tanah asli dicampur dengan kapur dan serbuk kaca.



Gambar 4. Grafik Hubungan antara nilai batas plastis dengan persentase campuran kapur dan serbuk kaca

c. Batas Susut

Hasil uji batas susut pada tanah asli sebesar 32,09 %, setelah dilakukan penambahan kapur dan serbuk kaca nilai batas susut tanah campuran semakin besar seiring dengan persentase campuran yang ditambahkan. Perubahan nilai batas susut tersebut dapat terjadi karena penambahan persentase kapur dan serbuk kaca yang menyebabkan tanah menjadi lebih stabil terhadap perubahan kadar air sehingga perubahan volume tanah semakin kecil.

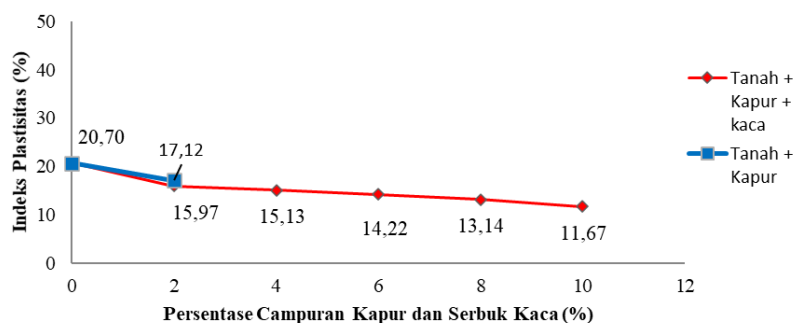


Gambar 5. Grafik Hubungan antara nilai batas susut dengan persentase campuran kapur dan serbuk kaca

d. Indeks Plastisitas

Nilai PI didapatkan berdasarkan perhitungan nilai LL dan PL. Nilai PI tanah asli yang didapat sebesar 20,70 %. Dengan adanya penambahan kapur dan serbuk kaca mengakibatkan naiknya nilai batas plastis dan menurunnya nilai batas cair, oleh karena itu nilai indeks plastisitasnya menurun. Nilai PI terkecil terjadi pada penambahan bahan campuran 2 % kapur + 10 % serbuk kaca sebesar 11,67 %, sedangkan nilai PI terbesar tanah campuran terjadi pada penambahan 2 % kapur sebesar 17,12 %.

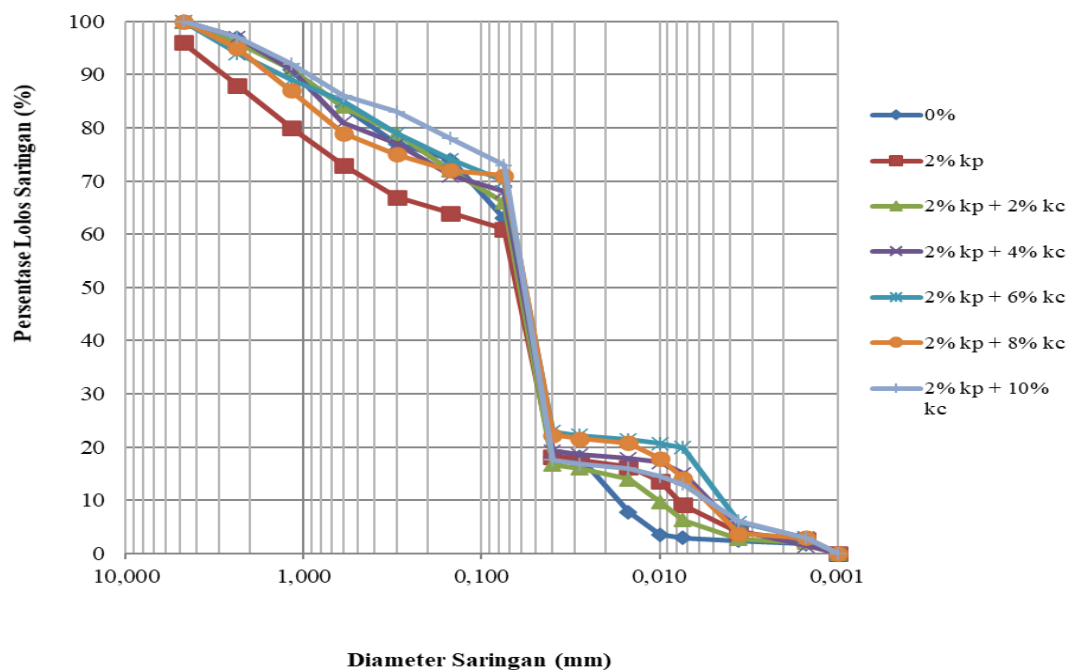
Berdasarkan table III.2 nilai PI dari tanah asli dan tanah campuran 2% kapur termasuk jenis tanah lempung berplastisitas tinggi dikarenakan nilai $PI > 17$, sedangkan untuk tanah campuran 2 % kapur dan 4 %, 6 %, 8 %, 10 % serbuk kaca termasuk tanah lempung kohesif berplastisitas sedang dikarenakan nilai PI ada diantara 7-17.



