

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penyajian Data Pengujian Laboratorium

Data yang diperoleh dari hasil pengujian akan disusun secara sistematis dan akan dilakukan analisis. Adapun data yang diperoleh dari pengujian adalah pengujian kadar air, analisis saringan, batas-batas *Atterberg* (batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan indeks plastisitas), berat jenis, pemadatan tanah, dan kuat geser tanah yang disusun ke dalam bentuk tabel, grafik ataupun kurva agar mudah dipahami.

4.1.1 Pengujian Kadar Air

Adapun tujuan dari pengujian kadar air adalah untuk mengetahui nilai kadar air tanah asli di lapangan, yang merupakan sampel tanah dengan kondisi terganggu. Pengujian Kadar Air dilakukan berdasarkan SNI 1965:2008. Sampel tanah yang diambil merupakan tanah pada lahan bekas pertambangan ilegal yang berada di Hutan *Mangrove* Kampung Sawah, Kecamatan Muntok Kabupaten Bangka Barat. Nilai Kadar Air Asli di lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Kadar Air Tanah Lapangan

Nomor Cawan	1	2	3	4
Berat Cawan + Tanah Basah (W_1) gr	38,6	40,6	40,2	44,1
Berat Cawan + Tanah Kering (W_2) gr	32,2	33,2	33	36
Berat Air ($W_1 - W_2$) gr	6,4	7,4	7,2	8,1
Berat Cawan (W_3) gr	14,5	13,1	12,8	13,4
Berat Tanah Kering ($W_2 - W_3$) gr	17,7	20,1	20,2	22,6
Kadar Air (w) = $(W_1 - W_2) / (W_2 - W_3) \times 100\%$	36,158	36,816	35,644	35,841
Kadar Air Rata-Rata (%)	36,115			

Sumber : Data diolah, 2020

Berdasarkan tabel 4.1 diketahui bahwa nilai kadar air rata-rata tanah asli di lapangan adalah sebesar 36,115%.

4.1.2 Pengujian Analisis Saringan (Gradasi) Tanah Asli

Pengujian analisis saringan tanah bertujuan untuk mendapatkan nilai gradasi butiran tanah pada klasifikasi tanah dengan menggunakan sistem USCS. Pengujian analisis saringan dilakukan dengan menggunakan *sieve shaker*, dimana tanah pada kondisi kering dimasukkan kedalam satu set saringan dengan diameter lubang semakin kebawah ukuran diameternya semakin kecil. Pengujian analisis saringan dilakukan berdasarkan SNI 3423:2008 dan menggunakan ukuran saringan No.4 (4,75 mm), No.8 (2,36 mm), No.10 (2,00 mm), No.16 (1,18 mm), No.30 (0,60 mm), No.40 (0,425 mm), No.50 (0,30 mm), No.100 (0,15 mm), No. 200 (0,075 mm) dan pan dengan berat sampel tanah kering sebanyak 500 gram. Hasil pengujian analisis saringan tanah asli dapat dilihat pada Tabel 4.2.

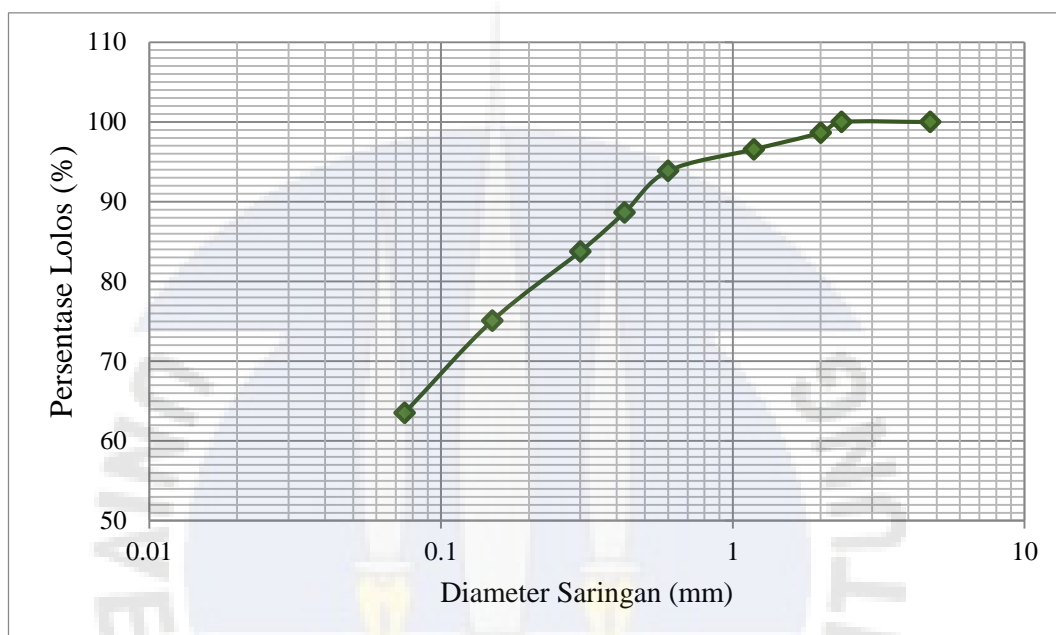
Tabel 4.2 Analisis Saringan Tanah Asli

Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Jumlah Berat Tertahan (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
No.4	4,75	0	0	0	100
No.8	2,36	0	0	0	100
No.10	2	6,7	6,7	1,343	98,657
No.16	1,18	10,4	17,1	3,428	96,572
No.30	0,6	13,5	30,6	6,135	93,865
No.40	0,425	26,1	56,7	11,367	88,633
No.50	0,3	24,3	81	16,239	83,761
No.100	0,15	43,2	124,2	24,900	75,100
No.200	0,075	57,7	181,9	36,468	63,532
Pan		316,9	498,8	100	0

Sumber : Data diolah, 2020

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui jumlah berat tertahan tanah adalah 498,8 gram. Hal ini menunjukkan bahwa sebanyak 0,24% tanah yang hilang pada saat pengujian. Kehilangan tanah pada saat pengujian sebanyak 0,24% masih bisa ditoleransi karena berdasarkan SNI 3423:2008 disyaratkan bahwa persentase tanah

yang hilang selama pengujian tidak boleh lebih dari 2%, jika lebih dari 2% maka pengujian harus diulang kembali. Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan kehilangan tanah setelah pengujian yaitu ketidakteelitian peneliti dalam menuang atau mengangkat benda uji, serta kurang teliti dalam menimbang benda uji. Adapun grafik persentase lolos terhadap diameter saringan dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Sumber : Data diolah, 2020

Gambar 4.1 Grafik Hubungan Persentase Lolos Terhadap Diameter Saringan

Berdasarkan Tabel 4.2 diperoleh nilai berat tanah tertahan pada pan adalah 498,8 gram. Sedangkan nilai persen lolos saringan No.200 (diameter saringan dengan ukuran 0,075 mm) sebesar 63,532% lebih besar dari 50%, dengan demikian dapat diketahui bahwa tanah ini masuk kedalam kategori tanah berbutir halus karena persen lolos saringan No.200 lebih dari 50%.

