

KUAT DUKUNG TANAH LEMPUNG BAYAT-KLATEN DENGAN VARIASI GRADASI PENAMBAHAN LIMBAH KERAMIK

Yusril Widi Kurniawan Nugroho; Anto Budi Listyawan
Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Tanah dari Desa Talang, Kecamatan Bayat, Klaten merupakan tanah lempung dengan nilai PI sebesar 25,74% maka tanah termasuk plastisitas tinggi dikarenakan nilai $PI > 17\%$, sehingga perlu adanya perbaikan sifat-sifat fisis dan mekanis tanah. Perbaikan dilakukan dengan bahan tambah limbah keramik. Penambahan campuran limbah keramik dengan persentase 0%, 4%, 8%, dan 12%, dengan variasi ukuran butiran limbah keramik No.4 dan No.40. Perbaikan Tanah ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisis dan mekanisnya. Hasil pengujian fisis yaitu uji kadar air tanah dengan penambahan limbah keramik semakin menurun, nilai berat jenis tanah campuran limbah keramik semakin naik. Pada uji Atterberg limits, semakin besar penambahan persentase limbah keramik maka nilai PI akan semakin menurun. Hasil pengujian mekanis diperoleh Nilai berat volume kering maksimum terbesar pada penambahan 12% limbah keramik No.40 sebesar 1,550 gr/cm³, sedangkan berat volume kering maksimum tanah campuran limbah keramik terkecil pada penambahan 4% No.4 yaitu 1,395 gr/cm³. Nilai kadar air optimum paling besar didapat 24,89% pada persentase campuran limbah keramik 4% No.4, sedangkan nilai kadar air optimum paling kecil didapat pada persentase campuran limbah keramik 12% No.40 sebesar 22,01%. Hasil uji California Bearing Ratio (CBR) pada tanah asli senilai 2,69%. Setelah dilakukan penambahan limbah keramik nilai CBR semakin meningkat, nilai tertinggi terdapat pada penambahan 12% No. 40 dengan nilai 3,67%. Untuk nilai pengembangan tanah (swelling) pada tanah asli sebesar 1,53%. Dengan penambahan bahan campuran berupa limbah keramik nilai pengembangan tanah semakin menurun, nilai pengembangan tanah terkecil terjadi pada penambahan limbah keramik 12% No. 40 senilai 1,20%.

Kata Kunci: Tanah Lempung, Limbah keramik, Stabilisasi, California Bearing Ratio.

Abstract

Soil from Talang Village, Bayat District, Klaten is clay soil with a PI value of 25.74%, so the soil is classified as high plasticity because the PI value is $> 17\%$, so it is necessary to improve the physical and mechanical properties of the soil. Improvements were made with the added material of ceramic waste. The addition of a mixture of ceramic waste with a percentage of 0%, 4%, 8%, and 12%, with variations in grain size of ceramic waste No.4 and No.40. This Soil Improvement aims to determine its physical and mechanical properties. The results of physical testing, namely testing the water content of the soil with the addition of ceramic waste decreased, the value of the specific gravity of the soil mixed with ceramic waste increased. In the Atterberg limits test, the greater the addition of the percentage of ceramic waste, the PI value will decrease. The results of the mechanical test obtained the highest maximum dry unit weight value in the addition of 12% ceramic powder No.40 of 1.550 gr/cm³, while the maximum dry unit weight of the smallest ceramic waste mixture in the addition of 4% No.4 was 1.395 gr/cm³. The highest optimum water content value was obtained at 24.89% in the percentage of 4% ceramic waste mixture No.4, while the lowest optimum water content value was obtained in the percentage of 12% ceramic waste mixture No.40 of 22.01%. The results of the California Bearing Ratio (CBR) test on the original soil are 2.69%. After the addition of lime and glass powder, the CBR value

increased, the highest value was found in the addition of 12% No.40 ceramic waste with a value of 3,67%. For the value of land development (swelling) on the original land of 1.53%. With the addition of a ceramic waste the value of soil development decreases, the smallest soil development value occurs in the addition of 12% No.40 ceramic powder worth 1,20%.

Keywords: Clay, Ceramic waste , Stabilization, California Bearing Ratio.

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam dunia konstruksi. Dari banyaknya fungsi tanah, terdapat fungsi utama tanah yaitu sebagai pendukung pondasi dari suatu bangunan. Dikarenakan fungsi tanah dalam suatu konstruksi sangatlah vital maka kondisi tanah harus benar – benar baik atau stabil. Sehingga apabila kondisi suatu tanah kurang baik atau dianggap kurang mampu mendukung bangunan, maka tanah tersebut harus diperbaiki terlebih dahulu. Pada penelitian ini dilakukan penambahan pada tanah lempung berupa limbah keramiik dengan variasi ukuran butiran untuk menstabilisasi tanah lempung. Variasi gradasi ukuran butiran keramik yang dipakai yaitu lolos saringan No.4 dan No.40 dengan presentase 0%, 4%, 8%, dan 12%. Tanah lempung diambil dari daerah Talang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten. Limbah limbah keramik yang digunakan dari TB. Anugrah Jaya daerah Jambu Kulon, Kecamatan Ceper, Kabupaten Klaten.

