

**STABILISASI SWELLING TIGA DIMENSI (3D) TANAH LEMPUNG EKSPANSIF
DENGAN LIMBAH INDUSTRI KERAJINAN KERAMIK****Jotam Antonio Correia^{1*}, Agus Tugas Sudjianto², Riman³**^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang*Email Korespondensi: jotamcorreia07@gmail.com**ABSTRAK**

Tanah merupakan salah satu aspek penting dalam kehidupan manusia. Tanah sendiri sering menimbulkan dampak buruk terutama di bidang teknik sipil, seperti kadar air tanah yang tinggi yang diakibatkan oleh sifat-sifat tanah yang buruk, kompresibilitas atau tekanan yang besar dan daya dukung yang rendah. Sebagian dari jenis tanah yang memiliki sifat buruk tersebut adalah tanah yang mudah mengalami kembang susut besar (Sudjianto, 2012). Beberapa jenis tanah yang memiliki potensi kembang susut besar adalah tanah yang dapat mengalami perubahan volume secara signifikan seiring dengan perubahan kadar airnya. Tanah lempung merupakan tanah yang banyak mengandung mineral-mineral dengan potensi kembang tinggi yang sering disebut tanah lempung ekspansif. Tanah ini memiliki sifat mudah mengembang jika terkena air sehingga menyebabkan penurunan nilai kekuatan tanah. Ini bisa diatasi dengan menstabilkan tanah. Untuk stabilisasi tanah adalah dari limbah industri kerajinan keramik. Penelitian ini bertujuan untuk menguji bahan alternatif untuk menstabilkan tanah lempung ekspansif. Yakni menggunakan limbah industri kerajinan keramik, sehingga hasil yang diperoleh dari uji fisik tanah berupa nilai IP tanah asli sebesar 48,73% dapat diturunkan menjadi 27,46. Pada pengujian sifat mekanik tanah didapatkan nilai *unconfined* meningkat dari 1.287 kg/cm² menjadi 1.689 kg/cm², dan hasil uji swelling 3D menunjukkan nilai perkembangan tanah asli Jombang sebesar 95% yaitu kemudian setelah distabilisasikan nilai swelling terendah pada komposisi hari kedua yaitu 15% dan 20%. Sehingga nilai komposisi campuran optimum untuk tanah asli dan bahan stabilisasi adalah 9,6%.

Kata kunci : Stabilisasi swelling (3D), Tanah Lempung Ekspansif, Limbah Industri Keramik**ABSTRACT**

Soil is one of the important aspects of human life. Soil it self often causes bad impacts, especially in the field of civil engineering, such as high ground water content caused by poor soil properties, high compressibility or pressure and low bearing capacity. Some of the types of soil that have bad properties are soil that is prone to large shrinkage (Sudjianto, 2012). Some types of soil that have the potential for large swelling and shrinkage are soil that can experience significant volume changes along with changes in water content. Clay soil is a soil that contains many minerals with a high potential for swelling which is often called expansive clay. This soil has an easy character to expand when exposed to water, which causes a decrease in the value of soil strength. This can be overcome by stabilizing the soil. For soil stabilization is from the ceramic handicraft industry waste. This study to test alternative materials to stabilize expansive clay soils. The using ceramic handicraft industry waste, so that the results obtained from the physical soil test in the form of the original soil IP value of 48.73% can be reduced to 27.46. , and the results of the 3D swelling test showed the development value of the original Jombang soil by 95%, that is, after being stabilized the lowest swelling value was on the composition of the second day, namely 15% and 20%. So that the optimum mixture composition value for the original soil and stabilization material is 9.6%.

.Keywords : : Swelling Stabilization (3D), Expansive Clay Soil, Ceramic Waste

1. PENDAHULUAN

Penelitian tentang tanah sangat dibutuhkan untuk menjamin stabilitas bangunan karena kekuatan struktur secara langsung akan dipengaruhi oleh kemampuan tanah dasar atau pondasi setempat dalam menerima dan meneruskan beban yang bekerja. Tanah lempung merupakan salah satu jenis tanah yang sangat dipengaruhi oleh kadar air dan mempunyai sifat cukup kompleks. Kadar air mempengaruhi sifat kembang susut dan kohesinya. Tanah lempung yang memiliki fluktuasi kembangsusut tinggi disebut tanah lempung ekspansif. Tanah ekspansif ini sering menimbulkan kerusakan pada bangunan seperti retaknya dinding, terangkatnya pondasi, jalan bergelombang dan sebagainya.[1]–[4]

Di Indonesia, ditinjau dari kejadian tanahnya hampir 65% tanah yang ada di Indonesia merupakan tanah laterit, tanah ini merupakan tanah ekspansif yang mempunyai kembang susut yang besar. Tanah ekspansif hampir terdapat di Indonesia, mulai dari Nangroe Aceh Darussalam (NAD) sampai ke Papua.[5], [6]. Penelitian tentang tanah lempung ekspansif sudah banyak dilakukan, akan tetapi penelitian terbuka luas terutama usaha perbaikan sifat kembang susut dengan bahan tambahan dikaitkan dengan pengukuran tekanan pengembangan secara langsung. Dalam penelitian ini dilakukan, usaha stabilisasi kimiawi lempung dengan penambahan limbah Industri kerajinan keramik sebagai stabilisasi untuk mengurangi tekanan pengembangan tanah lempung ekspansif.[7], [8]