4.1.3 Pengujian Berat Jenis

Berat jenis tanah berhubungan dengan fase udara, air, dan butiran dalam tanah. Pengujian terhadap berat jenis tanah diperlukan untuk perhitungan-perhitungan parameter indeks tanah. Pengujian berat jenis dilakukan berdasarkan SNI 1964:2008. Pengujian berat jenis dilakukan terhadap sampel tanah terganggu dengan data yang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Berat Jenis Tanah Asli

Benda Uji	1	2
Berat Piknometer + Tanah (W_2) gr	93,4	162,1
Berat Piknometer (W_1) gr	63,4	87,1
Berat Tanah ($W_t = W_2 - W_1$) gr	30	75
Berat Piknometer + Air + Tanah (W_3) gr	181,6	383,1
Berat Piknometer + Air (W_4) gr	162,6	335,9
Temperatur °C	28	28
Faktor Koreksi	0,998	0,998
$W_5 = W_t + W_4$ gr	192,6	410,9
Isi Tanah ($W_5 - W_3$) gr	11	27,8
Berat Jenis (G_s)	2,722	2,692
Berat Jenis (G_s) Rata-Rata	2,707	

Sumber : Data diolah, 2020

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis didapat nilai berat jenis rata-rata tanah asli adalah sebesar 2,707. Hal ini menunjukkan tanah tersebut masuk ke dalam jenis tanah lempung anorganik, karena menurut Hardiyatmo (2002) mengatakan bahwa berat jenis tanah lempung anorganik adalah 2,68-2,75. Nilai berat jenis yang didapatkan dari hasil pengujian selanjutnya digunakan pada pengujian pemadatan yaitu untuk menghitung nilai ZAV (*Zero Air Void*).

4.1.4 Pengujian Batas-Batas Atterberg

Pengujian Batas-Batas *Atterberg* merupakan salah satu pengujian yang bertujuan untuk menentukan jenis tanah. Pengujian ini dilakukan terhadap batas-batas konsistensi tanah yang mempertimbangkan kadar air pada tanah tersebut. Pengujian ini meliputi pengujian batas cair dan pengujian batas plastis, yang kemudian digunakan untuk menghitung indeks plastisitas dari tanah yang telah dilakukan pengujian. Berdasarkan nilai indeks plastisitas, dapat diketahui sifat tanah dan jenis tanah tersebut. Data-data yang diperoleh dari pengujian batas-batas *Atterberg* dapat dilihat pada Tabel 4.4, Tabel 4.5, dan Gambar 4.2.

1. Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit*)

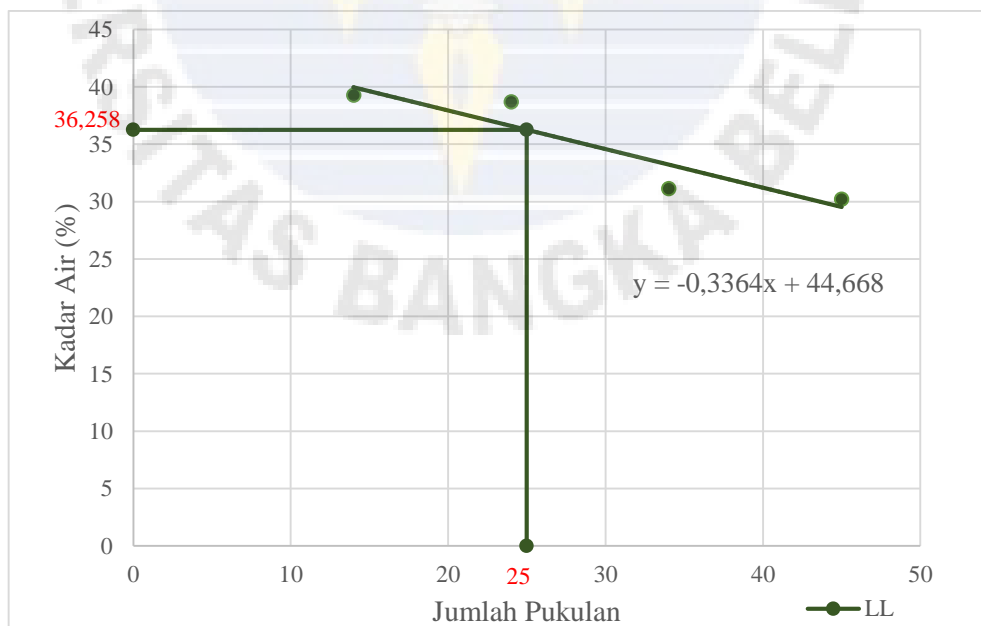
Pengujian batas cair (*liquid limit*) dilakukan berdasarkan SNI 1976:2008. Adapun hasil pengujian batas cair (*liquid limit*) dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Nilai Batas Cair (*Liquid Limit*)

Banyak Pukulan	14	24	34	45
Nomor Cawan	1	2	3	4
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	33,4	32,7	36,5	25,6
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	27,9	27,4	31,3	22,7
Berat Air (gr)	5,5	5,3	5,2	2,9
Berat Cawan Kosong (gr)	13,9	13,7	14,6	13,1
Berat Tanah Kering Oven (gr)	14	13,7	16,7	9,6
Kadar Air (%)	39,286	38,686	31,138	30,208

Sumber : Data diolah, 2020

Untuk menentukan nilai batas cair dapat dengan membuat grafik hubungan antara jumlah pukulan dengan kadar air. Berdasarkan grafik tersebut, maka nilai kadar air pada pukulan 25 dapat diketahui. Adapun grafik batas cair (*liquid limit*) dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Sumber : Data diolah, 2020

Gambar 4.2 Grafik Batas Cair (*Liquid Limit*)

Setelah garis diplot pada grafik yang terdapat pada Gambar 4.2, maka didapatkan nilai batas cair (*liquid limit*) pada pukulan 25 sebesar 36,258%.

2. Pengujian Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (*plastic limit*), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, dengan cara menggulung tanah diatas plat kaca sampai tanah mengalami retak dan berdiameter silinder 3,2 mm (Hardiyatmo, 2012). Pengujian batas plastis (*plastic limit*) dilakukan berdasarkan SNI 1966:2008. Adapun nilai batas plastis (*plastic limit*) dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Nilai Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Nomor Cawan	1	2
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	31,3	32,8
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	28,5	29,4
Berat Air (gr)	2,8	3,1
Berat Cawan Kosong (gr)	12,7	13,9
Berat Tanah Kering Oven (gr)	15,8	15,5
Kadar Air (%)	17,722	21,935
Kadar Air Rata-Rata (%)	19,829	

Sumber : Data diolah, 2020

Berdasarkan Tabel 4.5, didapatkan nilai batas plastis (*plastic limit*) rata-rata sebesar 19,829%.