Tanah lempung merupakan partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan, selain itu, permeabilitas lampung sangat rendah (Terzaghi dan Peck, 1987) dalam (Aryanto dkk, 2021). Menurut Ningsih, D (2016) dalam Sir, TMW dkk (2019). Tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikroskopis sampai dengan sub mikroskopis yang berasal dari pelapukan unsur kimiawi penyusun batuan. Menurut Poernomo, dkk (2020). Limbah keramik adalah sisa produksi keramik yang hasilnya tidak sesuai dengan ukuran. Stabilisasi tanah merupakan suatu cara yang dilakukan untuk mengubah atau memperbaiki sifat tanah dasar sehingga tanah tersebut memiliki mutu yang lebih baik. Metode stabilisasi tanah dibagi menjadi dua yaitu stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi (Mochtar, 1994).

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh Vitara, dkk (2020), menunjukkan tanah di Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten didapatkan hasil berat jenis (G_s) = 2,598%, LL (*Liquid Limit*) = 77,50%, PL (*Plastic Limit*) = 33,68%, SL (*Shrinkage Limit*) = 15,07%, PI (*Plasticity Index*) = 44,44%. Nilai tersebut jika diklasifikasikan menurut AASHTO tanah tersebut dalam kelompok A-7-5 dengan tipe tanah lempung yang penilaian

umum sedang sampai buruk. Jika menurut USCS tanah tersebut termasuk dalam kelompok OH yaitu tanah lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi. Menurut penelitian yang dilakukan Bahriansyah, (2017) pada tanah Bayat, Klaten.

Menurut penelitian Irma dan Fitri (2016), dari variasi campuran didapatkan nilai persentase optimum penambahan bubuk kaca dan bubuk keramik adalah pada tanah dengan campuran 10% bubuk kaca dan 10% bubuk keramik dengan lama pemeraman 7 hari memiliki nilai kadar air 44,81%, specific gravity 1,40, batas cair 56,92%, batas plastis 30,36%, batas susut 26,49%, indeks plastisitas 26,56%, CBR 36,33%. Penelitian yang dilakukan Putri (2021), menunjukkan salah satu cara umum untuk mendapatkan sifat tanah yang baik adalah dengan stabilisasi tanah. Stabilisasi yang dilakukan adalah stabilisasi kimia dengan menambahkan serbuk limbah keramik dengan variasi campuran 0%, 3%, 6%, 9%. Dari hasil penelitian didapatkan nilai CBR unsoaked tanah terus meningkat seiring dengan penambahan persentase limbah keramik. Nilai CBR tertinggi diperoleh pada campuran limbah keramik 9% dengan waktu perawatan 7 hari, nilai CBR meningkat dari 13,38% menjadi 39,63% setelah penambahan limbah keramik tersebut.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Lien (2021), dengan memanfaatkan serbuk limbah keramik sebagai bahan stabilisasi tanah lempung ekspansif. Hasil pemeriksaan yang dilakukan oleh PT. Sucofindo Jakarta terhadap komposisi kimia dalam keramik menyatakan bahwa limbah keramik terdiri senyawa SiO₂ dan Al₂O₃ yang merupakan senyawa utama bahan pozzolan yang mempunyai peranan penting dalam pembentukan semen yang dapat mengikat partikel tanah lempung dan mengurangi tarikan terhadap air.

Nilai CBR dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$CBR = \frac{\text{Beban penetrasi 0,1 inch (lbs)}}{3 \times 1000} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

$$CBR = \frac{\text{Beban penetrasi 0,2 inch (lbs)}}{3 \times 1500} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

Pengujian sifat fisis berupa uji kadar air, batas – batas *Atteberg*, hidrometer, dan analisa ukuran butiran, sedangkan pengujian sifat mekanis melalui uji *California Bearing Ratio* (CBR) rendaman (*soaked*). Metode CBR yang digunakan pada penelitian ini adalah CBR rendaman (*soaked*), yang mana tanah direndam dahulu selama 4 hari atau 96 jam kemudian dihitung nilai pengembangannya dengan rumus : (Standart Nasional Indonesia 1744:2012)

$$\Delta h = \frac{h_1 - h_0}{h_0} \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

Δh : pengembangan, dinyatakan dalam persen (%)

h_0 : tinggi awal benda uji (=116,43 mm)

h_1 : tinggi akhir benda uji setelah perendaman (mm)

2. METODE

Tanah uji diambil dari daerah Talang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten dan limbah keramik yang digunakan dari TB. Anugrah Jaya daerah Jambu Kulon, Kecamatan Ceper, Kabupaten Klaten. Uji sifat fisis dan mekanis dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Tahap penelitian sebagai berikut :

Pertama dimulai dengan studi literatur dan penyediaan bahan yaitu sampel tanah lempung lolos saringan No.4, limbah keramik lolos saringan No.4 dan No.40. Kemudian pembuatan benda uji untuk pengujian sifat fisis tanah asli dan campuran limbah keramik dengan variasi presentase 0%, 4%, 8%, dan 12%. Serta dilakukan uji sifat fisis limbah keramik yaitu uji berat jenis (specific gravity).

Selanjutnya dilakukan uji sifat tanah asli yaitu meliputi, uji kadar air (moisture content), uji berat jenis (specific gravity), uji batas-batas Atterberg (liquid limit, plastic limit, shrinkage limit), dan analisa ukuran butiran. Setelah itu, pembuatan benda uji Standar Proctor tanah asli dan campuran limbah keramik diperam 24 jam. Kemudian dilakukan uji Standar Proctor untuk mendapatkan kepadatan maksimum dan kadar air optimum. Kadar optimum tersebut kemudian digunakan untuk penambahan air pada pembuatan benda uji CBR rendaman (soaked).