Gambar 6. Grafik Hubungan antara nilai indeks plastisitas dengan persentase campuran kapur dan serbuk kaca

3.1.4 Analisa Ukuran Butiran

Pada pengujian analisis ukuran butiran untuk tanah asli didapatkan hasil 63 % lolos saringan No. 200. Dengan adanya penambahan bahan campuran berupa kapur membuat turunnya persentase lolos saringan No. 200, hal ini diakibatkan oleh semakin membesarnya ukuran butiran tanah campuran karena terjadi penggumpalan tanah dengan adanya campuran kapur. Sementara itu saat dilakukan pencampuran tanah dengan kapur dan serbuk kaca, persentase lolos saringan No.200 semakin naik dikarenakan oleh ukuran butiran serbuk kaca yang lebih kecil. Untuk nilai lolos saringan No. 200 pada tanah campuran kapur adalah 61%, sedangkan pada tanah dengan campuran kapur dan serbuk kaca nilai terkecilnya yaitu pada campuran 2% kapur + 2% serbuk kaca sebesar 65% dan nilai tertinggi terjadi pada campuran 2% kapur dan 10% serbuk kaca sebesar 73%. Hubungan antara persentase lolos saringan dengan diameter saringan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Hubungan antara persentase lolos saringan dengan diameter saringan
Berdasarkan grafik diatas didapatkan nilai lolos saringan No. 200 seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil lolos saringan No. 200

Jenis Pengujian	Tanah Asli	Kapur	2 % Kapur + Persentase Kaca				
		Persentase	Persentase Campuran				
		2%	2%	4%	6%	8%	10%
Lolos Saringan No.200	63,00	61,00	62,00	63,40	64,00	65,00	65,60

3.1.5 Group Index (GI)

Penentuan klasifikasi tanah dilakukan untuk mengetahui jenis tanah campuran kapur dan serbuk kaca berdasarkan uji fisis yang telah dilakukan. Metode yang digunakan untuk klasifikasi tanah asli dan tanah campuran adalah metode AASTHO dan USCS. Klasifikasi tanah asli dan tanah campuran dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Hasil Uji Sifat Fisis beserta Klasifikasinya pada Tanah Campuran

Jenis Pengujian	Tanah Asli	Persentase Kapur	2% Kapur + Persentase kaca				
		2%	2%	4%	6%	8%	10%
Kadar Air (%)	6,93	6,44	6,22	6,10	5,95	5,81	5,65
Berat Jenis (Gs)	2,632	2,608	2,598	2,591	2,584	2,566	2,564
Batas Cair	41,06	39,96	39,15	38,81	38,00	37,40	36,14
Batas Plastis (%)	20,36	22,84	23,18	23,68	23,79	24,26	24,46
Batas Susut (%)	32,09	39,36	43,13	43,44	44,05	45,55	46,18
Indeks Plastisitas (%)	20,70	17,12	15,97	15,13	14,22	13,14	11,67
Lolos Saringan No.200 (%)	63	61	62	63,4	64	65	65,6
Group Indeks (GI)	10,88	8,47	8,09	7,99	7,58	7,18	6,38
Klasifikasi Tanah							
USCS	CL	CL	CL	CL	OL	OL	OL
AASTHO	A-7-6	A-6	A-6	A-6	A-6	A-6	A-6