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel [9], [10]. Jalan raya adalah jalur tanah di atas permukaan bumi yang dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran - ukuran dan jenis konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang dari suatu tempat ke tempat lainnya dengan mudah dan cepat.[11], [12]

2.2 Mekanisme Kembang Tiga Dimensi (*Volumetric Swelling*)

Mekanisme kembang pada tanah ekspansif di lapangan terjadi pada tiga dimensi atau yang dikenal dengan kembang volumetrik.[13], [14] menyatakan bahwa tipe pengembangan tanah ketika tanah dalam keadaan kering menjadi basah, sepanjang tahap awal tanah akan mengalami ekspansif volumetrik tiga dimensi (*three dimensional (3-D) volumetric expansions*) karena tanah lempung kering mengalami retak-retak yang masih terbuka pada tahap selanjutnya, setelah retak-retak pada tanah lempung tertutup akibat pembasahan atau meningkatnya kadar air dalam tanah lempung maka ekspansi volumetrik tanah lempung hanya satu dimensi, menyebabkan naiknya permukaan tanah lempung.[15]–[18]

2.3 Limbah Industri kerajinan Keramik

Limbah Bahan Industri Keramik merupakan suatu bahan sisa yang terbuang atau dibuang dari suatu proses hasil produksi yang tidak memiliki nilai ekonomi. Agar limbah tersebut dapat memiliki nilai ekonomi maka limbah tersebut harus dimanfaatkan atau diolah kembali menjadi bahan yang lebih berguna yaitu dengan cara diolah kembali menjadi bahan additiver dalam suatu proses stabilisasi. Stabilisasi dilakukan dengan cara memadukan Limbah Bahan Industri Keramik dengan tanah pada komposisi perbandingan tertentu dengan mengurangi komposisi tanah dalam campurannya. Komposisi campuran yang digunakan sebesar 0%, 3%, 5%, 7%, 12% dan 15%. Keramik mempunyai sifat rapuh, tahan korosi, keras dan kaku. Sifat bahan keramik ini bergantung pada ikatan kimianya. Ikatan kovalen memberi sifat dapat mengarahkan kepada

kualitas kristal dan strukturnya lebih rumit dari ikatan logam atau ion, dimana struktur kristalnya digambarkan seperti bola-bola yang tersusun rapat, ikatan kovalennya sangat kuat sehingga kristalnya bersifat kuat dan mempunyai titik leleh yang tinggi serta sifat isolator yang baik[19], [20]. Keramik secara umum mempunyai kualitas tekan lebih baik dibandingkan kualitas tariknya. Pada prinsipnya keramik terbagi atas keramik tradisional, keramik halus dan biokeramik. Keramik tradisional yaitu keramik yang terbuat dari bahan alam seperti kaolin, feldspar, clay, kuarsa. Yang termasuk keramik ini adalah barang pecah belah (*dinnerware*), keperluan rumah tangga (*tile bricks*) dan untuk industri (*refractory*). Keramik halus (*fine ceramic*) atau keramik modern biasanya disebut keramik teknik, *advanced ceramic*, *engineering ceramic*, *technical ceramic* adalah keramik yang dibuat dengan menggunakan oksida-oksida logam atau logam, seperti: oksida logam (SiO_2 , Al_2O_3 , ZrO_2 Bio-Keramik adalah produk yang terbuat dari berbagai jenis keramik yang dicampur dengan oksida mineral seperti silika, aluminium oksida, dan sebagainya. Campuran material ini akan memancarkan FIR (*far infrared rays*). Bio-Keramik dibuat dari 26 jenis keramik dengan beberapa mineral oksida dan dipanaskan bersama pada suhu 1600 , MgO , dll).



Gambar 1. Proses Pengambilan Limbah Keramik

2.4 Stabilisasi Tanah

Dalam suatu pekerjaan konstruksi, tanah mendapat posisi yang sangat penting. Kebanyakan problem tanah dalam bidang teknik adalah tanah lempung yang merupakan tanah kohesif. Tanah kohesif ini didefinisikan sebagai kumpulan dari partikel yang mempunyai tingkat sensitifitas tinggi terdapat perubahan kadar air sehingga perilaku tanah sangat tergantung pada komposisi mineral, unsur kimia, tekstur dan partikel, serta pengaruh lingkungan sekitarnya.

Stabilisasi adalah suatu cara yang digunakan untuk mengubah atau memperbaiki sifat tanah dasar sehingga diharapkan tanah dasar tersebut mutuhnya dapat lebih baik. Hal tersebut dimaksudkan juga untuk dapat meningkatkan kemampuan tanah dasar terhadap konstruksi yang akan dibangun di atasnya.

Ada beberapa metode establisasi tanah yang biasanya digunakan dalam upaya memperbaiki mutu tanah dasar yang kurang baik mutunya. Metode tersebut antara lain yaitu stabilisasi mekanik. Stabilisasi mekanik ini dimaksudkan untuk mendapatkan tanah yang bergradasi baik (*sweel graded*) sehingga tanah dasar tersebut dapat memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Stabilisasi dengan cara mekanik ini biasanya dilakukan dengan cara mencampur berbagai jenis tanah, namun yang perlu diingat adalah tanah yang diambil untuk campuran haruslah yang lokasinya berdekatan sehingga ekonomis. Gradasi dari campuran tanah tersebut harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Sedangkan metode stabilisasi tanah yang biasa juga dilakukan menambahkan (*stabilizing agent*) pada tanah dasar yang akan ditingkatkan mutunya. *Stabilizing agent* ini antara lain Portland cement (PC), lime, bitumen, Limbah Industri keramik dan lain-lain. Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan beberapa cara pemadatan dan pemampatan di lapangan, perbaikan dengan cara perkuatan yaitu dengan pemasangan bahan lain pada lapisan tanah (seperti geotekstil), perbaikan permukaan tanah dengan menggunakan drainase, pencampuran lapisan dalam dan dengan cara penurunan air tanah yaitu dilakukan dengan cara menurunkan air tanah dengan pemompaan.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Pengambilan Material Penelitian