Kemudian dilakukan pembuatan benda uji CBR tanah asli dan tanah campuran limbah keramik dengan variasi presentase 0%, 4%, 8%, dan 12% variasi lolos saringan No.4 dan No.40 lalu benda uji tersebut diperam terlebih dahulu selama 24 jam, sama dengan benda uji Standar Proctor. Selanjutnya benda uji direndam selama 96 jam atau 4 hari untuk mengetahui nilai pengembangannya, setelah itu dilakukan uji CBR.

Terakhir yaitu menganalisa data dan pembahasan dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya. Dari hasil analisis data maka dapat diambil kesimpulan dan saran..

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Fisis Tanah Asli dan Tanah Campuran Limbah Keramik

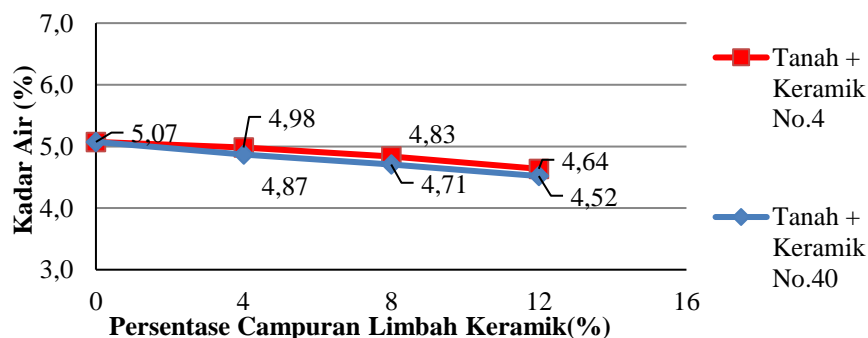
Uji Fisis meliputi beberapa pengujian antara lain: uji kadar air, *specific gravity*, *Atterberg limits*, *hydrometer* dan analisa butiran. Hasil pengujian sifat-sifat tanah asli dan tanah campuran limbah keramik dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Sifat-Sifat Fisis Pada Tanah Asli dan Tanah Campuran Limbah Keramik

Jenis Pengujian	Tanah Asli	Serbuk Keramik No.4			Serbuk Keramik No.40		
		Presentase Campuran			Presentase Campuran		
		4%	8%	12%	4%	8%	12%
Kadar Air (%)	5,07	4,98	4,83	4,64	4,87	4,71	4,52
Berat Jenis (Gs)	2,703	2,705	2,711	2,740	2,711	2,740	2,740
Batas Cair (%)	42,52	40,08	39,01	39,00	41,22	39,41	39,16
Batas Plastis (%)	16,78	17,65	18,23	18,46	17,20	18,05	18,37
Batas Susut (%)	15,97	16,87	17,74	17,91	16,35	17,65	17,87
Indeks Plastis (%)	25,74	22,43	20,77	20,54	24,02	21,36	20,79
Lolos Saringan No.200 (%)	59	56	52	51	57	63	65
Group Indeks (GI)	12,03	9,31	7,30	6,92	10,42	10,97	11,27
Klasifikasi Tanah							
USCS	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL
AASTHO	A-7-6	A-6	A-6	A-6	A-6	A-6	A-6

3.2 Kadar Air

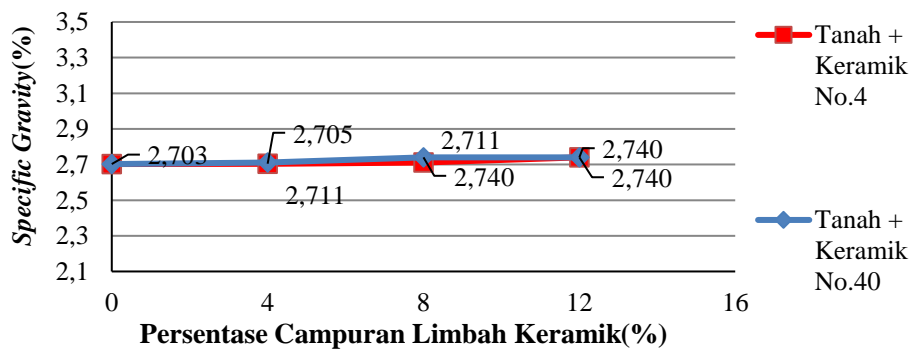
Berdasarkan pengujian ini, uji kadar air tanah asli kering udara didapatkan nilai sebesar 5,703% nilai kadar air limbah keramik sebesar 0% sehingga lebih rendah dari nilai kadar air tanah asli serta mengalami penurunan seiring dengan penambahan limbah keramik. Setelah penambahan limbah keramik nilai kadar air mengalami penurunan. Nilai kadar air tertinggi pada penambahan limbah keramik 4% No.4 sebesar 4,98%. Sedangkan nilai kadar air terendah pada penambahan limbah keramik 12% saringan No.40 sebesar 4,52%. Penurunan disebabkan karena nilai kadar air limbah keramik lebih rendah dari tanah asli, bertambahnya persentase limbah keramik menyebabkan kadar air tanah semakin menurun. Tanah campuran limbah keramik 12% lolos saringan No.40 mengandung kadar air yang lebih sedikit daripada tanah campuran limbah keramik 12% lolos saringan No.4. Hubungan antara persentase campuran limbah keramik dengan nilai kadar air dapat dilihat di Grafik 1.