Dilakukannya penambahan kapur dan serbuk kaca terhadap tanah asli mengakibatkan turunnya nilai GI. Nilai GI pada tanah asli sebesar 10,88. Nilai GI tertinggi terdapat pada tanah campuran 2 % kapur sebesar 8,47. Nilai GI terendah terdapat pada tanah campuran 2 % kapur + 10 % serbuk kaca sebesar 6,38. Berdasarkan table AASTHO tanah asli termasuk kategori A-7-6, sedangkan untuk tanah campuran kapur dan serbuk kaca untuk semua persentase termasuk kategori A-6. Menurut klasifikasi USCS, tanah asli dan tanah campuran 2% kapur serta variasi persentase 0%, 2%, 4% serbuk kaca termasuk dalam spesifikasi CL, yaitu tanah berjenis lempung anorganik dengan plastisitas rendah. Sedangkan tanah campuran 2% kapur dan variasi persentase 6%, 8%, 10% serbuk kaca termasuk dalam spesifikasi OL, yakni tanah lempung berlanau dengan plastisitas rendah.

3.2 Uji Sifat Mekanis Tanah

3.2.1 Uji Pemadatan *Standard Proctor*

Hasil uji pemadatan *Standart Proctor* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji pemadatan *Standart Proctor*

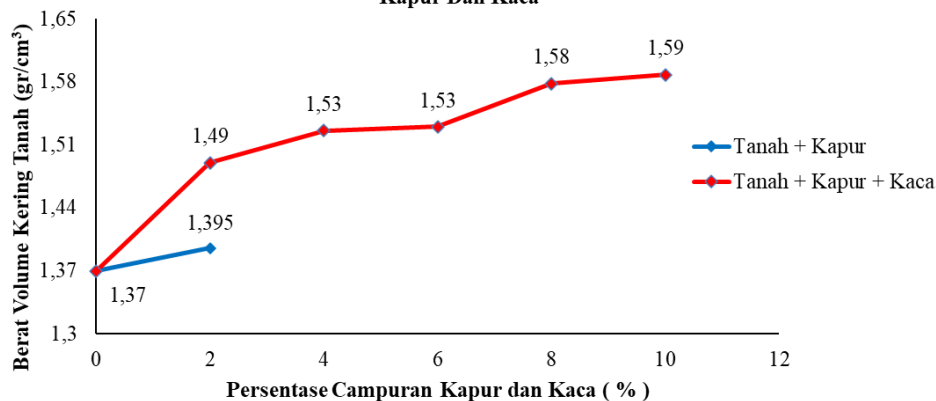
Sampel	Jenis Pengujian	
	$\gamma_{d \text{ maks}}$ (gr/cm^3)	ω_{optimum} (%)
Tanah Asli	1,37	25,00
Tanah Asli + 2% Kapur	1,40	24,89
Tanah Asli + 2% Kapur + 2% Kaca	1,49	24,00
Tanah Asli + 2% Kapur + 4% Kaca	1,53	23,00
Tanah Asli + 2% Kapur + 6% Kaca	1,53	22,30
Tanah Asli + 2% Kapur + 8% Kaca	1,58	21,60
Tanah Asli + 2% Kapur + 10% Kaca	1,59	20,80

Menurut Tabel 4. didapati nilai berat volume kering tanah asli sebesar 1,370 gr/cm^3 . Ketika dilakukan penambahan kapur serta serbuk kaca, nilai dari berat volume kering mengalami peningkatan. Dapat disimpulkan bahwa semakin kecil ukuran butiran serbuk kapur dan kaca maka akan mengisi volume rongga didalam tanah serta berkurang pori-pori pada tanah.