3. Indeks Plastisitas

Setelah dilakukan pengujian batas-batas *Atterberg* yang meliputi pengujian batas cair (*liquid limit*) dan pengujian batas plastis (*plastic limit*), maka data yang dihasilkan dari pengujian tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai indeks platisitas dengan cara mengurangkan nilai batas cair (*liquid limit*) dan nilai batas plastis (*plastic limit*) yang dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Nilai Batas-Batas *Atterberg*

Jenis Tanah	Batas Cair (LL)	Batas Plastis (PL)	Indeks Plastisitas (PI)
Tanah Lempung	36,258%	19,829%	16,429%

Sumber : Data diolah, 2020

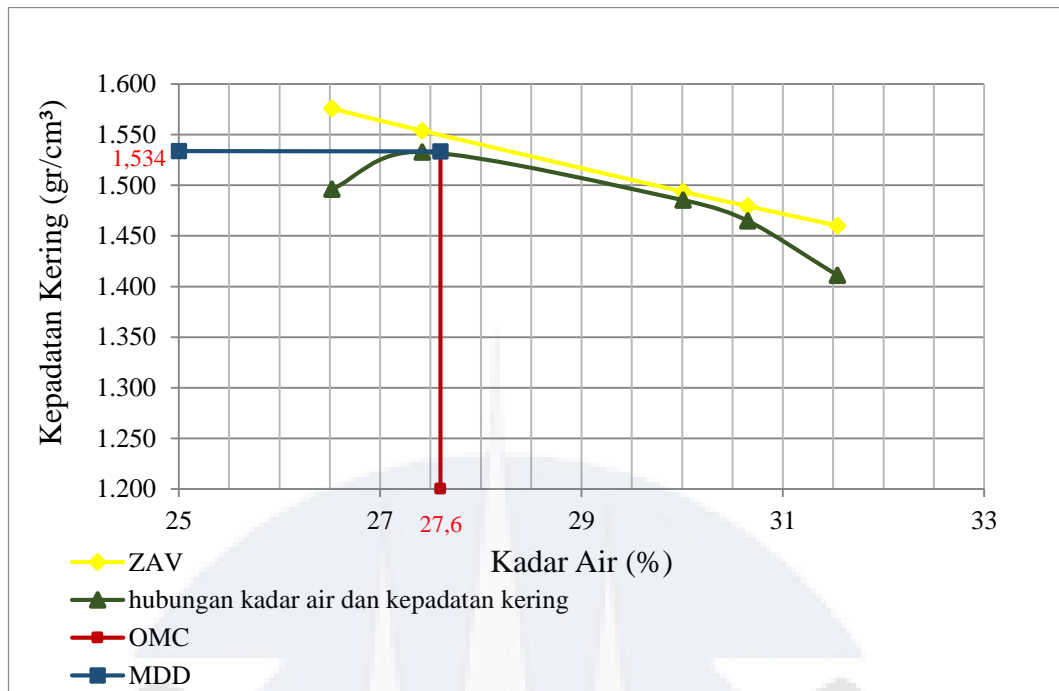
Berdasarkan Tabel 4.6, diketahui bahwa didapatkan nilai indeks plastisitas sebesar 16,429%, dimana menurut Hardiyatmo (2002) apabila nilai indeks plastisitas berkisar sekitar 7 sampai 17 maka tanah tersebut termasuk kedalam jenis tanah lempung berlanau yang memiliki sifat plastisitas sedang dan kohesif. Selain itu, nilai indeks plastisitas juga digunakan untuk mengklasifikasikan tanah dengan menggunakan Gambar 2.2 yaitu tabel Klasifikasi USCS, yang dilakukan dengan cara menghubungkan antara nilai batas cair (*liquid limit*) dan nilai indeks plastisitas.

4.1.5 Klasifikasi Tanah

Setelah pengujian analisis saringan (gradasi) dan batas-batas *Atterberg* dilakukan, selanjutnya data-data yang didapatkan dari hasil pengujian analisis saringan (gradasi) dan batas-batas *Atterberg* digunakan untuk menentukan klasifikasi tanah dengan sistem USCS. Berdasarkan hasil pengujian analisis saringan diperoleh berat tanah yang lolos saringan No.200 sebesar 63,532% > 50% dari berat total. Menurut sistem klasifikasi tanah dengan USCS tanah tersebut masuk kedalam kategori tanah berbutir halus. Berdasarkan hasil dari pengujian batas-batas *Atterberg*, diperoleh bahwa nilai batas cair (*liquid limit*) sebesar 36,258% dan nilai indeks plastisitas sebesar 16,429%, lalu nilai batas cair (*liquid limit*) dan nilai indeks plastisitas diplot kedalam grafik sistem klasifikasi tanah dengan USCS yang dapat dilihat pada lampiran B, dan didapatkan bahwa tanah yang telah dilakukan pengujian tersebut masuk kedalam kelompok CL yaitu tanah dengan jenis lempung berlanau tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang. Jadi dapat disimpulkan bahwa menurut sistem klasifikasi dengan USCS, tanah tersebut masuk kedalam kategori tanah lempung berlanau tak organik.

4.1.6 Pengujian Pemadatan Tanah

Pengujian Pemadatan tanah bertujuan untuk menentukan nilai kadar air optimum dan nilai kepadatan kering maksimum yang kemudian digunakan untuk menentukan syarat yang harus dicapai pada pekerjaan pemadatan tanah di lapangan. Pada penelitian ini, pengujian pemadatan hanya dilakukan terhadap tanah asli. Dibawah ini terdapat perhitungan nilai kepadatan kering (ρ_d) yang digunakan untuk mendapatkan nilai ZAV. Adapun grafik pemadatan tanah dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Sumber : Data diolah, 2020

Gambar 4.3 Grafik Pemadatan Tanah Asli

Berdasarkan Gambar 4.3 diperoleh nilai kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum tanah lempung. Adapun nilai kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Pemadatan Tanah Asli

Jenis Tanah	Kadar Air Optimum (%)	Kepadatan Kering Tanah Maksimum (gr/cm ³)
Tanah Lempung	27,600	1,534

Sumber : Data diolah, 2020

4.1.7 Pengujian Kuat Geser Tanah Lempung Asli dan Tanah Lempung dengan Penambahan Serbuk Cangkang Telur dan Serbuk Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Kuat geser merupakan gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Hasil yang didapat dari pengujian kuat geser tanah adalah dapat mengetahui nilai kohesi dan nilai sudut geser, yang kemudian dijadikan sebagai parameter untuk menghitung nilai kuat geser tanah. Tahapan pengujian kuat geser sesuai dengan SNI 3420:2016. Pengujian kuat geser dilakukan

pada tanah lempung asli dan dilakukan pada tanah lempung dengan campuran 3% serbuk cangkang telur dan 22% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*), tanah lempung dengan campuran 3% serbuk cangkang telur dan 25% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*), tanah lempung dengan campuran 3% serbuk cangkang telur dan 28% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*). Pengujian kuat geser tanah lempung asli dilakukan ketika sampel baru diambil dari lapangan, sedangkan untuk pengujian kuat geser tanah lempung campuran dilakukan setelah mendapatkan nilai *Optimum Moisture Content* (OMC) dari pengujian pemadatan tanah lempung asli. Untuk menentukan nilai kohesi dan sudut geser diperlukan 3 sampel tanah yang pada penelitian ini digunakan sampel A, B, dan C. Berikut contoh perhitungan nilai kohesi dan sudut geser tanah lempung asli.