Pengambilan sampel tanah lempung ekspansif, diambil secara langsung di Kabupaten Jombang Jawa Timur. Dalam keadaan asli (*undisturbed*) maupun terganggu (*disturbed*), contoh pengambilan sampel ini seperti dilihat pada peta lokasi Gambar 2 dan 3. Ditentukannya daerah ini, karena dampak kerusakan konstruksi jalan raya dan bangunan akibat tanah lempung ekspansif sangat dirasakan oleh masyarakat dan pengguna jalan yang melintas di Kabupaten Jombang Jawa Timur.



Gambar 2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel.

Pengambilan sampel Limbah Kerajinan Keramik diambil dari Pabrik Kerajinan Keramik Dinoyo, Kelurahan Dinoyo, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang.

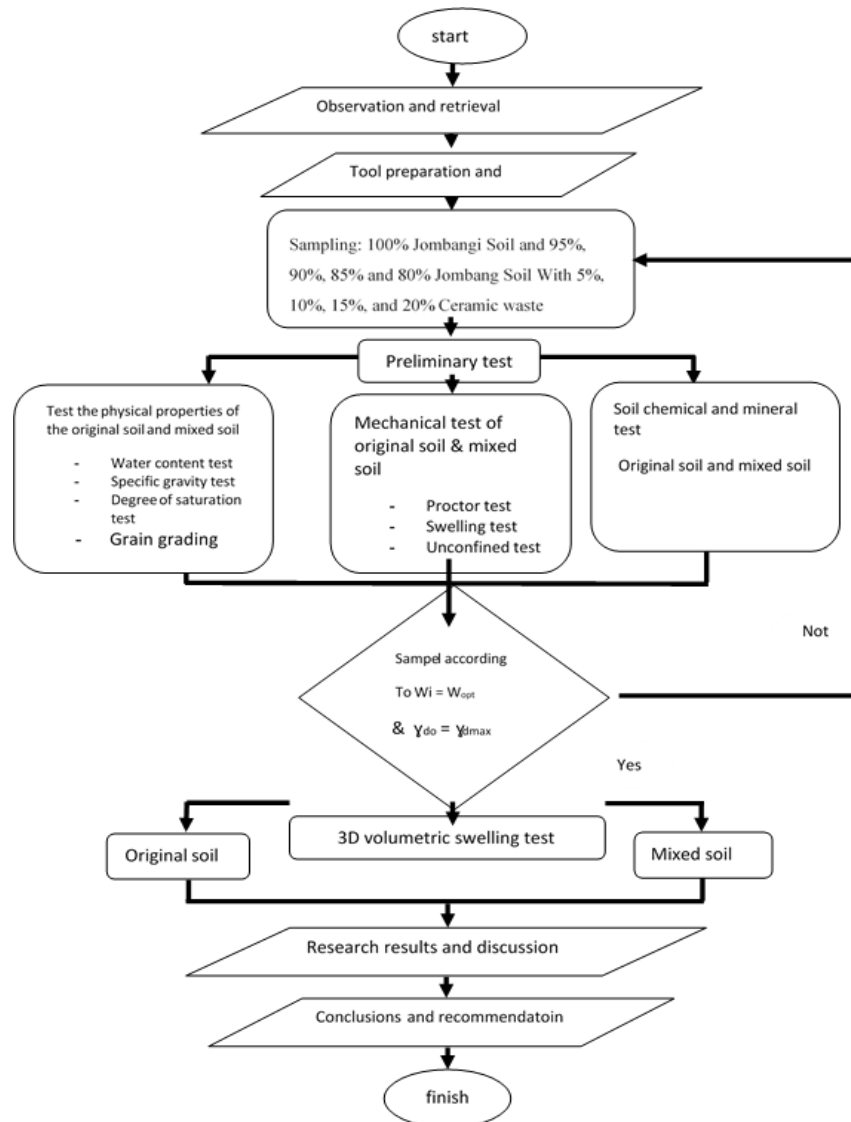


Gambar 3. Pengambilan Sampel Limbah Industri Kerajinan Keramik

3.2. Persiapan Bahan dan Peralatan Uji di Laboratorium

Mempersiapkan peralatan maupun sampel untuk uji pendahuluan maupun uji utama di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang. Spesifikasi benda uji tanah lempung ekspansif kabupaten jombang adalah tanah asli (*undisturbed*) dan tanah terganggu (*disturbed*). Untuk mencampur tanah adalah tanah lempung ekspansif ditambahkan limbah keramik selanjutnya dibuat benda uji dengan komposisi campuran adalah : tanah lempung 95% + 5 % limbah Industri Keramik, tanah lempung 90 % + 10% limbah Industri Keramik, tanah lempung 85% + 15% limbah Industri Keramik, dan tanah lempung 80% + 20% limbah Industri Keramik, dengan cetakan standar menggunakan alat proctor, akan diuji terhadap kembang, contoh tanah tersebut lolos ayakan nomor 40 (4,25mm).