Gambar 1. Grafik Hubungan Kadar Cair dengan Persentase Campuran Limbah Keramik

3.3 Specific Gravity

Pengujian Gs tanah asli diperoleh nilai sebesar 2,703 yang termasuk lempung tak organik, berat jenis limbah keramik sebesar 2,744 (Lien, 2021). Nilai berat jenis mengalami kenaikan setelah dilakukan penambahan limbah keramik No.4 maupun No.40. Nilai Gs terendah pada penambahan limbah keramik 4% No.4 sebesar 2,705. Nilai Gs tertinggi pada penambahan limbah keramik 12% No.40 sebesar 2,740. Kenaikan nilai disebabkan karena nilai Gs limbah keramik lebih besar daripada nilai Gs tanah asli, sehingga semakin banyak kandungan limbah keramik, maka semakin besar nilai Gs dan Penambahan campuran limbah keramik lolos saringan No.40 lebih meningkatkan nilai Gs dibandingkan penambahan campuran limbah keramik lolos saringan No.4 disebabkan oleh adanya perbedaan ukuran butiran limbah keramik, karena limbah keramik lolos saringan No.40 berbutir halus dan limbah keramik lolos saringan No.4 berbutir kasar. Semakin besar penambahan bahan tambah maka nilai berat jenis tanah campuran akan semakin kecil. Hubungan antara dengan nilai specific gravity persentase campuran limbah keramik dapat dilihat di Grafik 2.



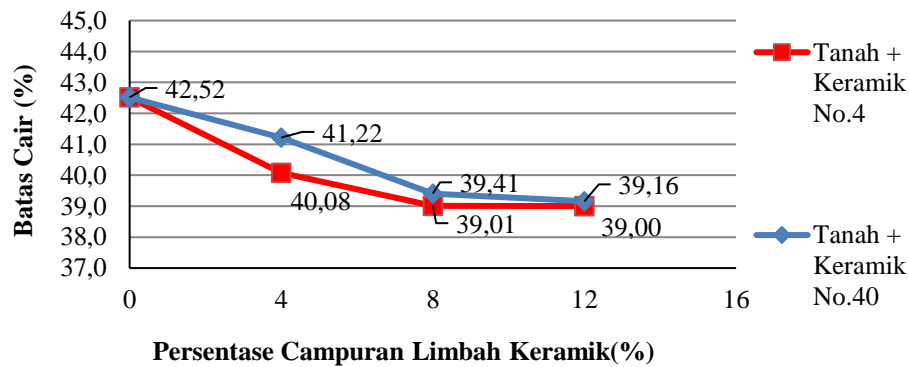
Gambar 2. Grafik Hubungan *Specific Gravity* dengan Persentase Campuran Limbah Keramik

3.4 Batas-Batas Atterberg

3.4.1 Batas Cair

Uji batas cair menunjukkan adanya penurunan seiring dengan bertambahnya persentase campuran limbah keramik. Uji batas cair tanah asli sebesar 42,52%. Penurunan terbesar terjadi pada limbah keramik saringan No.4 dengan persentase 12% sebesar 39,00%. Hal ini terjadi dikarenakan berkurangnya kadar air dengan adanya penambahan persentase limbah keramik Nilai batas cair terhadap ukuran butiran limbah keramik No.4 dan No.40 hampir sama menunjukkan penurunan dengan ada penambahan limbah keramik. Penurunan tersebut dapat terjadi dikarenakan dengan penambahan bahan campur limbah keramik menyebabkan menyebabkan nilai kohesi turun sehingga batas cair turun.

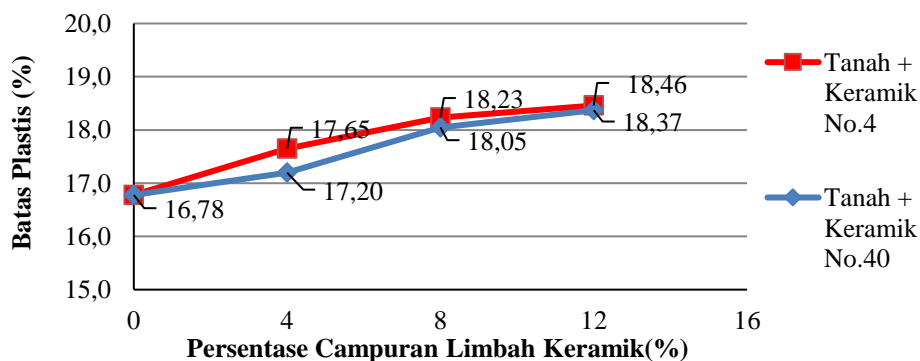
Hubungan antar nilai batas cair dengan persentase campuran limbah keramik dapat dilihat di grafik 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan Batas Cair dengan Persentase Campuran Limbah Keramik

