PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG TELUR PADA NILAI KUAT GESER TANAH LEMPUNG

Muhammad Naufal Siddiq, Anto Budi Listyawan
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Tanah merupakan satu bagian yang tidak dapat dipisahkan dalam perencanaan bangunan teknik sipil. Dalam pekerjaan teknik sipil tanah harus memiliki daya dukung yang cukup kuat untuk menopang konstruksi di atasnya. Setiap jenis tanah memiliki spesifikasi dan karakteristik masing-masing, sehingga memerlukan penanganan yang berbeda baik secara mekanis dan kimia. Dari berbagai jenis tanah, tanah lempung merupakan salah satu yang ada di Indonesia. Tanah lempung mempunyai sifat plastisitas yang tinggi dan kohesif sehingga jika digunakan untuk suatu pekerjaan konstruksi harus diberi perlakuan khusus terlebih dahulu baru bisa digunakan untuk suatu pekerjaan konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk melihat bagaimana tanah lempung di daerah Tanon, Kabupaten Sragen berubah sebelum dan sesudah penambahan serbuk cangkang telur. Variasi penambahan serbuk cangkang telur yang dilakukan yaitu sebesar 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Hasil uji fisis tanah asli didaptkan kadar air 8,18%, berat jenis 2,667, batas cair 86,44%, batas plastis 32,63%, batas susut 27,26%, indeks plastisitas 53,81%, dan lolos saringan no.200 sebesar 67,00%. Sedangkan hasil uji mekanis tanah asli didapatkan kadar air optimum 28,20%, berat volume kering 1,45 gr/cm3 dann nilai CBR sebesar 3,95%. Didapat hasil nilai DST didapatkan nilai kohesi dan sudut gesek dalam. Untuk nilai kohesi tanah asli didaptakan 0,152 kg/cm^2. Kemudian nilai sudut gesek dalam yaitu sebesar 24,52^0.

.

Katakunci : daya dukung, DST, lempung, serbuk cangkang telur,

Abstract

Soil is an inseparable part in civil engineering building planning. In civil engineering work, the soil must have a bearing capacity strong enough to support the construction on it. Each type of soil has its own specifications and characteristics, so it requires different handling both mechanically and chemically. Of the various types of soil, clay soil is one that exists in Indonesia. Clay soil has high plasticity and cohesive properties so that if it is used for construction work it must be given special treatment first before it can be used for construction work. This research aims to see how clay soil in the Tanon area, Sragen Regency changes before and after adding eggshell powder. The variations in adding egg shell powder were 2.5%, 5%, 7.5% and 10%. The physical test results of the original soil showed a water content of 8.18%, a specific gravity of 2.667, a liquid limit of 86.44%, a plastic limit of 32.63%, a shrinkage limit of 27.26%, a plasticity index of 53.81%, and it passed sieve no. 200 is 67.00%. Meanwhile, the mechanical test results of the original soil showed that the optimum water content was 28.20%, the dry volume was 1.45 gr/cm3 and the CBR value was 3.95%. From the results of the DST values, the values for cohesion and internal friction angle were obtained. The original soil cohesion value was found to be 0.152 kg/cm2. Then the value of the internal friction angle is 24.520.

Keywords : bearing capacity, DST, clay, eggshell powder,

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan satu bagian yang tidak dapat dipisahkan dalam perencanaan bangunan teknik sipil. Dalam pekerjaan teknik sipil tanah harus memiliki daya dukung yang cukup kuat untuk menopang konstruksi di atasnya. Setiap jenis tanah memiliki spesifikasi dan karakteristik masing-masing, sehingga memerlukan penanganan yang berbeda baik secara mekanis dan kimia. Dari berbagai jenis tanah, tanah lempung merupakan salah satu yang ada di Indonesia. Menurut Bowles dan Hainim (1986) tanah lempung mempunyai sifat plastisitas yang tinggi dan kohesif sehingga jika digunakan untuk suatu pekerjaan konstruksi harus diberi perlakuan khusus terlebih dahulu baru bisa digunakan untuk suatu pekerjaan konstruksi.

Sebagian besar pembangunan konstruksi di Indonesia berada di atas tanah lempung. salah satunya tanah di Desa Jono Kecamatan Tanon Kabupaten Sragen. Menurut Wiqoyah (2003) tanah Desa Jono Kecamatan Tanon Kabupaten Sragen merupakan tanah lempung dengan persentase 94,13% lolos saringan Nomor 200, batas cair (LL) = 88,03%, indeks plastis (IP) = 49,44%. Berdasarkan klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification Syste*) tanah lempung di Desa Jono Kecamatan Tano Kabupaten Sragen termasuk kelompok CH yaitu lempung anorganik dengan plastisitas tinggi. Tanah lempung pada konstruksi merupakan meterial yang jelek, karena kekuatan gesernya yang rendah sehingga menyebabkan suatu masalah pada pembangunan konstruksi di atas lapisan tanah lempung. Untuk mengatasinya diperlukan alternatif penanganan antara lain dengan menggunakan teknologi stabilisasi tanah (Alfian et al., 2015).