3.3. Tahapan Penelitian



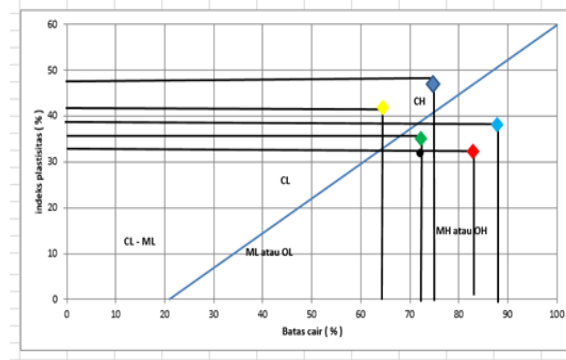
Gambar 4. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Klasifikasi Potensi Kembang

Dari data hasil pengujian properties tanah lempung ekspansif kabupaten Jombang (Jawa Timur) dalam gambar 4.1 yang menggambarkan karakteristik kondisi tanah asli maka ditentukan klasifikasi kembang menurut cara Casagrande. Klasifikasi tanah sistem Casagrande yang didasarkan pada grafik hubungan antara indeks plastisitas (IP) dan batas cair (LL). Hasil analisis ini dapat dilihat pada Gambar 4.51. Tanah lempung ekspansif Kedunggalar dengan nilai indeks plastisitas (IP) 48.73% dan nilai batas cair 88.19%, mempunyai tingkat kembang (*extra high*) dengan notasi CE. Dan tanah campuran pertama yaitu tanah lempung ekspansif 95% + Limbah Keramik 5% dengan nilai indeks plastisitas (IP) 49.46% dan nilai batas cair (LL) 83.80% yang mempunyai tingkat kembang (*very high*) dengan notasi CV, tanah campuran kedua yaitu tanah lempung ekspansif 90% + Limbah Keramik 10% dengan nilai indeks plastisitas (PI) 35.95% dan nilai batas cair (LL) 72.62% yang mempunyai tingkat kembang (*very high*) dengan notasi CV, tanah campuran ketiga yaitu tanah lempung ekspansif 85% + Limbah Keramik 15% dengan nilai indeks plastisitas (IP) 27.46% dan nilai batas cair (LL) 75.19% yang mempunya tingkat kembang

(*high*) dengan notasi CH, tanah campuran keempat yaitu tanah ekspansif 80 % + Limbah Keramik 20% dengan nilai indeks plastis (IP) 32.35% dan nilai batas cair (LL) 64.02% yang mempunyai tingkat kembang (*very high*) dengan notasi CV.



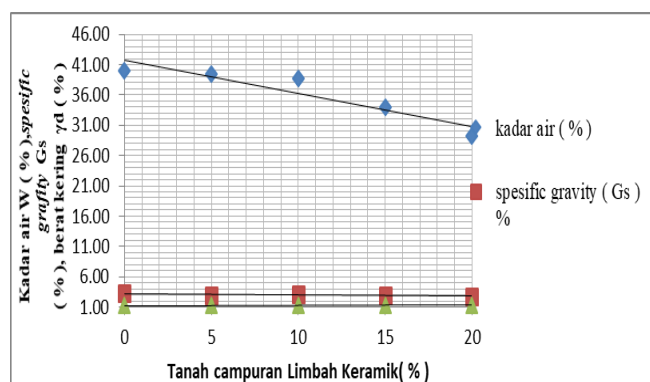
Gambar 4. Klasifikasi sistem tanah Casagrande (Sahu 2000)

4.2. Hasil Uji Kadar Air, Specific Gravity, dan Berat Kering Tanah Asli dan Tanah Campuran.

Hasil pengujian kadar air, *specific gravity* (G_s) dan berat kering (γ_d) terhadap tanah asli dengan persentase kadar air sebesar 58.05%, *specific gravity* sebesar 2.64% dan berat kering sebesar 1.17%. Setelah tanah lempung di stabilisasikan dengan 5%.

Tabel 1. Hasil pengujian kadar air (W), *specific gravity* (G_s), dan berat jenis (γ_d)

perlakuan	kadar air (%)	<i>specific gravity</i> (G_s) %	berat kering (γ_d)
Tanah asli	40	3.22	1.24
Tanah asli 95 % + 5 % Limbah Industri Keramik	39.52	2.95	1.27
Tanah asli 90 % + 10 % Limbah Industri Keramik	38.75	3.15	1.29
Tanah asli 85 % + 15 % Limbah Industri Keramik	33.93	2.87	1.30
Tanah asli 80 % + 20 % Limbah Industri Keramik	29.17	2.72	1.32



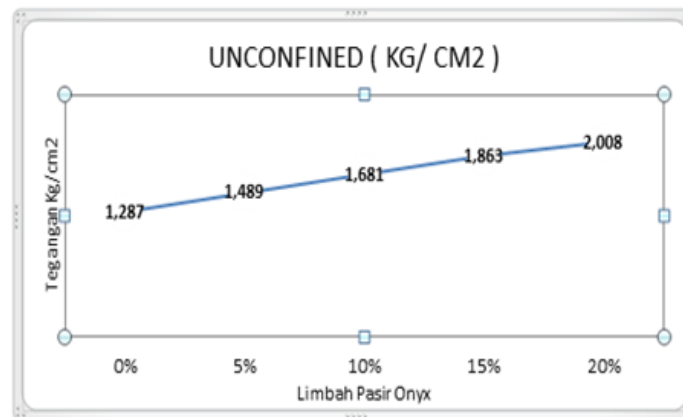
Gambar 5. Hubungan kadar air (w), *specific gravity* (G_s), dan berat kering (γ_d)