3.4.2 Batas Plastis

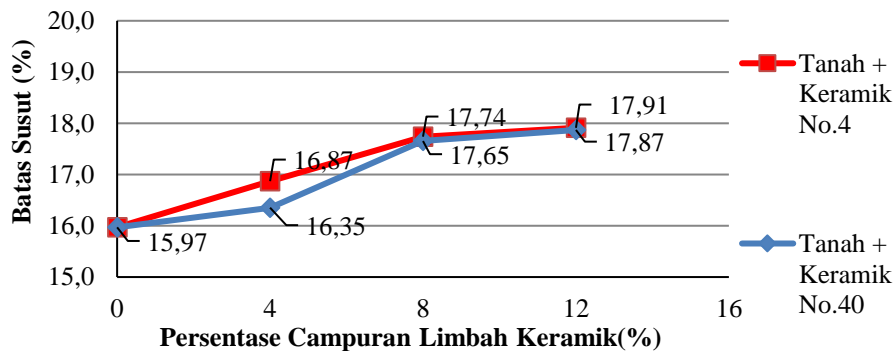
Hasil batas plastis tanah asli sebesar 16,78, setelah dilakukan penambahan limbah keramik lolos saringan No.4 dan No.40 nilai batas plastis mengalami peningkatan. Meningkatnya nilai batas plastis dikarenakan limbah keramik memiliki gradasi butiran kasar sehingga setelah penambahan limbah keramik pada tanah asli menjadi gradasi butiran tanah semakin kasar, hal ini dapat mempengaruhi kohesi yang semakin menurun dan plastisitas tanah semakin berkurang pula. Nilai batas plastis campuran limbah keramik terendah pada penambahan limbah keramik 4% lolos saringan No.40 sebesar 17,20%, sedangkan nilai batas plastis pencampuran limbah keramik terbesar pada penambahan limbah keramik 12% lolos saringan No.4 sebesar 18,46%. Hubungan antara nilai batas plastis dengan persentase campuran limbah keramik dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Hubungan Batas Plastis dengan Persentase Limbah Keramik

3.4.3 Batas Susut

Hasil uji batas susut pada tanah asli sebesar 15,97%, setelah dilakukan penambahan limbah keramik nilai batas susut tanah campuran semakin besar. Hal ini terjadi karena limbah keramik memiliki gradasi butiran kasar, setelah penambahan limbah keramik pada tanah asli menjadikan gradasi butiran semakin kasar, sehingga menyebabkan butiran tidak mudah terpengaruh oleh perubahan kadar air. Nilai batas susut terkecil sebesar 16,35% pada tanah campuran limbah keramik 4% lolos saringan No.40, dan nilai batas susut tertinggi terdapat pada persentase 12% No.4 sebesar 17,91%. Tanah campuran limbah keramik lolos saringan No.4 lebih stabil daripada tanah campuran lolos saringan No.40 terhadap perubahan kadar air sehingga perubahan volume tanah semakin kecil. Hubungan antara nilai batas susut dengan persentase limbah keramik dapat dilihat pada Gambar 5.

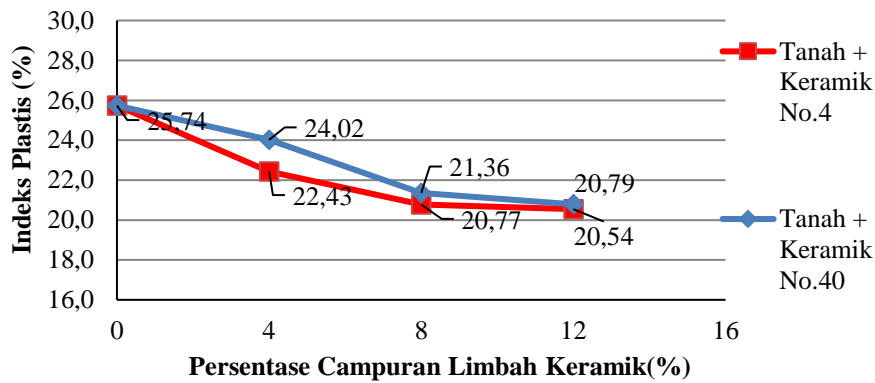


Gambar 5. Grafik Hubungan Batas Susut dengan Persentase Campuran Limbah Keramik

3.5 Indeks Plastisitas

Nilai PI didapatkan berdasarkan perhitungan nilai LL dan PL. Nilai PI tanah asli yang didapat sebesar 25,74%. Penambahan limbah keramik mengakibatkan naiknya nilai batas plastis dan menurunnya nilai batas cair, oleh karena itu nilai indeks plastisitasnya menurun. Penurunan nilai PI terendah pada penambahan limbah keramik 12% No.4 sebesar 20,54%.

Tabel indeks plastisitas menunjukkan nilai PI dari tanah asli dan tanah campuran 4%, 8% limbah keramik lolos saringan No.4 dan No.40 termasuk jenis tanah lempung berplastisitas tinggi dikarenakan nilai $PI > 17$, sedangkan untuk tanah campuran 12% limbah keramik lolos saringan No.4 dan No.40 termasuk tanah lempung kohesif berplastisitas sedang dikarenakan nilai PI ada diantara 7-17. Hubungan antara nilai indeks plastisitas dengan persentase campuran limbah keramik dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hubungan Indeks Plastisitas dengan Persentase Campuran Limbah Keramik