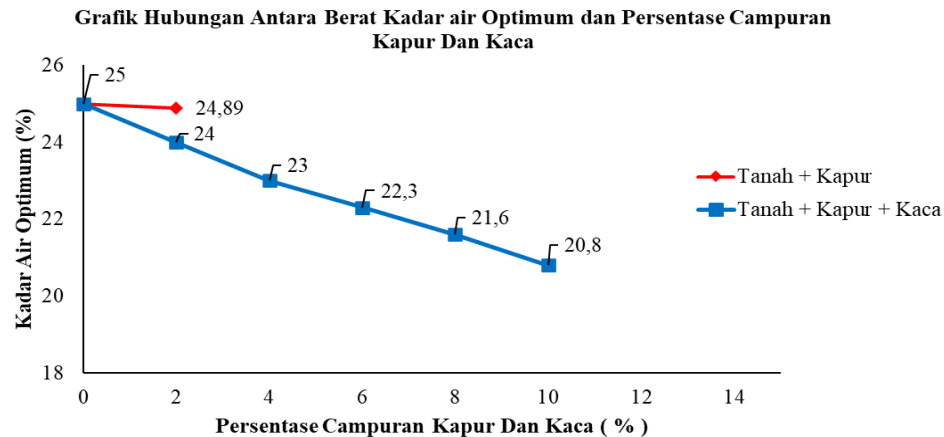
Nilai berat volume kering maksimum terbesar terdapat pada penambahan 2% kapur + 10% serbuk kaca sebesar 1,59 gr/cm^3 . Sedangkan nilai berat volume kering maksimum terkecil terjadi pada penambahan 2% kapur sebesar 1,40 gr/cm^3 .

Nilai kadar air optimum berbanding terbalik dengan nilai berat volume kering, semakin banyak persentase campuran kapur dan serbuk kaca diberikan maka akan semakin kecil nilai kadar air optimumnya. Hal ini terjadi karena volume rongga tanah semakin berkurang karena terisi oleh kapur dan serbuk kaca. Nilai kadar air tertinggi tanah campuran terdapat pada penambahan 2% kapur sebesar 24,9%, sedangkan nilai terkecilnya terdapat pada penambahan 2% kapur + 10% serbuk kaca sebesar 20,8%. Hubungan antara berat volume kering maksimum dan kadar air optimum dengan persentase campuran kapur dan serbuk kaca dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.

Grafik Hubungan Antara Berat Volume Kering Tanah dan Persentase Campuran Kapur Dan Kaca



Gambar 8. Grafik Hubungan Antara Berat Volume Kering Dengan Presentase Penambahan Kapur dan Serbuk Kaca



Gambar 9. Grafik Hubungan Antara Kadar Air Optimum Dengan Presentase Penambahan Kapur dan Serbuk Kaca

3.2.2 Uji DST (Direct Shear Test)

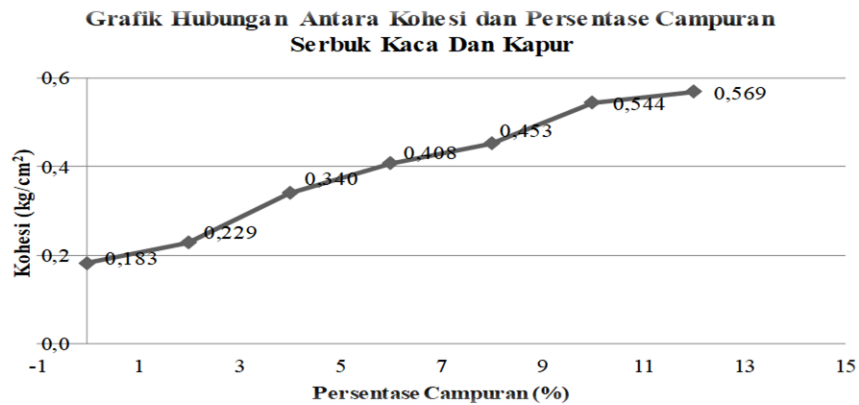
Pada penelitian ini pengujian pada tanah asli dengan penambahan kapur sebanyak 2% dan variasi penambahan serbuk kaca sebanyak 2%, 4%, 6%, 8%, 10% hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Pengujian.