Saat ini inovasi pemanfaatan bahan limbah banyak digunakan sebagai material campuran stabilisasi kimia, selain untuk mengatasi masalah lingkungan juga dapat bermanfaat untuk perbaikan sifat tanah (James & Pandian, 2015). Salah satu jenis limbah rumah tangga dan industri yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran stabilisasi tanah lempung adalah cangkang telur (*Egg Shell Powder*, ESP). Kandungan kimia bubuk cangkang telur serupa dengan kapur. Bubuk cangkang telur memiliki kandungan magnesium carbonate (kapur), kalsium dan protein (Alzaidy, 2019). Dengan demikian, serbuk cangkang telur diharapkan dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah lempung dalam dunia konstruksi.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian kuat geser (*Direct Shear Test)* yaitu pengujian untuk menentukan kuat geser tanah lempung baik sebelum maupun sesudah diberi bahan campuran berupa serbuk cangkang telur.

Tanah lempung merupakan tanah yang memiliki partikel-partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air (Grim, 1953). Partikel-partikel tanah yang berukuran lebih kecil dari 2 mikron atau <5 mikron menurut klasifikasi yang

lain. Partikel-partikel dari mineeral lempung umumnya berukuran koloid (<1μ) dan ukuran 2μ merupakan batas atas (paling besar) dari ukuran partikel mineral lempung.

Tanah lempung memiliki kndungan mineral yang memiliki kapasitas pergantian ion yang tinggi, maka tanah lempung memiliki sifat kembang susut yang tinggi, jika ada perubahan kadar air. Tanah lempung ini memiliki sifat daya dukung tanah yang sangat rendah, sehingga tanah akan mengembang dan kakuan menurun saat kondisi basah, dan tanah akan retak saat kondisi kering atau kadar air yang hilang. Cangkang telur merupakan salah satu jenis limbah yang paling banyak dijumpai di sekitar kita, termasuk dalam limbah industri maupun limbah rumah tangga. Produksi cangkang telur peer tahun mencapai 150.000 ton (Sitohang et al., 2016). Sehingga pengolahan limbah cangkang telur sendiri perlu diperhatikan agar tidak menjadi limbah yang hanya menjadi sumber kotoran saja.

Cangkang telur, dikutip dari Laca et al (2017) mengandung sekitar 96% kalsium karbonat, 1% magnesium karbonat, 1% kalsium fisfat, material organik lainnya dan juga air. Menurut Hardiyatmo et al (1999) stabilisasi perbaikan struktur jalan, dengan cara memperbaiki material atau stabilisasi mekanis dengan melakukan penambahan campuran bahan ke dalam tanah lempung. Stabilisasi tanah adalah suatu cara yang digunakan untuk mengubah atau memperbaiki sifat tanah dasar atau asli sehingga diharapkan tanah tersebut mutunya menjadi lebih baik. Hal itu bertujuan untuk dapat meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dasar atau asli terhadap konstruksi yang berada di atasnya.

2. METODE

Sampel tanah lempung pada didapatkan di Desa Jono, Kecamatan Tanon, Kabupaten Sragen, Jawa Tengah. Sampel tanah yang diambil yaitu tanah tergenggu (*disturbed*) pada kedalaman 40-60 cm dari permukaan tanah lalu tanah dikeringkan. Setelah tanah kering kemudian di hasulkan hingga lolos saringan No. 4. Untuk serbuk cangkang telur yang akan digunakan adalah limbah dari pabrik roti di Gemolong, Kabupaten Sragen. Serbuk cangkang telur yang telah di dapatkan kemudian dijemur hingga kering udara lalu dihaluskan untuk didapatkan serbuk cangkang telur lolos saringan No. 200.

Langkah yang dilakukan dalam membuat benda uji meliputi uji fisis dan uji mekanis. Untuk uji fisis yang dilakukan yaitu uji kadar air, uji berat jenis, uji *Atterberg* yaitu meliputi uji batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plasticity Inedex*), batas susut. Kemudian setelah didapatkan nilai batas cair, batas plastis, dan batas susut didapatkan nilai indeks plastis. Pengujian batas – batas *Atterberg* dilakukan untuk menguji tanah asli dan juga tanah campuran serbuk cangkang telur dengan variasi penambahan 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Setelah dilakukan pengujian batas – batas *Atterberg* kemudian dilakukan pengujian uji analisa ukuran butiran. Uji

analisa ukuran butiran yang dilakukan yaitu meliputi uji tanah asli dan juga tanah campuran serbuk cangkang telur dengan variasi 2,5%, 5%, 7,5% dan juga 10%. Setelah dilakukan uji fisis selanjutanya dilakukan uji mekanis. Uji mekanis meliputi uji *Standar Proctor* dan juga uji DST (*Direct Shear Test*). Uji *Standar Proctor* dilakukan guna mendapatkan nilai kadar air optimum dan kepadatan tanah maksimum. Nilai kadar air optimum digunakan untuk menentukan banyaknya penambahan air terhadap benda uji DST. Tahap selanjutnya dilakukan pengujian DST (*Direct Shear Test*). Pembutan benda uji DST yang dilakukan yaitu pada tanah asli dan juga tanah campuran serbuk cangkang telur variasi 2,5%, 5%, 7,5%, danjuga 10%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji Sifat Fisis