Contoh perhitungan sampel A tanah lempung asli

$$\text{Luas Sampel} = 28,274 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kalibrasi} = 0,56 \text{ kgf/Div}$$

$$\text{Pembacaan Dial} = 11$$

$$\text{Berat Sampel} = 98,3 \text{ gr}$$

$$\text{Beban Tetap} = 5000 \text{ gr}$$

$$\text{Beban Tambahan} = 483,3 \text{ gr}$$

$$\text{Total Beban} = 5000 + 483,3 = 5483,3 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} 1. \quad \text{Tegangan Normal } (\sigma) &= \frac{\text{Total beban}}{\text{Luas Sampel}} \\ &= \frac{5483,3/1000}{28,274} \\ &= 0,19393 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 19,393 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \quad \text{Tegangan Geser } (\tau) &= \frac{\text{Kalibrasi} \times \text{Pembacaan Dial}}{\text{Luas Sampel}} \\ &= \frac{0,56 \times 11}{28,274} \\ &= 0,21787 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 21,787 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

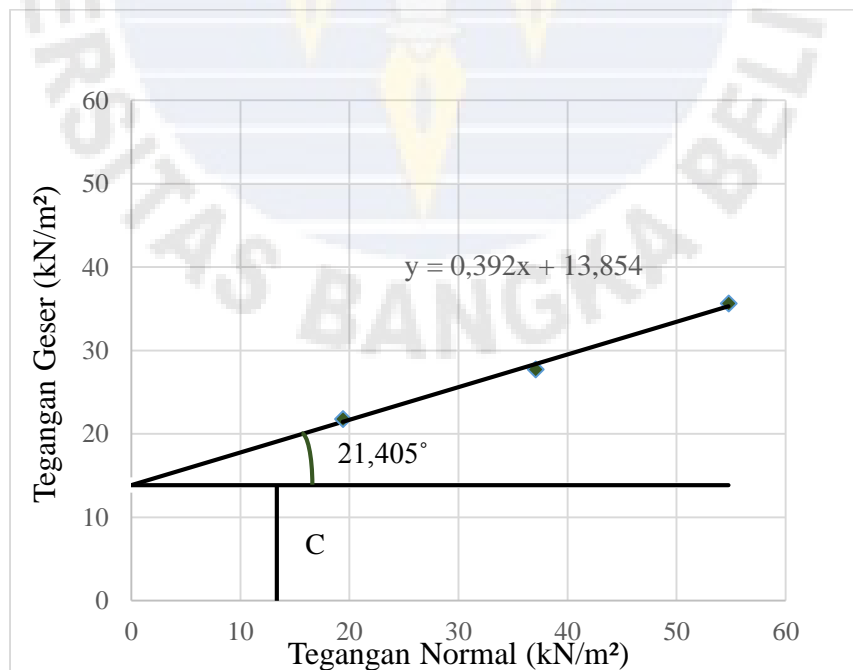
Untuk sampel B dan C tanah lempung asli dilakukan langkah perhitungan yang sama seperti perhitungan sampel A tanah lempung asli. Adapun hasil perhitungan tegangan normal dan tegangan geser sampel A, sampel B, dan Sampel C tanah lempung asli dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Tegangan Normal dan Tegangan Geser Tanah Lempung Asli

Sampel	Tegangan Normal (σ)	Tegangan Geser (τ)
	kN/m ²	kN/m ²
A	19,393	21,787
B	37,078	27,729
C	54,762	35,651

Sumber : Data diolah, 2020

Untuk mendapatkan nilai kohesi, maka nilai tegangan normal dan nilai tegangan geser hasil pengujian dihubungkan seperti Gambar 4.4, kemudian persamaan yang didapatkan dari grafik pada Gambar 4.4 digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan geser kembali guna untuk menghitung sudut geser secara analitik.



Sumber : Data diolah, 2020

Gambar 4.4 Uji Kuat Geser Tanah Lempung Asli

Berdasarkan Gambar 4.4 diketahui bahwa terdapat persamaan yang dihasilkan dari hubungan tegangan normal (σ) dan tegangan geser (τ), yang kemudian digunakan untuk menghitung kembali tegangan geser (τ) agar nilai sudut geser (ϕ) dari ketiga sampel benda uji bernilai sama. Jika perhitungan tegangan geser (τ) tidak dihitung kembali dengan menggunakan persamaan yang terdapat pada Gambar 4.4, maka hasil nilai sudut geser (ϕ) ketiga sampel benda uji berbeda.

Kuat geser dihitung berdasarkan nilai kohesi (c) sebesar 13,854 kN/m² dan sudut geser (ϕ) sebesar 21,405°, serta tegangan normal rata-rata sebesar 37,078 kN/m².

$$\begin{aligned} 3. \quad \text{Kuat Geser (s)} &= c + \sigma \times \tan \phi \\ &= 13,854 + (37,078 \times \tan 21,405^\circ) = 28,388 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan untuk setiap variasi campuran juga dilakukan dengan rumus dan cara yang sama, seperti lampiran A-12 sampai dengan lampiran A-14.

Berikut Tabel 4.9 dan Gambar 4.5 menunjukkan nilai sudut geser (ϕ) yang didapatkan dari pengujian kuat geser tanah lempung asli dan tanah lempung yang ditambah serbuk cangkang telur dan serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*).

Tabel 4.9 Nilai Sudut Geser

Jenis Tanah	Sudut Geser (ϕ)	Persentase Peningkatan Terhadap Tanah Lempung
	(°)	(%)
TLA	21,405	-
TLA + 3% SCT + 22% SCKD	26,748	24,961
TLA + 3% SCT + 25% SCKD	29,249	36,644
TLA + 3% SCT + 28% SCKD	31,633	47,782

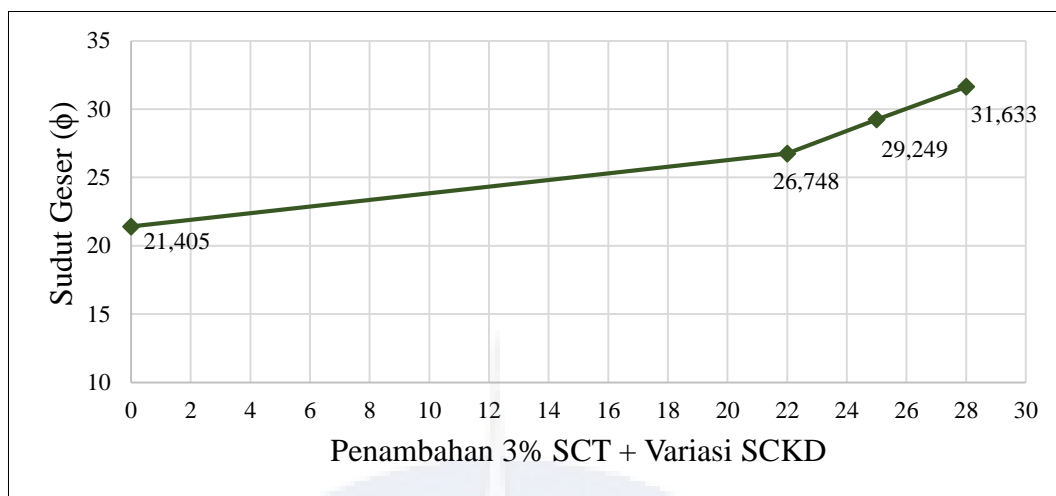
Sumber : Data diolah, 2020

*Keterangan :

TLA = Tanah Lempung Asli

SCT = Serbuk Cangkang Telur

SCKD = Serbuk Cangkang Kerang Darah



Sumber : Data diolah, 2020

Gambar 4.5 Grafik Peningkatan Nilai Sudut Geser

*Keterangan :