Dari Tabel dan Grafik diatas disimpulkan bahwa persentase kadar air tanah asli 40% dari pengujian variasi campuran ini dapat menurunkan nilai kadar air tanah lempung ekspansif Kabupaten Jombang. Dimana pengujian pertama, jika tanah asli dicampur dengan 5% Limbah Industri keramik mampu menurunkan kadar air tanah asli tersebut menjadi 39.52%, pengujian kedua tanah asli dicampur dengan 10% Limbah Industri keramik mampu menurunkan kadar air tanah asli tersebut menjadi 38.75%, pengujian ketiga tanah asli dicampur 15% Limbah Industri keramik mampu menurunkan kadar air tanah asli tersebut menjadi 33.93% dan campuran keempat tanah asli dicampur 20 % Limbah Industri keramik mampu menurunkan kadar air tanah asli sebesar 29.17%. Dan persentase *specific gravity* tanah asli 3.22% , dimana campuran pertama tanah asli dicampur dengan 5% Limbah Industri keramik mampu menaikkan *specific gravity* tanah asli sebesar 2.95%, campuran kedua tanah asli dicampur dengan 10% Limba Industri keramik mampu menaikkan *specific gravity* tanah asli sebesar 3.15%, campuran ketiga tanah asli dicampur 15% Limbah Industri keramik mampu menaikkan *specific gravity* tanah asli sebesar 2.87%, dan campuran keempat tanah asli dicampur dengan 20% Limbah Industri keramik mampu menaikkan *specific gravity* sebesar 2.72%. Dan persentase berat kering tanah asli 1.24% dimana campuran pertama tanah asli dicampur dengan 5% Limbah Industri keramik nyx mampu menaikkan berat kering tanah asli menjadi 1.27%, campuran kedua tanah asli dicampur 10% Limbah Industri keramik mampu menaikkan berat kering tanah asli menjadi 1.29%, campuran ketiga dimana tanah asli dicampur 15% Limbah Industri keramik mampu menaikkan berat kering tanah asli menjadi 1.30%, dan campuran keempat dimana tanah asli dicampur dengan 20 Limbah Industri keramik mampu menaikkan berat kering tanah asli sebesar 1.32%.

4.3. Pengaruh penambahan Limbah Industri keramik terhadap kandungan mineral dan kimia

Selain ditinjau dari uji properties tanah maka potensi kembang tanah ekspansif juga bisa dilihat dari persentase kandungan kimia yang terkandung didalamnya, dengan kandungan kimia yang menyebabkan terjadinya kembang tanah ekspansif yaitu unsur SiO_2 dengan potensi kembang 33.42% untuk tanah asli. Pada tanah campuran yaitu tanah asli dicampur 5% Limba Industri keramik unsur SiO_2 menjadi 35.21%, penambahan Limbah Industri keramik 10% terhadap tanah asli unsur SiO_2 menjadi 38.52%, penambahan Limbah Industri keramik 15% terhadap tanah asli unsur SiO_2 menjadi 41.24%, dan penambahan Limbah Industri keramik 20% terhadap tanah asli unsur SiO_2 kimia menjadi 43.86 %. Hasil uji mineral tanah lempung ekspansif Kabupaten Jombang menunjukkan bahwa mineral *monmorillonite* merupakan mineral utama penyebab kembangnya tanah lempung ekspansif yang mempunyai kandungan sebesar 46365% dibandingkan dengan mineral lain. Setelah tanah lempung ekspansif distabilisasikan dengan 5% Limbah Industri keramik menunjukkan persentase mineral *montmorillinite* menjadi 41.21 %, penambahan 10% Limbah Industri keramik menunjukkan persentase mineral *monmorillinite* menjadi 39.54%, penambahan 15% Limbah Industri keramik menunjukkan mineral *monmorillinite* menjadi 37,32 %, penambahan 20% Limbah Industri keramik menunjukkan mineral *monmorillinite* menjadi 33.92%. Dari hasil uji mineral terhadap tanah lempung eskpansif dan tanah campuran menunjukkan perubahan dimana semakin besar bahan stabilisasi maka semakin kecil nilai potensi kembang.

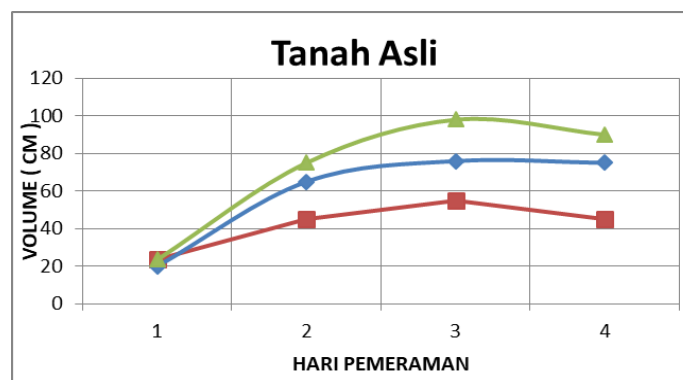
4.4. Hasil Pengujian Sifat Mekanis Dan Analisis Tanah Ekspansif Asli Dan Campuran Limba Industri keramik



Gambar 6. Grafik Tegangan Unconfined Tanah Asli + 5%,10%,15% dan 20% Limbah Keramik