Tanah lempung yang digunakan di Desa Jono, Kecamatan Tanon, Klaten. Kondisi tanah yaitu terganggu (*disturbed*). Uji fisis tanah asli mencakup uji kadar air, uji berat jenis, uji batas-batas *Atterberg*, uji Hidrometer, serta uji analisa ukuran butiran tanah. Hasil pengujian tersebut ditunjukkan pada tabel berikut 1.

Tabel 1. Data Pengujian Sifat Fisis Sampel Tanah

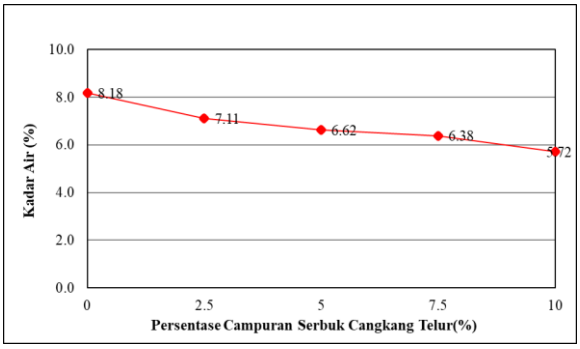
Jenis Pengujian	Tanah Asli	Serbuk Cangkang Telur	Serbuk Cangkang Telur			
			Persentase Campuran			
			2,5%	5,0%	7,5%	10%
Kadar Air (%)	8,18	0,98	7,11	6,62	6,38	5,72
Berat Jenis (Gs)	2,67	2,44	2,63	2,60	2,56	2,53
Batas Cair	86,44	-	80,70	78,33	74,36	70,81
Batas Plastis (%)	32,63	-	40,54	45,33	51,67	54,80
Batas Susut (%)	27,26	-	29,28	32,03	35,19	41,82
Indeks Plastis (%)	53,81	-	40,16	33,01	22,69	16,01
Lolos Saringan No.200 (%)	67,00	-	65,00	63,00	60,00	59,00
Group Indeks (GI)	36,61	-	27,18	22,01	15,00	11,14
Batas Cair Kering Oven	57,57	-	50,25	40,79	38,99	35,63
Klasifikasi Tanah						
USCS	CH	-	CH	OH	OH	OH
AASTHO	A-7-5	-	A-7-5	A-7-5	A-7-5	A-7-5

Dari tabel tersebut menunjukkan nilai kadar air tanah asli 8,18%, berat jenis 2,667, batas cair 86,44%, batas plastis 32,63%, batas susut 27,26% indeks plastis 53,81%, serta lolos saringan No.200 sebesar 67,00%. Berdasarkan nilai PI > 17%, tanah asli Desa Jono, Kecamatan Tanon, Kabupaten Sragen tergolong berjenis tanah lempung yang plastis tinggi. Dari data tersebut juga dapat dilihat nilai GI tanah asli adalah sebesar 36,61 dan nilai dari batas plastis tanah asli adalah >30%, sehingga klasifikasi tanah asli dengan tanah yang sudah diberi tambahan serbuk cangkang telur yakni 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%. Menurut AASHTO merupakan A-7-5. Pengelompokkan tanah asli dan campuran serbuk cangkang telur pada variasi 2,5% menurut USCS yaitu CH (lempung anorganik memiliki plastisitas tinggi). Sedangkan untuk tanah campuran serbuk cangkang telur pada variasi 5%, 7,5%, dan 10% masuk pada klasifikasi tanah OH.

3.1.1.Uji Kadar Air (*Moisture Content*)

Dilaksanakan pada kondisi tanah asli dimana hasilnya menunjukkan kadar air sebesar 8,18%. Namun, pada tanah campuran serbuk cangkang telur, kadar air mengalami penurunan dari tanah asli dengan seiring penambahan variasi campuran serbuk cangkang telur yang diberikan. Pada variasi tanah campur serbuk cangkang telur 2,5%, didaptakan nilai kadar air sebesar 7,11%. Kemudian angka terendah kadar air terdapat pada variasi campuran serbuk cangkang telur pada penambahan 10% yaitu sebesar 5,72%. dapat disimpulkan bahwa semakin besarnya persentase penambahan serbuk cangkang telur menyebabkan nilai kadar air yang diperoleh semakin rendah.