No	Nama Sampel	Kohesi (kg/cm ²)	Sudut gesek dalam (0)
1	Tanah Asli	0,183	23,430
2	Tanah Asli + 2% Kapur	0,229	23,788
3	Tanah Asli + 2% Kapur + 2% Kaca	0,340	23,860
4	Tanah Asli + 2% Kapur + 4% Kaca	0,408	23,992
5	Tanah Asli + 2% Kapur + 6% Kaca	0,453	24,195
6	Tanah Asli + 2% Kapur + 8% Kaca	0,544	24,315
7	Tanah Asli + 2% Kapur + 10% Kaca	0,569	24,507

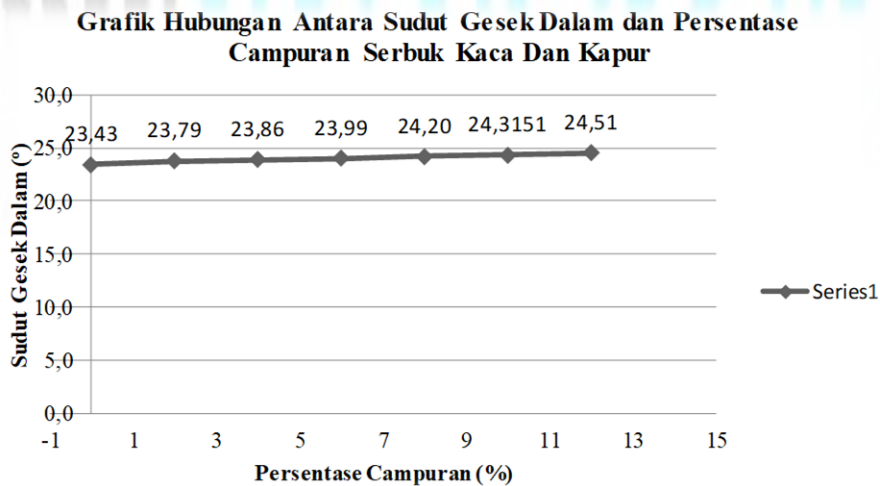
Hubungan antara persentase penambahan 2% kapur dan variasi persentase serbuk kaca 2%, 4%, 6%, 8%, 10% dengan nilai kohesi dapat dilihat pada Gambar 10.

Dari Tabel 5. dapat diketahui nilai kohesi tanah asli yaitu sebesar 0,183 kg/cm², sedangkan pada persentase penambahan serbuk kaca dan kapur didapatkan nilai kohesi tertinggi 0,569 kg/cm² pada penambahan 2% kaca + 10% kaca .Semakin besar penambahan serbuk kapur dan kaca maka nilai kohesi yang dihasilkan semakin naik. Hal ini dikarenakan tanah mengalami kohesi semu, yaitu tanah dalam keadaan jenuh. Hubungan antara nilai kohesi dengan persentase penambahan serbuk kapur dan kaca dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Hubungan Antara Nilai Kohesi dengan Persentase Penambahan Kapur dan Serbuk Kaca

Berdasarkan Tabel 5. dapat diketahui bahwa nilai Nilai sudut gesek dalam pada tanah asli sebesar $23,43^\circ$. Sedangkan pada penambahan 2% kapur didapatkan nilai sudut gesek dalam semakin tinggi. Nilai sudut gesek tertinggi terdapat dalam persentase penambahan 2% kapur dan 10% serbuk kaca yaitu sebesar $24,507$. Semakin tinggi nilai sudut gesek dalam disebabkan karena butiran tanah semakin besar yang membuat tanah semakin padat. Hubungan antara nilai sudut gesek dalam dengan persentase penambahan kapur dan serbuk kaca dapat di lihat pada gambar 11.