Dari grafik hasil pengujian *unconfined* tanah asli dan campuran limbah industri keramik diatas menunjukkan bahwa tegangan tanah yang terjadi semakin menurun seiring dengan penambahan bahan stabilisasi. Untuk tanah asli jombang memiliki nilai 1,287 kg/cm², kemudian tanah asli dicampur limbah industri keramik sebanyak 5% dan nilai tegangan tanah bertambah menjadi 1,489 kg/cm². Lalu untuk komposisi 10% tanah asli dan campuran nilai tegangan tanah kembali bertambah menjadi 1,681 kg/cm². Kemudian pada komposisi tanah campuran 15% nilai tegangan tanah juga semakin bertambah menjadi 1,863 kg/cm². Dan pada komposisi campuran terakhir sebesar 20% tegangan tanah bertambah menjadi 2,008 kg/cm².

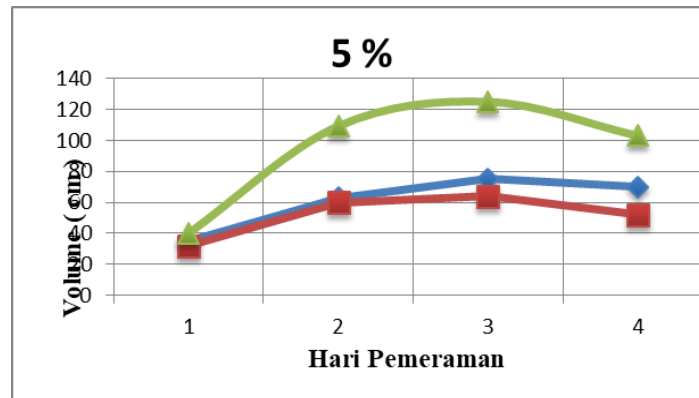
4.5. Pengujian Kembang Susut Tanah (Swelling 3D)



Gambar 7. Grafik pengujian swelling tanah asli Kabupaten Jombang

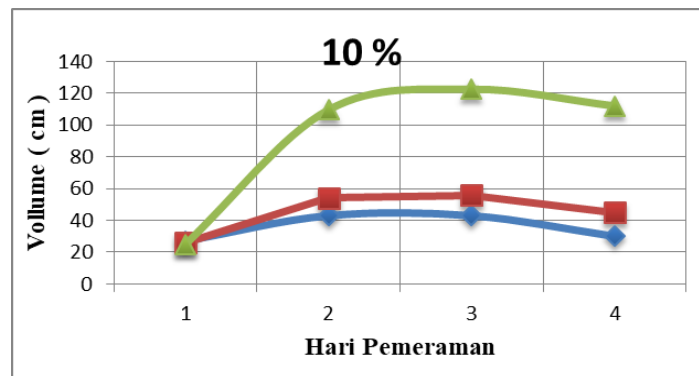
Dari hasil pengujian swelling 3D pada tanah asli Jombang atau 0% pada hari pertama diameter 0% lalu pada hari kedua pengembangan diameter bertambah menjadi 3,1% hari ketiga pengembangan sebesar 6,1% dan hari ke empat pengembangan sebesar dengan hari ketiga atau 0%. Untuk nilai benda uji tinggi benda uji pada hari pertama didapat nilai 0% lalu pada hari kedua pengembangan sebesar 6,1% hari ketiga pengembangan bertambah menjadi 5,7% dan untuk hari keempat pengembangan tinggi 0%. Lalu untuk data pengujian nilai volume swelling benda uji pada hari pertama didapat persentase pengembangan 0% lalu pada hari kedua volume pengembangan benda uji bertambah dari 0% jadi 12,8% lalu pada hari ketiga pengembangan

volume mengalami penambahan sebesar 18,3%, dan untuk hari keempat pengujian benda uji volume swelling sudah tdk mengembang volume swelling atau 0%.



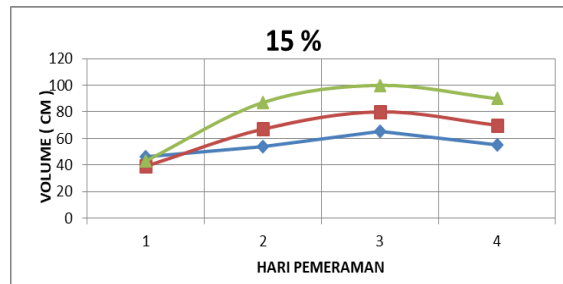
Gambar 8. Grafik pengujian swelling tanah asli dan tambahan Limbah Industri Keramik 5%

Dari hasil pengujian swelling 3D pada tanah asli Jombang dengan campuran Limbah Industri Keramik 5% pada hari pertama diameter 0% lalu pada hari kedua pengembangan diameter bertambah menjadi 3% hari ketiga pengembangan sebesar 5,9% dan hari keempat pengembangan sebesar dengan hari ketiga atau 0%. Untuk nilai benda uji tinggi benda uji pada hari pertama didapat nilai 0% lalu pada hari kedua pengembangan sebesar 2,9% hari ketiga pengembangan bertambah menjadi 2,9% dan untuk hari keempat pengembangan tinggi 0%. Lalu untuk data pengujian nilai volume swelling benda uji pada hari pertama didapat persentase pengembangan 0% lalu pada hari kedua volume pengembangan benda uji bertambah dari 0% jadi 9,3% lalu pada hari ketiga pengembangan volume mengalami penambahan sebesar 15,3%, dan untuk hari keempat pengujian benda uji volume swelling sudah tdk pengembang volume swelling atau 0%.