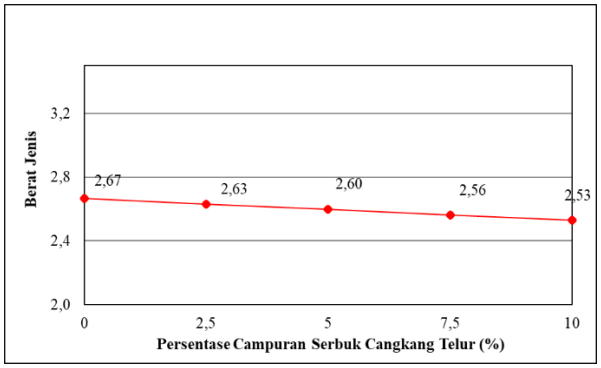
Penurunan kadar air tersebut dikarenakan nilai kadar air serbuk cangkang telur lebih rendah dari tanah asli yaitu sebesar 0,98%. Sehingga, apabila tanah asli diberi penambahan serbuk cangkang telur maka nilai kadar air akan semakin turun sesuai dengan nilai persentase variasi campuran yang diberikan. Hasil tersebut ditampilkan pada gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Kadar Air dengan Persentase Campuran Serbuk Cangkang Telur

3.1.2.Uji Berat Jenis (*Specivic Gravity*)

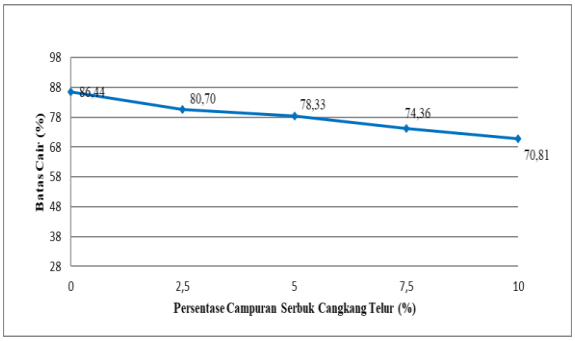
Pada pengujian berat jenis tanah asli didapatkan nilai sebesar 2,667 termasuk tanah lempung tak organik. Berat jenis serbuk cangkang telur yaitu 2,44. Nilai dari berat jenis tanah setelah diberikan campuran serbuk cangkang telur mengalami penurunan, dikarenakan berat jenis dari serbuk cangkang telur yang lebih rendah dari berat jenis tanah aslinya. Grafik hubungan antara berat jenis dan persentase campuran serbuk cangkang telur dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara Berat Jenis dengan Persentase Campuran Serbuk Cangkang Telur

3.1.3.Uji Batas Cair (*Liquid Limit*)

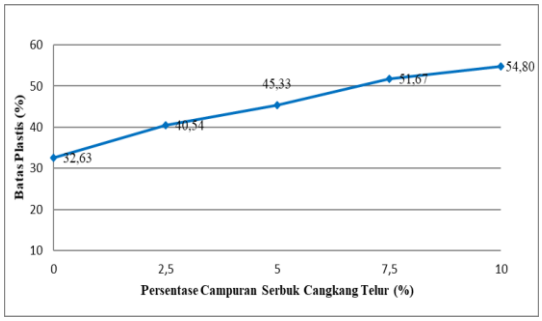
Berdasarkan uji batas cair yang telah dilakukan, didapatkan nilai batas cair semakin turun seiring bertambahnya variasi persentase campuran serbuk cangkang telur. Hasil uji batas cair pada tanah asli dalam keadaan kering udara sebesar 86,44%. Untuk penurunan batas cair terbesar yaitu pada tanah campuran serbuk cangkang telur variasi persentase 10% yaitu sebesar 70,81%. Hal ini terjadi dikarenakan adanya pertukaran ion K+ (*Potassium*) dan Na+ (*Sodium*) yang terkandung dalam tanah lempung oleh ion Ca++ dan Mg++ yang terkandung dalam serbuk cangkang telur. Pertukaran kation pada partikel tanah lempung membuat ukuran partikel menjadi bertambah besar dan mengurangi indeks plastisitas tanah yang kemudian diikuti oleh penurunan potensi pengembangan tanah. Berikut grafik hubungan antara nilai batas cair dengan persentase serbuk cangkang telur



Gambar 3. Hubungan antara Batas Cair dengan Persentase Campuran Serbuk Cangkang Telur

3.1.4.Uji Batas Plastis (*Plastic Limit*)

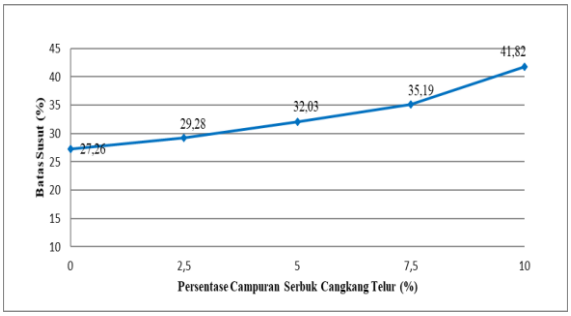
Setelah dilakukan uji batas plastis, hasil yang didapatkan pada tanah asli adalah sebesar 32.63 %. Pada saat dilakukan penambahan bahan campur berupa serbuk cangkang telur nilai batas plastis dari tanah campuran cenderung naik. Kenaikan batas plastis tanah campuran tersebut dapat terjadi dikarenakan adanya pertukaran partikel kation pada tanah lempung yang menyebabkan ukuran partikel tanah menjadi lebih besar dan kasar sehingga mempengaruhi terjadinya kohesi yang semakin menurun dan plastisitas tanah semakin berkurang. Berikut adalah grafik hubungan antara batas plastis dengan persentase serbuk cangkang telur.