TLA = Tanah Lempung Asli

SCT = Serbuk Cangkang Telur

SCKD = Serbuk Cangkang Kerang Darah

Berdasarkan Tabel 4.9 dan Gambar 4.5 diketahui bahwa nilai sudut geser tanah lempung asli yaitu sebesar $21,405^\circ$, kemudian setelah dilakukan penambahan 3% serbuk cangkang telur dan 22% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) nilai sudut geser mengalami peningkatan sebesar 24,961% menjadi $26,748^\circ$. Nilai sudut geser pada tanah lempung yang ditambah 3% serbuk cangkang telur dan 25% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) juga mengalami peningkatan 36,644% menjadi $29,249^\circ$. Peningkatan nilai sudut geser juga terjadi pada tanah lempung yang ditambah 3% serbuk cangkang telur dan 28% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) sebesar 47,782% yakni $31,633^\circ$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan serbuk cangkang telur dan serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dengan komposisi tertentu dapat meningkatkan nilai sudut geser pada tanah lempung, yang mana diketahui bahwa gesekan antar butiran tanah mempengaruhi nilai sudut geser. Besaran nilai sudut geser juga berkaitan dengan tingkat kepadatan tanah, semakin padat tanah maka sudut geser yang dihasilkan juga akan semakin besar (Bowles, 1989). Senyawa kalsium karbonat yang terkandung di dalam cangkang telur serta kalsium

oksida yang terkandung di dalam cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) mempunyai daya ikat yang baik sehingga mengakibatkan tanah lempung menjadi padat serta gesekan antar butiran tanah lempung menjadi lebih baik. Senyawa lain yang mengakibatkan tanah lempung menjadi padat adalah senyawa silika yang terkandung di dalam cangkang kerang darah (*Anadara granosa*), karena diketahui bahwa senyawa silika mempunyai sifat perekat sehingga menyebabkan tanah lempung menjadi saling berikatan serta menjadi lebih kompak dan padat. Hal ini diperkuat juga dengan adanya penelitian Defania (2020) yang menyebutkan bahwa silika memiliki sifat yang dapat menyerap dan mengikat air pada tanah lempung sehingga membuat rongga udara semakin kecil.

Berikut Tabel 4.10 dan Gambar 4.6 yang menunjukkan nilai kohesi (c) yang didapatkan dari pengujian kuat geser tanah lempung asli dan tanah lempung campuran serbuk cangkang telur dan serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*), sehingga akan diketahui pengaruh dari penambahan serbuk cangkang telur dan serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) terhadap nilai kohesi tanah lempung, serta dapat membandingkan antara nilai kohesi tanah lempung asli dan nilai kohesi tanah lempung dengan bahan tambah tersebut.

Tabel 4.10 Nilai Kohesi

Jenis Tanah	Kohesi (c)	Persentase Peningkatan Terhadap Tanah Lempung
	(kN/m ²)	(%)
TLA	13,854	-
TLA + 3% SCT + 22% SCKD	19,605	41,511
TLA + 3% SCT + 25% SCKD	24,791	78,945
TLA + 3% SCT + 28% SCKD	35,919	159,268

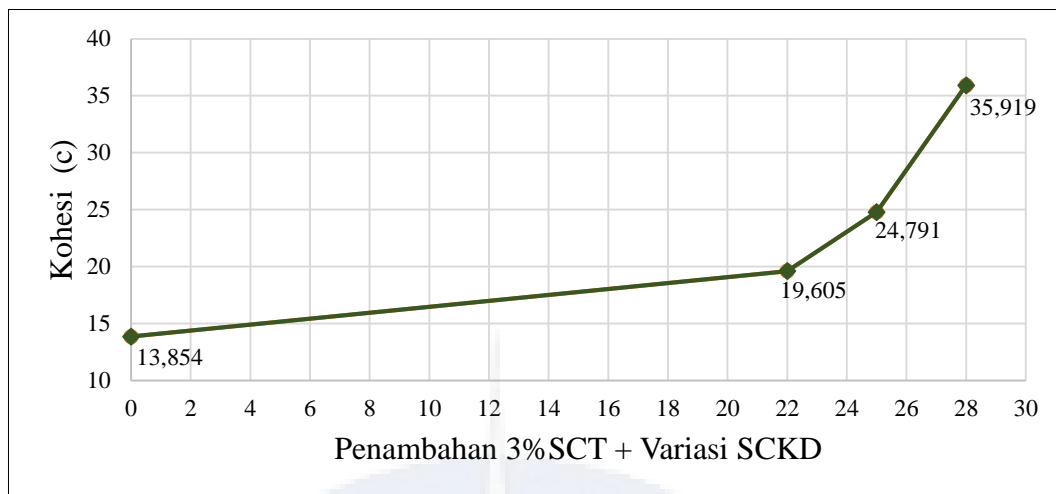
Sumber : Data diolah, 2020

*Keterangan :

TLA = Tanah Lempung Asli

SCT = Serbuk Cangkang Telur

SCKD = Serbuk Cangkang Kerang Darah



Sumber : Data diolah, 2020

Gambar 4.6 Grafik Peningkatan Nilai Kohesi

*Keterangan :

TLA = Tanah Lempung Asli

SCT = Serbuk Cangkang Telur

SCKD = Serbuk Cangkang Kerang Darah

Berdasarkan Tabel 4.10 dan Gambar 4.6 diketahui bahwa nilai kohesi pada tanah lempung asli sebesar 13,854 kN/m². Kemudian setelah dilakukan penambahan 3% serbuk cangkang telur dan 22% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) nilai kohesi mengalami peningkatan sebesar 41,511% menjadi 19,605 kN/m². Nilai kohesi pada tanah lempung yang ditambah 3% serbuk cangkang telur dan 25% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) juga mengalami peningkatan 78,945% menjadi 24,791 kN/m². Peningkatan nilai kohesi juga terjadi pada tanah lempung yang ditambah 3% serbuk cangkang telur dan 28% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) sebesar 159,268% yakni 35,919 kN/m². Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan serbuk cangkang telur dan serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dengan komposisi tertentu dapat meningkatkan nilai kohesi pada tanah lempung. Salah satu aspek yang mempengaruhi kenaikan nilai kohesi yaitu kerapatan dan jarak antar partikel tanah. Kohesi tanah tergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung pada tegangan normal yang bekerja pada bidang geser. Peningkatan nilai kohesi ketika ditambah dengan serbuk cangkang telur dan serbuk

cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dengan komposisi tertentu pada tanah lempung menunjukkan bahwa butiran tanah lempung tersebut menjadi lebih rapat dari sebelumnya. Hal ini disebabkan oleh kalsium karbonat yang terdapat di dalam cangkang telur serta kalsium oksida dan silika yang terdapat di dalam cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) yang mempunyai daya ikat yang baik sehingga mampu mengikat butiran-butiran tanah lempung dan membuat tanah lempung menjadi lebih rapat daripada sebelumnya. Selain itu, menurut Fitri (2020) menyebutkan bahwa silika yang bersifat mudah menyerap air dan mampu mengurangi kadar air jika ditambahkan kedalam campuran tanah lempung mampu membuat jarak antar partikel pada tanah lempung menjadi semakin rapat dan padat.