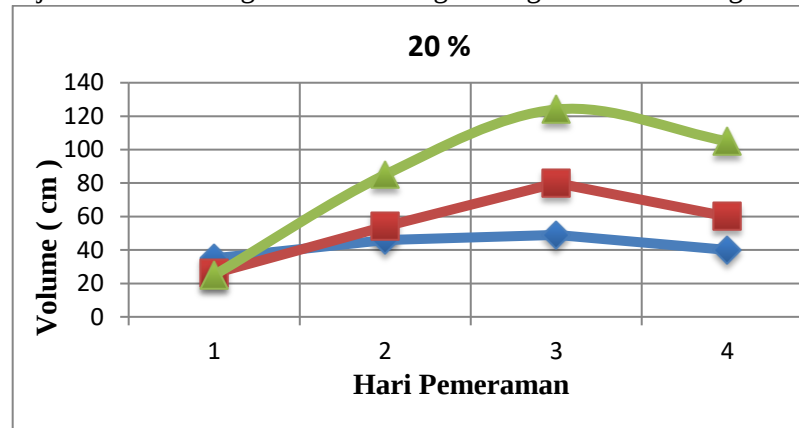
Gambar 9. Grafik pengujian swelling tanah asli dan tambahan Limbah Industri Keramik 10%

Dari hasil pengujian swelling 3D pada tanah asli Jombang dengan campuran Limbah Industri Keramik 10% pada hari pertama diameter 0% lalu pada hari kedua pengembangan diameter bertambah menjadi 3,0% hari ketiga pengembangan sebesar 3,0% dan hari keempat pengembangan sebesar dengan hari ketiga atau 3,0%. Untuk nilai benda uji tinggi benda uji pada hari pertama didapat nilai 0% lalu pada hari kedua pengembangan sebesar 3,0% hari ketiga pengembangan bertambah menjadi 2,9% dan untuk hari keempat pengembangan tinggi 0%. Lalu untuk data pengujian nilai volume swelling benda uji pada hari pertama didapat persentase pengembangan 0% lalu pada hari kedua volume pengembangan benda uji bertambah dari 0% jadi 9,6% lalu pada hari ketiga pengembangan volume mengalami penambahan sebesar 9,3%, dan untuk hari keempat pengujian benda uji volume swelling sudah tdk pengembang volume swelling.



Gambar 10. Grafik pengujian swelling tanah asli dan tambahan Limbah Industri Keramik 15%

Dari hasil pengujian swelling 3D pada tanah asli Jombang dengan campuran Limbah Industri Keramik 15% pada hari pertama diameter 0% lalu pada hari kedua pengembangan diameter bertambah menjadi 3,1% hari ketiga pengembangan sebesar 0%, Untuk nilai benda uji tinggi benda uji pada hari pertama didapat nilai 0 % lalu pada hari kedua pengembangan sebesar 3,0% hari ketiga pengembangan bertambah menjadi 0%. Lalu untuk data pengujian nilai volume swelling benda uji pada hari pertama didapat persentase pengembangan 0% lalu pada hari kedua volume pengembangan benda uji bertambah dari 0% jadi 9,6% lalu pada hari ke tiga pengujian benda uji volume swelling sudah tdk mengembang volume swelling.



Gambar 7. Grafik pengujian swelling tanah asli dan tambahan Limbah Industri Keramik 20%.

Dari hasil pengujian swelling 3D pada tanah asli Jombang dengan campuran limbah Industri Keramik 20% pada hari pertama diameter % lalu pada hari kedua pengembangan diameter bertambah menjadi 6,1% hari ketiga pengembangan sebesar 0%, Untuk nilai benda uji tinggi benda uji pada hari pertama didapat nilai 0% lalu pada hari kedua pengembangan sebesar 3,1% hari ketiga pengembangan bertambah menjadi 0%. Lalu untuk data pengujian nilai volume swelling benda uji pada hari pertama didapat persentase pengembangan 0% lalu pada hari kedua volume pengembangan benda uji bertambah jadi 16,4% lalu pada hari ketiga pengujian benda uji volume swelling sudah tidak mengembang volume swelling.

5. KESIMPULAN

Hasil Pengujian limbah industri kerajinan keramik sebagai bahan stabilisasi tanah lempung ekspansif menunjukan bahwa hasil sifat fisis dengan komposisi penambahan bahan stabilisasi 5%, 10%, 15%, 20% mengalami penurunan kadar air cukup konsisten. Untuk hasil pengujian hasil index plastis didapat nilai yang cukup bervariasi naik dan turun nilai IP untuk tanah asli Jombang adalah 48,73%, sedangkan untuk komposisi campuran 5% nilai IP mengalami kenaikan menjadi 49,46%, untuk komposisi campuran 10% nilai IP kembali mengalami penurunan menjadi 39,95%, sedangkan pada komposisi 15% tanah asli dan limbah keramik nilai indeks plastis

mengalami penurunan menjadi 27,46%, kemudian komposisi terakhir tanah asli dan campuran 20% limbah keramik didapat nilai IP kembali menurun menjadi 22,35%.