Gambar 4. Hubungan antara Batas Plastis dengan Persentae Campuran Serbuk Cangkang Telur

3.1.5.Batas Susut

Hasil uji batas susut pada tanah asli sebesar 27,26%, setelah dilakukan penambahan serbuk cangkang telur nilai batas susut tanah campuran semakin besar seiring dengan persentase campuran yang ditambahkan. Perubahan nilai batas susut tersebut dapat terjadi karena penambahan persentase serbuk cangkang telur yang menyebabkan tanah menjadi lebih stabil terhadap perubahan kadar air sehingga perubahan volume tanah semakin kecil. Hubungan antara nilai batas susut dengan persentase campura serbuk cangkang telur dapat dilihat pada gambar berikut.

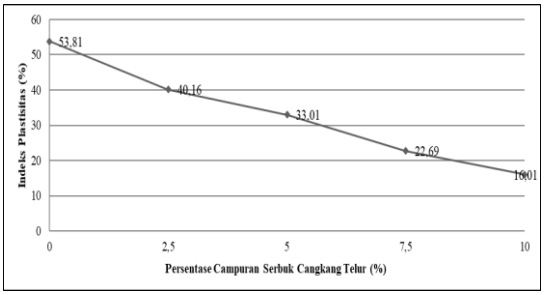


Gambar 5. Hubungan antara Batas Susut dengan Persentae Campuran Serbuk Cangkang Telur

3.1.6.Indeks Plastisitas (PI) *lasticity Index*)

Nilai PI didapatkan berdasarkan perhitungan nilai LL dan PL. Nilai PI tanah asli yang didapat sebesar 53,81%. Dengan adanya penambahan serbuk cangkang telur mengakibatkan naiknya nilai batas plastis dan menurunnya nilai batas cair, oleh karena itu nilai indeks plastisitasnya menurun. Nilai PI terkecil terjadi pada penambahan serbuk cangkang telur variasi persentase 10% yaitu didapatkan nilai PI sebesar 16,01%, sedangkan nilai PI terbesar tanah campuran terjadipada penambahan 2,5 % serbuk cangkang telur sebesar 40,16%.

Berdasarkan table 1 nilai PI dari tanah asli dan tanah campuran 2,5%, 5%, 7,5% serbuk cangkang telur termasuk jenis tanah lempung berplastisitas tinggi dikarenakan nilai PI>17, sedangkan untuk tanah campuran 10% serbuk cangkang telur termasuk plastisitas sedang lempung berlanau kohesif dikarenakan nilai PI ada diantara 7-17. Hubungan antara nilai indeks plastisitas dengan persentase campuran serbuk cangkang telur dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Hubungan antara Indeks Plastisitas dengan Persentase Campuran Serbuk Cangkang Telur

3.1.7.GI (*Group Indeks*)

Penentuan klasifikasi tanah dilakukan untuk mengetahui jenis tanah campuran serbuk cangkang telur yang didasarkan pengujian sifat fisis. Untuk mengklasifikasikan tanah asli dan campuran menggunakan metode AASTO dan USCS. Nilai GI tanah asli sebesar 36,61%. Kemudian setalah ditambahnkan serbuk cangkang telur 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% nilai GI mengalami penurunan. Nilai GI tertinggi pada variasi campuran serbuk cangkang telur persentase 2,5% yaitu sebesar 27,18%. Untuk nilai GI terendah pada variasi campuran serbuk cangkang telur persentase 10% yaitu sebesar 11,14%. Data hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

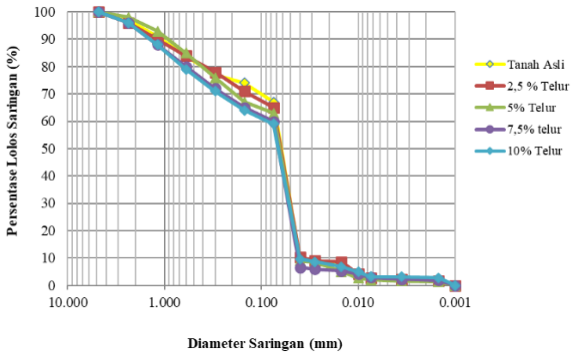
3.1.8.Uji Analisa Ukuran Butiran

Pengujian analisa saringan dan *hydrometer* dilakukan untuk menentukan gradasi ukuran butiran tanah pada tanah asli dan tanah campuran serbuk cangkang telur. Uji analisa saringan bertujuan untuk menentukan ukuran butiran tanah yang lebih besar dari 0,075 mm (No. 200). Sedangkan uji *hydrometer* digunakan untuk menentukan ukuran butiran tanah yang kurang dari 0,075 mm. Hasil uji analisa ukuran butiran dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Analisa Ukuran Butiran