Setelah mendapatkan nilai sudut geser dan nilai kohesi dari pengujian kuat geser, maka tahap selanjutnya adalah menentukan nilai kuat geser dari tanah lempung tersebut. Kuat geser merupakan suatu parameter mekanika tanah yang dijadikan acuan dalam menganalisis daya dukung tanah (Hardiyatmo, 2002). Nilai kuat geser tanah lempung asli dan tanah lempung campuran serbuk cangkang telur dan serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan Gambar 4.7.

Tabel 4.11 Nilai Kuat Geser

Jenis Tanah	Kuat Geser (s)	Persentase Peningkatan Terhadap Tanah Lempung
	(kN/m ²)	(%)
TLA	28,388	-
TLA + 3% SCT + 22% SCKD	38,292	34,886
TLA + 3% SCT + 25% SCKD	45,554	60,468
TLA + 3% SCT + 28% SCKD	58,759	106,982

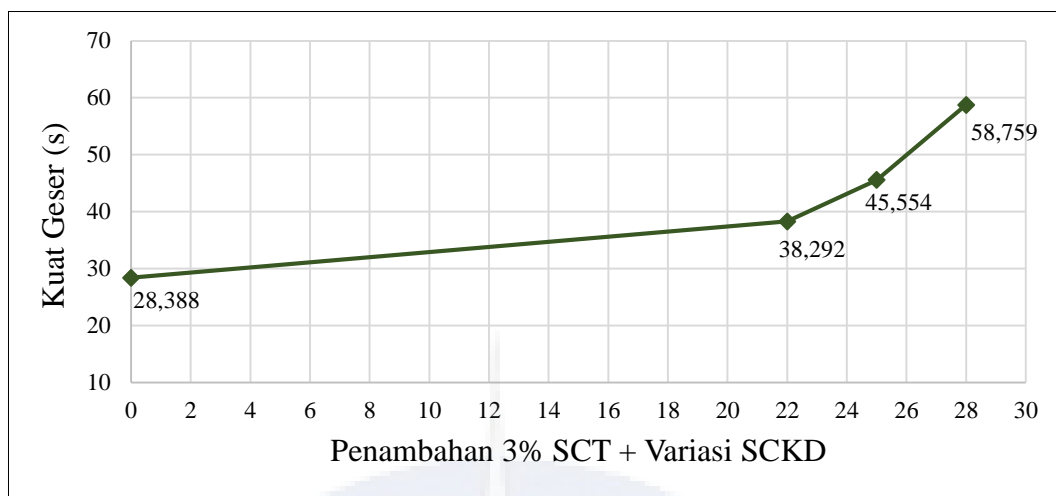
Sumber : Data diolah, 2020

*Keterangan :

TLA = Tanah Lempung Asli

SCT = Serbuk Cangkang Telur

SCKD = Serbuk Cangkang Kerang Darah



Sumber : Data diolah, 2020

Gambar 4.7 Grafik Peningkatan Nilai Kuat Geser

*Keterangan :

TLA = Tanah Lempung Asli

SCT = Serbuk Cangkang Telur

SCKD = Serbuk Cangkang Kerang Darah

Berdasarkan Tabel 4.11 dan Gambar 4.7 diketahui bahwa nilai kuat geser pada tanah lempung asli sebesar 28,388 kN/m². Setelah dilakukan penambahan 3% serbuk cangkang telur dan 22% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) nilai kuat geser mengalami peningkatan sebesar 34,886% menjadi 38,292 kN/m². Nilai kuat geser pada tanah lempung yang ditambah 3% serbuk cangkang telur dan 25% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) juga mengalami peningkatan 60,468% menjadi 45,554 kN/m². Peningkatan nilai kuat geser juga terjadi pada tanah lempung yang ditambah 3% serbuk cangkang telur dan 28% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) sebesar 106,982% yakni 58,759 kN/m². Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan serbuk cangkang telur dan serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dengan komposisi tertentu dapat meningkatkan nilai kuat geser pada tanah lempung.

Berdasarkan nilai-nilai tersebut dapat diketahui bahwa dengan penambahan serbuk cangkang telur dan serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dengan komposisi tertentu dapat meningkatkan nilai kuat geser dari tanah lempung. Hal ini disebabkan karena serbuk cangkang telur dan serbuk cangkang kerang darah

(*Anadara granosa*) yang bereaksi dengan tanah lempung sehingga terjadi pengikatan antara butiran tanah lempung. Selain itu, senyawa kalsium karbonat yang terkandung di dalam cangkang telur dan kalsium oksida dan silika yang terdapat di dalam cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) yang mempunyai daya ikat yang baik yang menyebabkan tanah lempung menjadi kompak dan padat. Hal ini juga terbukti dengan adanya peningkatan nilai kohesi dan nilai sudut geser antara tanah lempung asli dan tanah lempung yang dicampur dengan serbuk cangkang telur dan serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*).

4.1.8 Pengujian Analisis Saringan Tanah Lempung dengan Penambahan

Serbuk Cangkang Telur dan Serbuk Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Pada penelitian ini dilakukan analisis saringan untuk tiap-tiap tanah lempung dengan campuran 3% serbuk cangkang telur dan dikombinasikan dengan serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dengan variasi 22%, 25%, dan 28%. Pengujian dilakukan dengan cara yang sama seperti pengujian analisis saringan tanah lempung asli berdasarkan SNI 3423:2008, yang berbeda hanya adanya penambahan campuran serbuk cangkang telur dan serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dengan komposisi tertentu kedalam tanah lempung. Pengujian analisis saringan bertujuan untuk mengetahui dan memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase dari butiran tersebut. Berdasarkan hasil pengujian analisis saringan diperoleh nilai persen lolos dan tertahan sehingga dapat dilakukan klasifikasi tanah dengan metode USCS (*Unified Soil Classification System*), jika persen lolos saringan No.200 kurang dari 50% berat awal maka tanah termasuk kedalam tanah berbutir kasar, sedangkan jika persen lolos saringan No.200 lebih dari 50% dari berat awal maka tanah termasuk kedalam tanah berbutir halus. Pengujian analisis saringan dengan 3% serbuk cangkang telur yang dikombinasikan dengan 22%, 25%, dan 28% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) penambahan kadar masing-masing bahan tambah secara berurutan adalah 15 gram, 110 gram, 125 gram, dan 140 gram dari 500 gram tanah lempung. Adapun hasil pengujian analisis saringan dengan penambahan serbuk cangkang telur dan serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) adalah sebagai berikut.