Hasil pengujian sifat mekanis untuk tanah asli Jombang dan campuran limbah industri kerajinan keramik didapat nilai persentase tegangan yang menurun pada tanah asli nilai tegangan tanah asli sebesar 1.287 kg/cm³, lalu komposisi tambahan bahan stabilisasi 5 % nilai tegangan tanah meningkat menjadi 1.487 kg/cm³, lalu pada campuran 10% nilai bertambah menjadi 1.689 kg/cm³, lalu pada campuran 15 % nilai kembali meningkat sebesar 1.863 kg/cm³, kemudian pada komposisi campuran terakhir atau 20% didapat nilai tegangan tanah sebesar 2.008 kg/cm³.

Dari hasil pengujian swelling 3D menunjukkan pengaruh bahan stabilisasi berupa limbah industri kerajinan keramik terhadap swelling (3D) ialah cukup bervariasi tetapi volume hari pengerasan semakin naik dari hari pertama sampai hari keempat, untuk tanah asli pengembangan diameter dan tinggi sampai hari ke empat, seperti pada komposisi 5% pengembangan berhenti sampai hari ke tiga. Untuk diameter 5,9% tinggi 2,9% dan volume 15,3%. Pada komposisi campuran 10 % pengembangan sampai hari ketiga untuk diameter 3,0%, tinggi 2,9 % dan volume 9,3 %. Pada komposisi campuran limbah keramik 15% pengembangan sampai hari ke dua untuk diameter 3,1 % ,tinggi 3,0% dan volume 9,6 %. Yang terakhir komposisi campuran 20% limbah industri keramik berhenti mengembang sampai hari ke dua dengan diameter 6,3 % tinggi 3,1 % dan volume 16,4 %.

Dari hasil pengujian stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan menggunakan Limbah industri kerajinan marmer didapat nilai komposisi optimum adalah berkisar dari 15% dan 20%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. T. Sudjianto, *Kajian Model Perilaku Swelling Pada Tanah Lempung Ekspansif Dengan Pola Dua Dimensi*. Yogyakarta, Indonesia: Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil I, Universitas Atmajaya, 2007.
- [2] H. Sinaga, "Pengaruh Kapur Terhadap Tingkat Kepadatan Dan Kuat Geser Tanah Ekspansif," Unika Soegijapranata., Semarang, 2014.
- [3] Renaningsih, A. Susanto, And A. Pramaisela Hapsari, "Analisis Perbandingan Kuat Dukung Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Campuran Kapur Dan Trass," *Prosiding Ceedrims*, 2021.
- [4] A. Tugas Sudjianto, "Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Garam Dapur (NaCl)".
- [5] A. T. Sudjianto, *Kajian Model Perilaku Swelling Tanah Lempung Ekspansif Dengan Pola Dua Dimensi*. Jogjakarta: Konferensi Nasional Teknik Sipil I, 2008.
- [6] I. Mochtar, "Rekayasa Penanggulangan Masalah Pembangunan Pada Tanah-Tanah Sulit," *Surabaya: Jurusan Teknik Sipil Ftsp Its*, 2002.
- [7] R. Abeng Rangaesa, Y. Zaika, And Suroso, "Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Kekuatan Dan Pengembangan (Swelling) Pada Tanah Lempung Ekspansif Bojonegoro".
- [8] Sutikno And B. Damianto, "Stabilisasi Tanah Ekspansif Dengan Penambahan Kapur (Lime): Aplikasi Pada Pekerjaan Timbunan".
- [9] Astm, *Annual Books Of Astm Standards Section 4 Volume 04.08 Soil And Rock (I)*, D420-D4914. Ed., Vol. 04.08. 2003.
- [10] Clay, "Journal Of The Soil Mechanics And Foundation Devision , Asce, Discussion," Vol. 88, No. Sm4.
- [11] R. D. Holtz And H. J. Gibbs, "Prediction On Swelling Potential For Compacted," 1956.
- [12] A. Rifa'i, "Mechanical Testing And Modelling Of An Unsaturated Silt With Engineering Application," *Epfl, Switzerland*, 2002.
- [13] D. Mayers, "Expansive Clays And Road Subgrade An Analysis," 2005.
- [14] S. Affandi, H. Setyawan, S. Winardi, And A. Purwanto, "A Facile Method For Production Of High-Purity Silica Xerogels From Bagasse Ash," *Science Direct*, Vol. 20, No. 5, 2009.

- [15] A. Tugas Sudjianto, "Kajian Model Perilaku Swelling Pada Tanahlempung Ekspansif Dengan Pola Dua Dimensi," *Konferensi Nasional Teknik Sipil I (Konteks I)*, Pp. 11–12, 2007.
- [16] R. Roseno Rahmadya, A. Rachmansyah, And Y. Zaika, "Pengaruh Penambahan Bahan Campuran (Dengan Slag Baja Dan Fly Ash) Pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Cbr Dan Swelling".
- [17] Y. Syaida Adha Putra, T. Ahmad Fauzan Syah, A. Inra, And T. Hadayono, "Soil Stability Using Cement Pcc In Lubuk Minturun Padang, Indonesia," *International Conference On Technicaland Vocation Education And Training*, 2017.
- [18] R. Prasetyo, "Pengaruh Penambahan Campuran Slag Baja Dan Fly Ash Pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Cbr Dan Swelling," Universitas Brawijaya, Malang, 2013.
- [19] F. H. Chen, "Foundation On Expansive Soils, 2nd Ed Amsterdam, Pp 463," *Elsevier Science Publications, New York.*, Vol. 7, No. 2, 2017.
- [20] A. William, Y. Oentardjo, D. Tjandra, And J. Suwono, "Pengaruh Kadar Kapur Dan Kepadatan Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung Ekspansif".