Jenis Pengujian	Tanah Asli	Serbuk Cangkang Telur			
		Persentase Campuran			
		2.5%	5%	7.5%	10%
Lolos Saringan No.200	67.00	65.00	63.00	60.00	59.00

Berdasarkan Tabel 2. dapat disimpulkan analisa ukuran penambahan serbuk cangkang telur lolos saringan No. 200 mengalami penurunan. Butiran tanah asli didaptkan sebesar 67%. Setelah diberi bahan tambahan berupa serbuk cangkang telur mengalami penurunan. Angka tertinggi di dapatkan pada variasi campuran serbuk cangkang telur persentase 2,5% yaitu sebesar 65%. Kemudian angka terrendah didaptkan pada variasi campuran serbuk cangkang telur persentase 10% yaitu sebesar 59%. Berikut adalah grafik hubungan antara diameter butir tanah dan persentase lolos saringan pada tanah dengan persentase penambahan serbuk cangkang telur.



Gambar 7. Hubungan antara Ukuran Butiran dengan Persentase Lolos Saringan

3.2. Uji Sifat Mekanis

3.2.1. Uji Pemadatan (*Standard Proctor*)

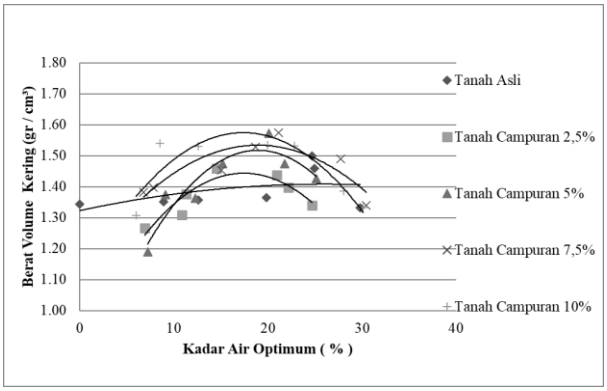
Pengujian *Standard Proctor* bertujuan untuk menentukan berat isi kering maksimum dan kadar air optimum. Hasil uji pemadatan tanah dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Pemadatan Tanah

Jenis Pengujian	Tanah Asli	Serbuk Cangkang Telur No. 200			
		Persentase Campuran			
		2,5%	5%	7,5%	10%
$\gamma_{d\ maks}$ (gr/cm³)	1.42	1.48	1.51	1.55	1.57
$\omega_{optimum}$ (%)	20.7	19.8	19.5	19.2	19.0

Hasil pengujian *Standard Proctor* pada tanah asli didapatkan nilai kadar air optimum sebesar 20.7%, sedangkan pada penambahan serbuk cangkang telur persentase 2,5% didapatkan kadar air optimum tertinggi sebesar 19,8% dan pada persentase 10% didapatkan kadar air optimum terendah sebesar 19%. Semakin tinggi persentase penambahan serbuk cangkng telur maka didapatkan nilai kadar air optimum yang semakin turun dan menyebabkan berkurangnya pori-pori tanah dikarenakan terisi oleh air. Dapat disimpulkan bahwa semakin kecil ukuran butiran serbuk cangkang telur maka akan mengisi volume rongga didalam tanah serta berkurangnya pori-pori pada tanah.

Pada pengujian *Standard Proctor* tanah asli didapatkan nilai berat volume kering tanah sebesar 1,42 gr/cm^3, sedangkan berat volume penambahan serbuk cangkang telur meningkat. Meningkatknya nilai berat volume kering maksium dikarenakan, semakin besar butiran tanah yang dipengaruhi oleh presentase penambahan serbuk cangkang telur. Penyebab kenaikan berat volume kering maksimum juga disebabkan karena naiknya nilai pada berat jenis tanah setelah pencampuran serbuk cangkang telur lolos saringan 200, ukuran serbuk cangkang telur lolos saringan 200 menyebabkan berkurangnya volume rongga dan akan bertambah berat butiran tanah. Pada presentase 10% berat volume kering maksimum tertinggi sebesar 1,57 gr/cm^3, sedangkan berat volume kering maksimum terendah pada presentase 2,5% sebesar 1,48 gr/cm^3.



Gambar 8. Hubungan antara Kadar Air Optimum dengan Berat Volume Kering

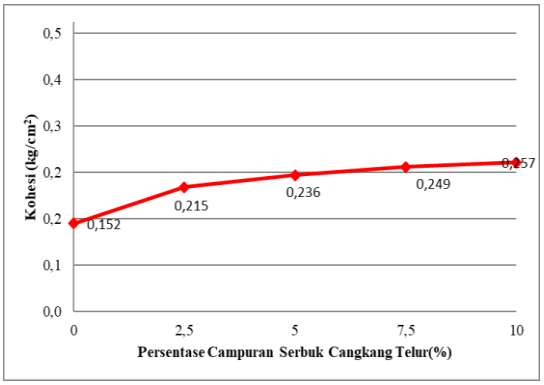
3.2.2. Uji DST (*Direct Shear Test*)

Pengujian kuat geser langsung (DST) dilakukan pada sampel tanah dengan persentase penambahan serbuk cangkang telur sebesar 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% lolos saringan No. 200. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai parameter kuat geser yaitu nilai kohesi (c) dan sudut gesek dalam (φ).Hasil pengujian DST dapat dilihat pada tabel 4.