3.6 Analisa Ukuran Butiran

Hasil pengujian analisa ukuran butiran pada tanah asli lolos saringan No.200 menunjukkan nilai 59%. Penambahan limbah keramik lolos saringan No.4 menyebabkan penurunan lolos saringan No.200. Penurunan disebabkan limbah keramik lolos saringan No.4 dan lolos saringan No.40 memiliki fraksi kasar sehingga menyebabkan lolos saringan No.200 berkurang Hasil nilai lolos saringan No.200 terbesar pada penambahan limbah keramik 12% No.40 sebesar 65%, Hasil nilai lolos saringan No.200 terendah pada penambahan limbah keramik 12% No.4 sebesar 51%. Hasil lolos saringan NO.200 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil lolos saringan No.200

Jenis Pengujian	Tanah Asli	Limbah Keramik Lolos Saringan No.4			Limbah Keramik Lolos Saringan No.40		
		Presentase Campuran			Presentase Campuran		
		4%	8%	12%	4%	8%	12%
Lolos Saringan No.200 (%)	59,00	56,00	52,00	51,00	57,00	63,00	65,00

3.7 Group Indeks (GI)

Klasifikasi tanah asli dan campuran dilakukan dengan metode USCS dan AASHTO. Penambahan limbah keramik No.4 dan No.40 pada tanah asli menyebabkan nilai GI semakin menurun Nilai GI pada tanah asli sebesar 12,03. Nilai GI tertinggi terdapat pada tanah campuran limbah keramik 12% lolos saringan No.40 sebesar 11,27. sedangkan nilai GI terendah terdapat pada tanah campuran limbah keramik 12% lolos saringan No.4 sebesar 6,92. Berdasarkan tabel AASTHO tanah asli termasuk kategori A-7-6, sedangkan untuk tanah campuran limbah keramik 4%, 8%, 12% lolos saringan No.4 dan No.40 termasuk kategori A-6. Berdasarkan sistem klasifikasi USCS, tanah asli dan tanah

campuran limbah keramik 4%, 8%, 12% lolos saringan No.4 dan No.40 termasuk dalam spesifikasi CL, yaitu tanah berjenis lempung anorganik dengan plastisitas rendah.

3.8 Uji Sifat Mekanis Tanah

3.8.1 Uji Pemadatan *Standard Proctor*

Hasil uji pemadatan *Standard Proctor* dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji pemadatan *Standard Proctor*

Jenis Pengujian	Tanah Asli	Serbuk Keramik Lolos Saringan No.4			Serbuk Keramik Lolos Saringan No.40		
		Presentase Campuran			Presentase Campuran		
		4%	8%	12%	4%	8%	12%
γ_{maks} (gr/cm^3)	1,380	1,395	1,490	1,526	1,485	1,530	1,550
$\omega_{optimum}$ (%)	25,12	24,89	23,86	22,91	24,13	23,05	22,01

Berdasarkan Tabel 3. berat volume kering tanah asli sebesar $1,38 \text{ gr/cm}^3$. Nilai berat volume kering mengalami peningkatan pada setiap persentase penambahan limbah keramik No.4 dan No.40. Peningkatan berat volume kering maksimum disebabkan oleh butiran tanah yang semakin membesar dengan persentase penambahan limbah keramik No.4 dan No.40 yang semakin banyak. Meningkatnya berat volume kering pada campuran limbah keramik dikarenakan semakin besar dan kerasnya butiran pada tanah. Nilai berat volume kering maksimum terbesar pada tanah campuran limbah keramik 12% No.40 sebesar $1,550 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan berat volume kering maksimum terkecil terjadi pada tanah campuran limbah keramik 4% No.4 yaitu $1,395 \text{ gr/cm}^3$. Hasil uji menunjukkan penambahan limbah keramik No.4 dan No.40 dapat menyebabkan kadar air optimum semakin turun. Kadar air optimum tanah asli sebesar 25,12%. Nilai kadar air optimum paling besar didapat 24,89% pada persentase campuran limbah keramik 4% No.4, sedangkan nilai kadar air optimum paling kecil didapat pada persentase campuran limbah keramik 12% No.40 sebesar 22,01%.

3.8.2 Uji CBR (California Bearing Ratio)

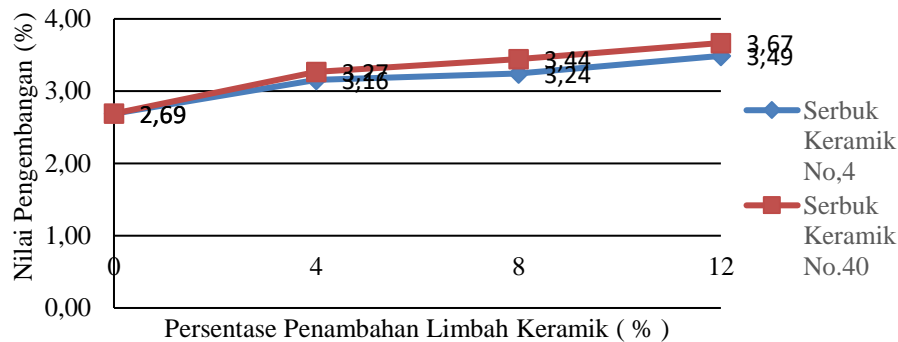
Untuk pengujian ini digunakan metode uji CBR Soaked atau perendaman. Perendaman benda uji CBR Soaked dilakukan selama 4 hari. Hasil pengujian CBR Soaked tanah asli dan tanah campuran dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Hasil Pengujian CBR Soaked