Gambar 11. Grafik Hubungan Antara Nilai Sudut Gesek Dalam dengan Persentase Penambahan Kapur dan Serbuk Kaca

Tabel 6 .Hasil Uji Tegangan Normal dan Tegangan Geser

No	Nama Sampel	Tegangan	Tegangan
		Normal (σ)	Geser (τ)
		(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
1	Tanah Asli	1,56	0,836
2	Tanah Asli + 2% Kapur	1,56	0,895
3	Tanah Asli + 2% Kapur + 2% Kaca	1,56	1,034
4	Tanah Asli + 2% Kapur + 4% Kaca	1,56	1,113
5	Tanah Asli + 2% Kapur + 6% Kaca	1,56	1,150
6	Tanah Asli + 2% Kapur + 8% Kaca	1,56	1,240
7	Tanah Asli + 2% Kapur + 10% Kaca	1,56	1,258

Berdasarkan Tabel 6. dapat diketahui nilai tegangan normal diperoleh sebesar 1,56 kg/cm². Sedangkan nilai tegangan geser pada tanah asli adalah sebesar 0,836 kg/cm², Nilai tegangan normal tertinggi pada penambahan serbuk kapur dan kaca didapatkan pada persentase 2% kapur + 10% kaca sebesar 1,258 kg/cm². Nilai tegangan geser pada tanah campuran cenderung lebih besar dari tegangan geser tanah asli, hal ini dikarenakan sudut gesek dalam dan kohesi pada tanah campuran semakin besar seiring dengan bertambahnya persentase penambahan campuran

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil uji laboratorium dan analisis data yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa: Hasil pengujian sifat fisis, untuk nilai kadar air tanah campuran kapur dan serbuk kaca didapati semakin menurun karena kapur hanya memiliki sedikit kadar air dan serbuk kaca tidak memiliki kadar air sama sekali. Nilai berat jenis tanah campuran semakin menurun yang diakibatkan oleh nilai berat jenis kapur dan serbuk kaca yang lebih kecil dibandingkan nilai berat jenis tanah asli. Berdasarkan uji Atterberg, didapati bahwa nilai PI semakin menurun bersamaan dengan ditamhkannya persentase kapur dan serbuk kaca. Pengujian analisa ukuran butiran mendapatkan hasil lolos saringan No.200 menurun ketika tanah hanya dicampur dengan kapur saja namun naik ketika dilakukan penambahan persentase kaca. Klasifikasi tanah menurut tabel AASTHO didapati tanah asli termasuk golongan A-7-6. Dengan adanya penambahan persentase kapur dan serbuk kaca, tanah campuran termasuk golongan A-6. Berdasarkan klasifikasi USCS, tanah asli dan tanah campuran 2% kapur dan variasi persentase 0%, 2%, 4% serbuk kaca termasuk golongan CL yaitu jenis tanah lempung anorganik dengan plastisitas rendah. Sedangkan tanah campuran 2% kapur dan variasi persentase 6%, 8%, 10% serbuk kaca termasuk dalam spesifikasi OL, yakni tanah lempung berlanau dengan plastisitas rendah.

Hasil pengujian mekanis pada pengujian standart proctor mendapatkan hasil dengan adanya penambahan kapur dan serbuk kaca maka menyebabkan naiknya nilai berat volume