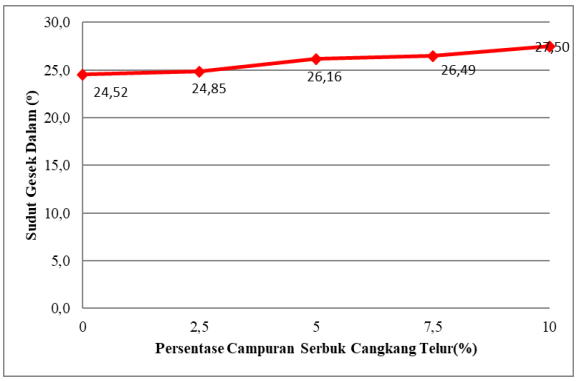
Tabel 4. Hasil Nilai Kohesi dan Sudut Gesek Dalam

No	Pengujian(Direct Shear Test)	Tanah Asli	Tanah Campuran serbuk cangkang telur			
			2,5%	5%	7,5%	10%
1	Kohesi (kg/cm^2)	0.152	0.215	0.236	0.249	0.257
2	Sudut gesek dalam (^{0})	24.52	24.85	26.16	26.49	27.50

Dari tabel tersebut diketahui nilai c tanah asli yaitu sebesar 0,152 kg/cm^2 dan φ sebesar 24,52$^{0.}$ Pada persentase penambahan serbuk cangkang telur 10% didapatkan nilai c tertinggi 0,275 kg/cm^2 dan φ 27,50^0. Sedangkan presentase 2,5% merupakan nilai c terkecil 0,215 kg/cm^2 dan φ 24,85^0. Nilai c mengalami kenaikan dikarenakan adanya kohesi semu. Kohesi semu terjadi dikarenakan oleh benda uji yang kurang jenuh atau derajat kejenuhan kurang dari 100%. Hal tersebut disebabkan karena kurangnya perendaman atau bisa juga disebabkan oleh bahan campur yang dapat mengurangi derajat kejenuhan. Hasil pengujian ini ditampilkan pada gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Hubungan Antara Nilai Kohesi dengan Persentase Serbuk Cangkang Telur



Gambar 10. Hubungan Antara Sudut Gesek Dalam dengan Persentase Serbuk Cangkang Telur

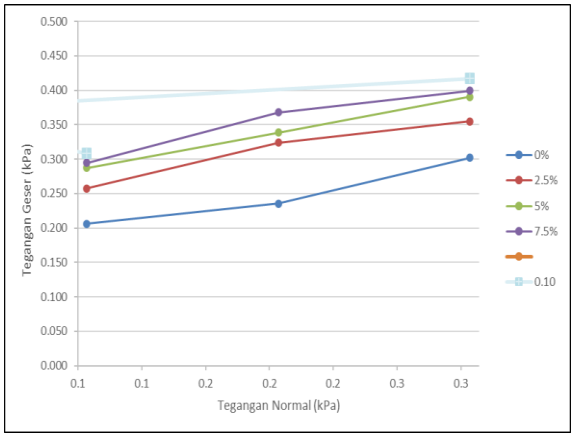
3.2.3.Hasil Uji Tegangan Normal dan Tegangan Geser

Setelah diperoleh nilai kohesi dan sudut gesek dalam, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan tegangan normal dan tegangan geser. Nilai dari tegangannormal dan tegangan geser dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Tegangan Normal dan Tegangan Geser

No	Nama Sampel	Tegangan Normal (σ) (kg/cm^2)	Tegangan Geser (τ) (kg/cm^2)
1	Tanah Asli	0.31	0.30
2	Tanah Asli + Serbuk cangkang telur 2,5%	0.31	0.35
3	Tanah Asli +Serbuk cangkang telur 5%	0.31	0.39
4	Tanah Asli + Serbuk cangkang telur 7,5%	0.31	0.40
7	Tanah Asli +Serbuk cangkang telur 10%	0.31	0.42

Dari tabel di atas menunjukkan bahwa nilai tegangan geser (τ) mengalami peningkatan seiring dengan penambahan presentase serbuk cangkang telur. Nilai tegangan normal (σ) tanah asli diperoleh sebesar 0,31 kg/cm^2 dan nilai tegangan geser (τ) pada tanah asli adalah sebesar 0,30 kg/cm^2. 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 serbuk cangkang telur. Grafik hubungan antara tegangan normal dengan tegangan geser dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Hubungan Antara Tegangan Normal dengan Tegangan Geser