No	Sampel Tanah		Nilai CBR (%)
1	Tanah Asli		2,69
2	Lolos Saringan	Tanah Asli + 4% Limbah Keramik	3,16
3		Tanah Asli + 8% Limbah Keramik	3,24

4	Nomor 4	Tanah Asli + 12% Limbah Keramik	3,49
5	Lolos	Tanah Asli + 4% Limbah Keramik	3,27
6	Saringan	Tanah Asli + 8% Limbah Keramik	3,44
7	Nomor 40	Tanah Asli + 12% Limbah Keramik	3,67

Hubungan antara persentase penambahan limbah keramik 4%, 8%, 12% lolos saringan No.4 dan No.40 dengan nilai CBR Soaked dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 7. Hubungan Antara Nilai CBR *Soaked* dengan Persentase Penambahan Limbah Keramik

Berdasarkan Tabel 5. dapat diketahui bahwa dengan adanya penambahan persentase bahan campuran berupa limbah keramik mampu mempengaruhi nilai CBR, semakin besar penambahan persentase limbah keramik maka nilai CBR akan berbanding lurus yaitu semakin besar pula. Nilai CBR dipengaruhi oleh kualitas bahan campur dan kepadatan tanah yang bergantung pada nilai berat volume kering maksimum (γ_d max). Kualitas bahan berkaitan dengan kekasaran butiran dan kekuatan bahan. Dikarenakan kenaikan volume kering maksimum (γ_d max) mengakibatkan tanah menjadi lebih padat sehingga kemampuan menahan beban dari tanah tersebut lebih tinggi dan nilai CBR semakin meningkat. Selain itu mineral keramik berfungsi sebagai pengikat partikel tanah dan membentuk suatu ikatan baru yang lebih stabil dan kuat.

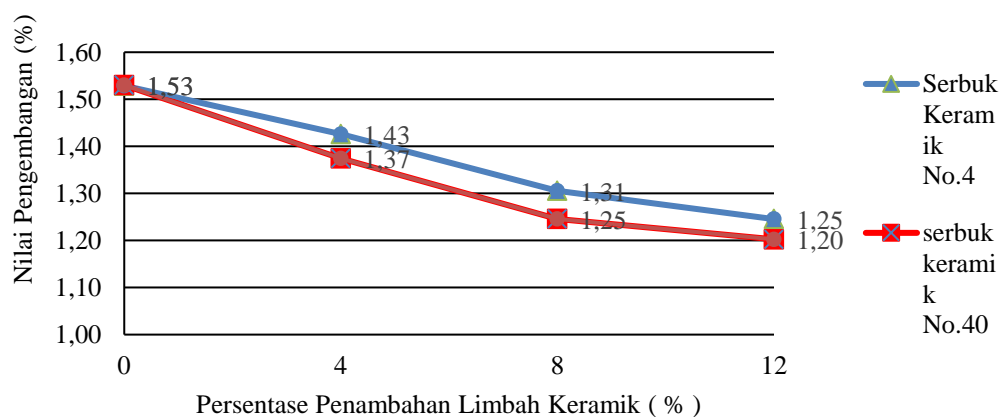
3.8.3 Nilai Pengembangan

Nilai pengembangan (swelling) pada tanah dipengaruhi oleh nilai berat volume kering maksimum (γ_d max) dan nilai CBR. Semakin besar nilai CBR dan nilai berat volume kering maksimum (γ_d max), nilai pengembangan (swelling) semakin kecil. Hal ini terjadi karena kondisi tanah yang semakin padat sehingga tanah mudah mengembang. Hasil uji pengembangan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5 Hasil Uji Pengembangan / *Swelling*

No	Sampel Tanah		Nilai <i>Swelling</i> (%)
1	Tanah Asli		1,53
2	Lolos	Tanah Asli + 4% Limbah Keramik	1,43
3	Saringan	Tanah Asli + 8% Limbah Keramik	1,31
4	Nomor 4	Tanah Asli + 12% Limbah Keramik	1,25
5	Lolos	Tanah Asli + 4% Limbah Keramik	1,37
6	Saringan	Tanah Asli + 8% Limbah Keramik	1,25
7	Nomor 40	Tanah Asli + 12% Limbah Keramik	1,20

Hubungan antara nilai pengembangan dengan persentase penambahan limbah keramik lolos saringan No.4 dan No.40 dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 8. Hubungan Antara Nilai Pengembangan / *Swelling* dengan Persentase Penambahan Limbah Keramik

Berdasarkan Grafik 8. dapat dilihat bahwa dengan adanya penambahan persentase limbah keramik pada tanah menyebabkan turunnya nilai pengembangan / swelling. Penurunan ini diakibatkan oleh naiknya nilai volume berat kering maksimum (γ_d max) dan nilai CBR yang menyebabkan tanah semakin padat dan nilai pengembangan /swelling mengalami penurunan.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium dan analisis data percobaan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut : Hasil pengujian sifat fisis diperoleh nilai kadar air tanah asli 5,07%, nilai kadar air tertinggi pada penambahan limbah keramik 4% No.4 sebesar 4,98%, sedangkan nilai kadar air terendah terdapat pada penambahan limbah keramik 12% No.40 sebesar 4,52%. Berat jenis tanah asli 2,703%, nilai berat jenis terendah pada penambahan limbah keramik 4% No.4 sebesar 2,705%, tertinggi pada penambahan limbah keramik 12% No.40 sebesar 2,740%. Batas cair (LL) = 42,52%, batas plastis (PL) = 16,78%, batas susut (SL) = 15,97%, indeks plastisitas (PI) = 25,74%. Klasifikasi tanah menurut AASTHO tanah