kering maksimum dan menurunnya nilai kadar air optimum pada tanah. Berdasarkan hasil uji geser langsung (Direct Shear Test) dapat disimpulkan bahwa kuat geser tanah, nilai kohesi tanah dan nilai sudut gesek dalam mengalami peningkatan seiring dengan penambahan serbuk kapur dan kaca.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrozak, M.R. dan Dilla N.M. 2017. “*Stabilisasi Tanah Lempung dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi dan Kapur pada Subgrade Pengerasan Jalan*”. *Jurnal Teknisia* 12(2): 416-424
- Bertananda, D. R. 2017. *Tinjauan Kuat Dukung Tanah Lempung Bayat Klaten Dengan Bahan Stabilisasi Serbuk Bata Merah*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Canakci, H., Al-Kaki, A., & Celik, F. 2016. *Stabilization of Clay with Waste Soda Lime Glass Powder*. *Procedia Engineering*, 161, 600–605. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.705>
- Hardiyatmo, H. C. 1994. *Mekanika Tanah II*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Kasiati, Endang. 2011. *Pembuatan Paving Blok dengan Menggunakan Semen Portland dan Semen Pozzolan dengan Bahan Tambahan Serbuk Kaca dan Abu Batu*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah 2011
- Kuncoro, G.P, Nurhidayati, A., & Sukatiman. 2019. *Penggunaan Limbah Gypsum dan Serbuk Kaca untuk Memperkecil Potensi Pengembangan Tanah Ekspansif*. Universitas Sebelas Maret.
- Kustrantika, I. W. 2017. *Stabilisasi Tanah Rawa Menggunakan Limbah Gergaji Kayu dan Serbuk Limbah Botol Kaca Terhadap Peningkatan Nilai CBR*. Sekolah Tinggi Teknik PLN.
- Mudhakir, I., Nurhidayati, A., & Eko Supri Murtiono. 2020. *Peningkatan daya dukung tanah ekspansif menggunakan limbah Gypsum dan Serbuk Kaca*. *Indonesian Journal of Civil Engineering Education*, 6(1), 50–56.
- Nasution, Adi Sukrian. 2018. *Pengaruh Penggunaan Kapur Tohor (Cao) dan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Tanah Lempung Ditinjau dari Nilai Cbr dan Pengujian Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compression Test)*. Universitas Sumatera Utara.
- Purnomo, H., & Hisyam, E. S. 2014. *Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen pada Campuran Beton Ditinjau dari Kekuatan Tekan dan Kekuatan Tarik Belah Beton*. Universitas Bangka Belitung.
- Zaika, Y., Suroso, & Rangaesa, R. A. 1995. *Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Kekuatan dan Pengembangan (Swelling) pada Tanah Lempung Ekspansif*. Jurusan Teknik Sipil , Universitas Brawijaya.

- Kuncoro, G. P., Nurhidayati, A., & Sukatiman. (2019, Desember). Penggunaan Limbah Gypsum Dan Serbuk Kaca Untuk Memperkecil Potensi Pengembangan Tanah Ekspansif. *Teknik Bangunan FKIP Universitas Sebelas Maret.*, 5, 15-19. Retrieved from gumilangkuncoro11@gmail.com
- Ardi, A. W. (2016). UJI KUAT TEKAN, DAYA SERAP AIR DAN DENSITAS. *Universitas Islam Negeri ALAUDDIN*, 1-50.
- Kustantrika, I. W. (2017, Mei). STABILISASI TANAH RAWA MENGGUNAKAN LIMBAH GERGAJI KAYU. *Jurnal Forum Mekanika Jakarta*, 6, 1-60.
- Kusumastuti, D. P., & Sepriyana, I. (2019, November). Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca Dan Abu Sekam Pada Tanah Lunak Berdasarkan Uji Konsolidasi. *Jurnal Forum Mekanika*, 8, 63-70. doi:<https://doi.org/10.33322/forummekanika.v8i2.882>
- Lubis, L. R., & Yulianti, D. (2021, Oktober 28). Kajian Dampak Campuran Serbuk Kaca Dan Serbuk Kayu Terhadap Nilai CBR Tanah Lempung. *Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya, Palembang*, 509-515.
- Riwayati, S., & Yuniar, R. (2018). Stabilitas Tanah Lempung Menggunakan Campuran Kapur Untuk Lapisan Tanah Dasar Konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil UNPAL Vol 8, No 2, Nov 2018*, 104-111.
- Sepriyana, I., & Khairani, F. (2016, November). Penggunaan Limbah Keramik Dan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Rawa. *Jurnal Forum Mekanika jakarta Sekolah Tinggi Teknik PLN (STT-PLN)*, 5, 1-72.

UMS LIBRARY
-TERAKREDITASI A-