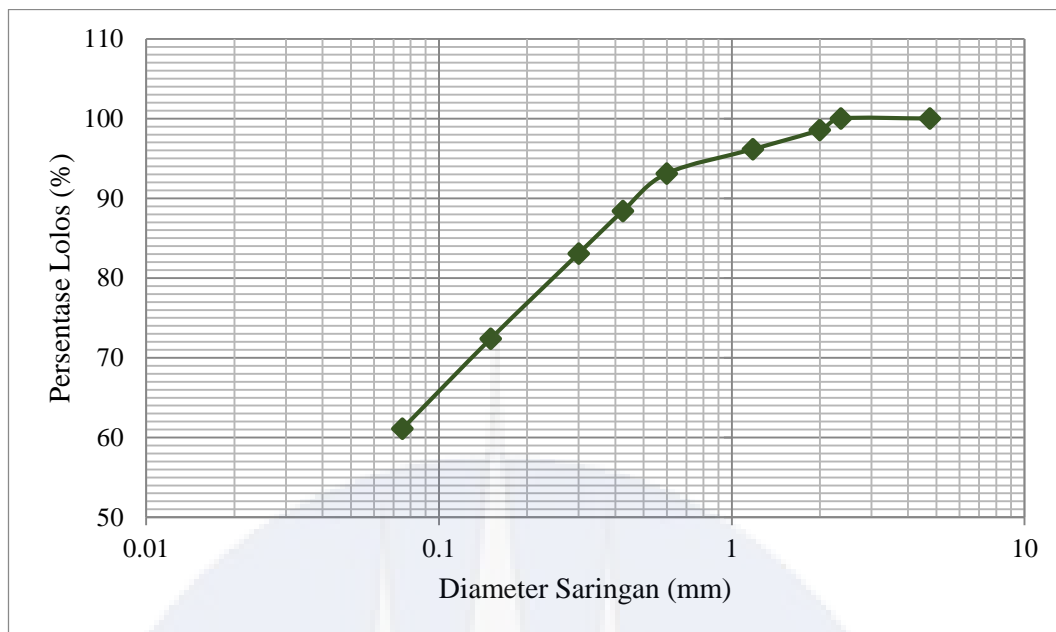
1. Analisis Saringan Tanah Lempung Asli + 3% Serbuk Cangkang Telur + 22% Serbuk Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Berdasarkan pengujian analisis saringan tanah lempung asli dengan campuran 3% serbuk cangkang telur dan dikombinasikan dengan 22% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dengan total berat sampel secara keseluruhan sebanyak 625 gram yang telah dilakukan, terdapat nilai tanah yang hilang setelah pengujian sebesar $0,29\% < 2\%$. Ada beberapa faktor yang menyebabkan kehilangan tanah setelah pengujian yakni ketidakteelitian peneliti dalam menuang atau mengangkat benda uji, serta kurang teliti dalam menimbang benda uji. Jumlah kehilangan tanah setelah pengujian dapat ditoleransi ataupun tidak menjadi masalah karena berdasarkan SNI 3423:2008, jika kehilangan tanah kurang dari 2% dari berat tanah awal, maka sampel pengujian tersebut dapat dianalisis lebih lanjut. Adapun hasil pengujian analisis saringan tanah lempung asli dengan campuran 3% serbuk cangkang telur dan dikombinasikan dengan 22% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) terdapat pada Tabel 4.12 dan Gambar 4.8.

Tabel 4.12 Nilai Analisis Saringan Tanah Lempung Asli + 3% Serbuk Cangkang Telur + 22% Serbuk Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Jumlah Berat Tertahan (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
No. 4	4,75	0	0	0	100
No. 8	2,36	0	0	0	100
No. 10	2	8,9	8,9	1,428	98,572
No. 16	1,18	15,1	24	3,851	96,149
No. 30	0,6	18,9	42,9	6,884	93,116
No. 40	0,425	29,3	72,2	11,585	88,415
No. 50	0,3	33,2	105,4	16,913	83,087
No. 100	0,15	66,7	172,1	27,616	72,384
No. 200	0,075	70,2	242,3	38,880	61,120
PAN	0	380,9	623,2	100	0

Sumber : Data diolah, 2020



Sumber : Data diolah, 2020

Gambar 4.8 Nilai Analisis Saringan Tanah Lempung Asli + 3% Serbuk Cangkang Telur + 22% Serbuk Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Berdasarkan Tabel 4.12 dan Gambar 4.8 diketahui bahwa persentase lolos pada saringan No.200 adalah sebesar 61,20% > 50%, dan berdasarkan Klasifikasi Tanah USCS diketahui nilai persentase lolos tanah lempung asli dengan campuran 3% serbuk cangkang telur dan dikombinasikan dengan 22% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) pada saringan No.200 menunjukkan bahwa sampel yang telah diuji tersebut masuk kedalam kategori tanah berbutir halus. Penambahan 3% serbuk cangkang telur dan dikombinasikan dengan 22% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) menyebabkan gradasi tanah lempung menjadi lebih kasar dibandingkan dengan tanah lempung asli.

2. Analisis Saringan Tanah Lempung Asli + 3% Serbuk Cangkang Telur + 25% Serbuk Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

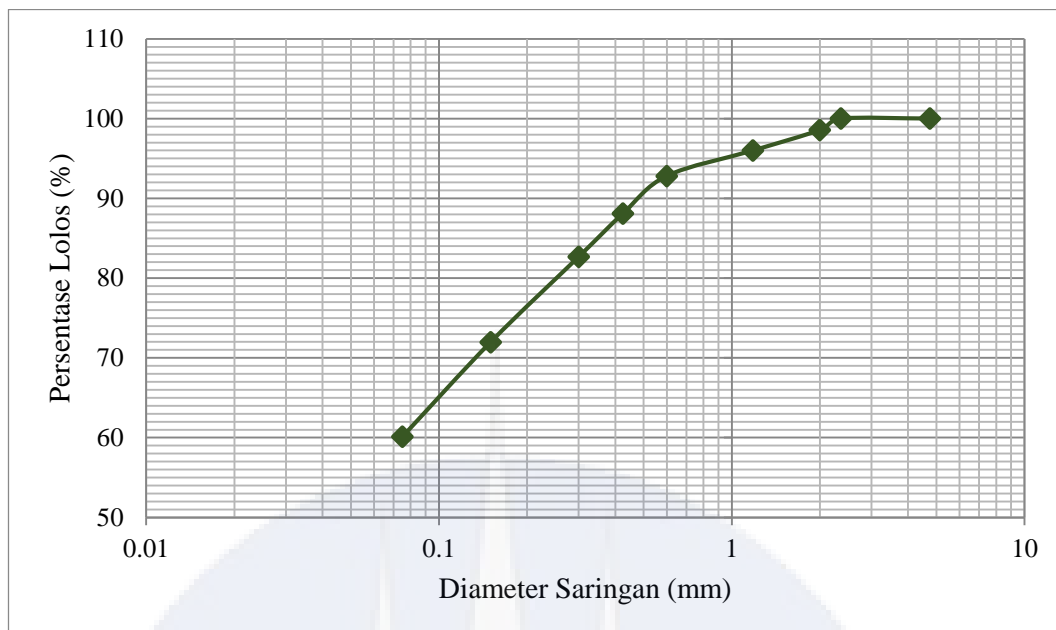
Pengujian analisis saringan tanah lempung asli yang dicampur dengan 3% serbuk cangkang telur dan 25% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dilakukan berdasarkan SNI 3423:2008, menggunakan ukuran saringan No.4 (4,75 mm), No.8 (2,36 mm), No.10 (2,00 mm), No.16 (1,18 mm), No.30 (0,60 mm), No.40 (0,425 mm), No.50 (0,30 mm), No.100 (0,15 mm), No. 200 (0,075 mm) dan

pan dengan berat sampel tanah kering sebanyak 500 gram, berat sampel serbuk cangkang telur sebanyak 15 gram, sedangkan berat sampel serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) sebanyak 125 gram. Jadi, total berat sampel secara keseluruhan untuk pengujian ini sebanyak 640 gram. Pengujian analisis saringan tanah lempung asli dengan campuran 3% serbuk cangkang telur dan dikombinasikan dengan 25% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) terdapat tanah yang hilang sebesar $0,31\% < 2\%$. Ada beberapa faktor yang menyebabkan kehilangan tanah setelah pengujian yakni adanya ketidakteelitian peneliti dalam menuang ataupun mengangkat benda uji, serta kurang teliti dalam menimbang benda uji. Jumlah kehilangan tanah tersebut dapat ditoleransi ataupun tidak menjadi masalah karena berdasarkan SNI 3423:2008, jika kehilangan tanah kurang dari 2% maka sampel pengujian tersebut dapat dianalisis lebih lanjut. Adapun hasil pengujian analisis saringan tanah lempung asli dengan campuran 3% serbuk cangkang telur dan dikombinasikan dengan 25% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) terdapat pada Tabel 4.13 dan Gambar 4.9.