asli termasuk dalam A-7-6, sedangkan penambahan limbah keramik 4%, 8%, 12% No.4 dan No.40 terhadap tanah asli termasuk kedalam kelompok A-6. Sedangkan menurut USCS tanah asli dan tanah campuran limbah keramik 4%, 8%, dan 12% lolos saringan No.4 dan No.40 termasuk dalam spesifikasi CL, dengan jenis tanah lempung anorganik dengan plastisitas rendah.

Hasil pengujian sifat mekanis uji Standard Proctor tanah asli diperoleh γ_{dmax} sebesar 1,380 gr/cm³ dan ω_{opt} 25,12%. Hasil pengujian CBR Soaked tanah asli 2,69 %. Nilai CBR tanah campuran terendah terjadi pada penambahan 4% no 4 limbah keramik sebesar 3,16% sedangkan nilai terbesarnya terdapat pada penambahan 12% no 40 limbah keramik sebesar 3,67%. Nilai pengembangan (swelling) tanah asli 1,53%. Untuk nilai pengembangan (swelling) terendah terjadi pada penambahan 12% no 40 limbah keramik sebesar 1,20 % sedangkan nilai terbesarnya terdapat pada penambahan 4% no 4 limbah keramik sebesar 1,43 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Anasthasia Irawati Ng, Aniek Prihatiningsih. 2018. *Penggunaan White Portland Cement Dan Portland Composite Cement Terhadap Kekuatan Tanah Ekspansif Dengan Unconfined Compression Test*. Jurnal Mitra Teknik Sipil. Universitas Tarumanegara. Jakarta
- Bahriansyah, M dan Qunik Wiqoyah, 2017. Tinjauan Penurunan Konsolidasi Tanah Lempung Bayat, Klaten Yang Distabilisasi dengan Tras. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Anggita, M.G., Ernawan, S., dan Sunarto. 2018. *Pengaruh Penggunaan Bahan Serbuk Marmer Pada Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif*. <http://ejournal.umm.ac.id/index.php/jmts/article/view/6245>: Volume 16, Nomor 2
- Hardiyatmo, H.C. 2019. *Mekanika Tanah I . Edisi ke 6*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. Das, B.M. 1995
- Hossain, Md. A., Afride, Md. R., dan Nayem, N. H., 2019. *Improvement of Strength and Consolidation Properties of Clayey Soil Using Ceramic Dust*. American Journal of Civil Engineering. Volume 7, No. 2.
- Irma, S. dan Fitri, K. 2016. *Penggunaan Limbah Keramik Dan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Rawa*. Jurnal Forum Mekanika: Vol.5 No.2 November 2016: ISSN : 2356-1491
- Lien, D.Y.N. 2021. *Pengaruh Penggunaan Serbuk Limbah Keramik Sebagai Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Kuat Geser*. Teknik Sipil. Universitas Sriwijaya

- Listyawan, A.B dkk. (2017). *Mekanika Tanah dan Rekayasa Pondasi*. Surakarta: Muhammadiyah University Press. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Mochtar, Indrasurya B., 1994. *Rekayasa Penanggulangan Masalah Pembangunan Tanah-tanah yang Sulit*. Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS.
- Pambudi, Arianto Dinar. 2017. *Pengaruh Stabilisasi Tanah Menggunakan Mill Terhadap Penurunan Konsolidasi Lempung*. Tugas Akhir, S1 Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Poernomo, Y.C.S., Febrianita, O., dan Ridwan, A. 2020. *Penelitian Beton Dengan Penambahan Abu Sekam Padi Dan Limbah Keramik Sebagai Substitusi Semen*. JURMATEKS : Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil. Volume 3 Nomor 2 Tahun 2020: ISSN 2621-7686
- Putri, T.D. 2021. *Pengaruh Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Serbuk Limbah Keramik Terhadap Nilai Cbr Unsoaked*. Tugas Akhir, Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya.
- Sir, T.M.W., dkk. 2019. *Stabilisasi Tanah Lempung Desa Niukbaun Dengan Menggunakan Campuran Tanah Kapur dan Semen*. Jurnal Teknik Sipil Vol.VIII, No.2. Setyowati A, Srie Gunanti. 2014. *Daya Dukung Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Spent Catayst RCC 15 Dan Kapur*. Universitas Islam 45 Bekasi. Bekasi.
- Sulik Anam, Sudjati, Agata Iwan C, Sumargono, Budi Winarno, Ki Catur Budi S. 2020. *Pengaruh Porositas Terhadap Kuat Tekan Bebas Dari Stabilisasi Tanah Dengan Kapur*. Jurnal Civilla. Universitas Kediri. Kediri
- Vitara, R.I., Renaningsih, dan Agus, S. 2020. *Limbah Slag Baja Sebagai Bahan Campur Tanah Lempung Bayatklaten Ditinjau Terhadap Penurunan Konsolidasi*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil. Universitas Muhammadiyah Surakarta: ISSN: 2459-9727