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Hasil pengujian fisis tanah asli didapatkan 8,18% kadar air, 2,667 berat jenis, 86,44% batas cair, 32,63% batas plastis, 27,26% batas susut, serta 53,81% indeks plastisitas. Menurut pengelompokkan tanah sistem AASHTO, tanah asli digolongkan kelompok A-7-5. Untuk tanah dengan penambahan serbuk cangkang telur kadar 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% juga tergolong kelompok A-7-5. Menurut pengelompokkan tanah sistem USCS, jenis sampel tanah asli tergolong pada jenis tanah lempung anorganik plastisitas tinggi atau dilambangkang dengan

simbol kelompok CH. Sedangkan untuk tanah campuran serbuk cangkang telur pada variasi 5%, 7,5%, dan 10% masuk pada klasifikasi tanah OH. Semakin tinggi persentase serbuk cangkang telur yang ditambahkan menyebabkan nilai berat isi kering tanah menjadi meningkat, sedangkan pada kadar air optimum menjadi menurun. Semakin tinggi persentase kadar serbuk cangkang telur yang digunakan, maka menyebabkan nilai kohesi (kohesi semu) dan juga sudut gesek dalam mengalami peningkatan.

4.2 Saran

Pengujian ulang dengan jenis tanah selain lempung lunak, untuk memastikan apakah variasi serbuk cangkang telur dapat meningkatkan nilai DST dari tanah yang berbeda. Perlunya penelitian lebih lanjut dengan memakai variasi campuran dan metode yang berbeda sehingga ditemukan komposisi yang lebih baik dan efektif. Memperbanyak sampel pada tiap variasi agar pengujian DST mendapatkan hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Alfian, R., Afriani, L., & Iswan. (2015). Studi Analisis Daya Dukung Tanah Lempung Berplastisitas Tinggi yang Dicampur Zeolit. *Jrsdd*, *3*(2), 221–236.

Alzaidy, M. N. J. (2019). Experimental study for stabilizing clayey soil with eggshell powder and plastic wastes. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *518*(2), 022008. https://doi.org/10.1088/1757-899X/518/2/022008

Bowles, J. E., & Hainim, J. K. (1986). *Sifat-sifat fisis dan geoteknis tanah (mekanika tanah)*. Erlangga.

Casagrande, A. (1948). Classification and Identification of Soils. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, *113*(1), 901–930.https://doi.org/10.1061/TACEAT.0006109

Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B., & Adi, A. D. (1999). Perilaku Fondasi Cakar Ayam pada model di laboratorium-Kontribusi untuk Perancangan. *Proceding Seminar Nasional Geoteknik*.

Hartanto, R. G., Djarwanti, N., & Surjandari, N. S. (2015). *Perubahan nilai CBR tanah lempung Tanon yang ditambah abu ampas tebu*. *September*, 837–845.

Holtz, W. G., & Gibbs, H. J. (1962). Discussion of "Prediction of Swelling Potential for Compacted Clays." *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, *88*(4), 207–209. https://doi.org/10.1061/JSFEAQ.0000446

Istiawan, D. (2009). *Pengaruh Kapur Sebagai Bahan Stabilisasi Terhadap Kuat Dukung dan Potensi Pengembangan Tanah Lempung (Studi Kasus Tanah Lempung Tanon, Sragen)*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

James, J., & Pandian, P. K. (2015). Soil Stabilization as an Avenue for Reuse of Solid

Wastes: A Review. *Acta Technica Napocensis: Civil Engineering & Architecture*, *58*(1), 60–76.

Laca, A., Laca, A., & Díaz, M. (2017). Eggshell waste as catalyst: A review. *Journal of Environmental Management*, *197*, 351–359.https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.088

Maulana, I. (2021). *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Campuran Cangkang Telur Terhadap Nilai CBR*. Universitas Islam Riau.

Munirwan, R. P., Munirwansyah, M., & Marwan, M. (2019). Penambahan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Tanah Lempung. *Jurnal Teknik Sipil*, *8*(1), 30–35. https://doi.org/10.24815/jts.v8i1.13496

Setyadi, D. (2010). *Pengaruh Penambahan Tanah Gadong Pada Stabilisasi Tanah Lempung Tanon Dengan Semen (Studi Kasus Kerusakan Jalan Desa Jono, Tanon, Sragen)*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Sitohang, F., Yelmida, A., & Zulnitiar. (2016). Sintesis hidroksiapatit dari precipitated calcium carbonate (PPC) kulit telur ayam ras melalui metode hidrotermal. *Jurnal Onlie Mahasiswa Fakultas Teknik*, *3*(2), 1–7.

Wiqoyah, Q. (2003). *Stabilisasi Tanah Lempung Tanon Dengan Penambahan Kapur Dan Tras*. Universitas Gadjah Mada.

Yadav, J. S., & Tiwari, S. K. (2017). Effect of waste rubber fibres on the geotechnicalproperties of clay stabilized with cement. *Applied Clay Science*, *149*, 97–110. https://doi.org/10.1016/j.clay.2017.07.037