Tabel 4.13 Nilai Analisis Saringan Tanah Lempung Asli + 3% Serbuk Cangkang Telur + 25% Serbuk Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Jumlah Berat Tertahan (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
No. 4	4,75	0	0	0	100
No. 8	2,36	0	0	0	100
No. 10	2	9,2	9,2	1,442	98,558
No. 16	1,18	16,4	25,6	4,013	95,987
No. 30	0,6	20,3	45,9	7,194	92,806
No. 40	0,425	30,1	76	11,912	88,088
No. 50	0,3	34,6	110,6	17,335	82,665
No. 100	0,15	68,3	178,9	28,041	71,959
No. 200	0,075	75,6	254,5	39,890	60,110
PAN	0	383,5	638	100	0

Sumber : Data diolah, 2020



Sumber : Data diolah, 2020

Gambar 4.9 Nilai Analisis Saringan Tanah Lempung Asli + 3% Serbuk Cangkang Telur + 25% Serbuk Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Berdasarkan Tabel 4.13 dan Gambar 4.9 diketahui bahwa persentase lolos pada saringan No.200 adalah sebesar 60,110% > 50%, dan berdasarkan Klasifikasi Tanah USCS diketahui nilai persentase lolos tanah lempung asli dengan campuran 3% serbuk cangkang telur dan dikombinasikan dengan 25% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) pada saringan No.200 menunjukkan bahwa sampel yang telah diuji tersebut masuk kedalam kategori tanah berbutir halus. Penambahan 3% serbuk cangkang telur dan dikombinasikan dengan 25% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) menyebabkan gradasi tanah lempung menjadi lebih kasar dibandingkan dengan tanah lempung asli.

3. Analisis Saringan Tanah Lempung Asli + 3% Serbuk Cangkang Telur + 28% Serbuk Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

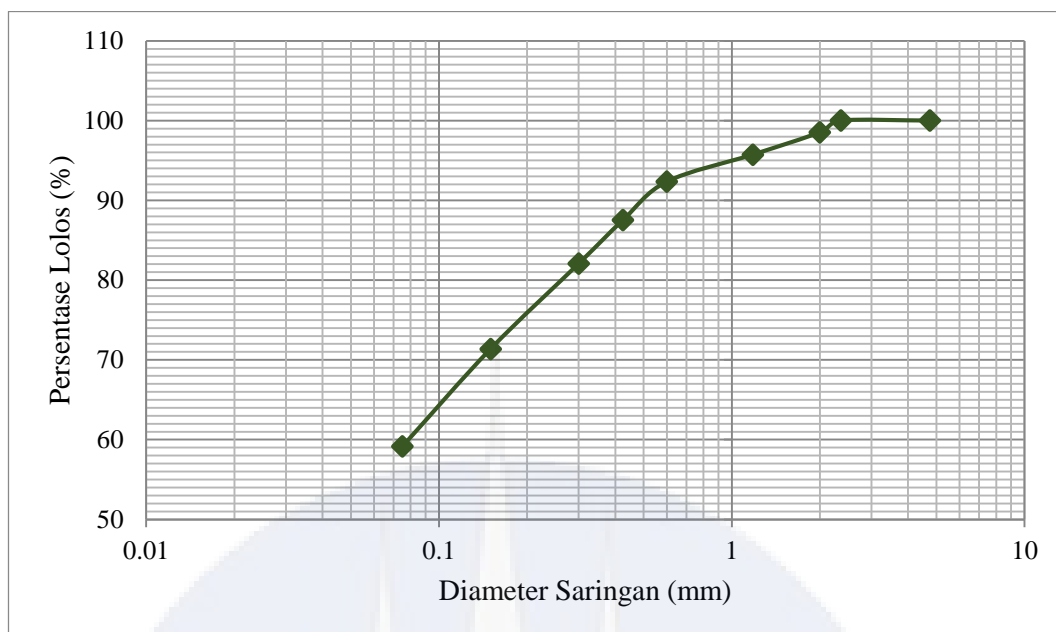
Pengujian analisis saringan tanah lempung asli yang dicampur dengan 3% serbuk cangkang telur dan 28% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dilakukan berdasarkan SNI 3423:2008, menggunakan ukuran saringan No.4 (4,75 mm), No.8 (2,36 mm), No.10 (2,00 mm), No.16 (1,18 mm), No.30 (0,60 mm), No.40 (0,425 mm), No.50 (0,30 mm), No.100 (0,15 mm), No. 200 (0,075 mm) dan

pan dengan berat sampel tanah kering sebanyak 500 gram, berat sampel serbuk cangkang telur sebanyak 15 gram, sedangkan berat sampel serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) sebanyak 140 gram. Jadi, total berat sampel secara keseluruhan untuk pengujian ini sebanyak 655 gram. Pengujian analisis saringan tanah lempung asli dengan campuran 3% serbuk cangkang telur dan dikombinasikan dengan 28% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) terdapat tanah yang hilang sebesar $0,53\% < 2\%$. Ada beberapa faktor yang menyebabkan kehilangan tanah setelah pengujian yakni ketidakteelitian peneliti dalam menuang atau mengangkat benda uji, serta kurang teliti dalam menimbang benda uji. Jumlah kehilangan tanah tersebut dapat ditoleransi ataupun tidak menjadi masalah karena berdasarkan SNI 3423:2008, jika kehilangan tanah kurang dari 2% maka sampel pengujian tersebut dapat dianalisis lebih lanjut. Adapun hasil pengujian analisis saringan tanah lempung asli dengan campuran 3% serbuk cangkang telur dan dikombinasikan dengan 28% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) terdapat pada Tabel 4.14 dan Gambar 4.10.

Tabel 4.14 Nilai Analisis Saringan Tanah Lempung Asli + 3% Serbuk Cangkang Telur + 28% Serbuk Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Jumlah Berat Tertahan (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
No. 4	4,75	0	0	0	100
No. 8	2,36	0	0	0	100
No. 10	2	9,6	9,6	1,474	98,526
No. 16	1,18	18,2	27,8	4,267	95,733
No. 30	0,6	22,1	49,9	7,659	92,341
No. 40	0,425	31,4	81,3	12,479	87,521
No. 50	0,3	35,6	116,9	17,943	82,057
No. 100	0,15	69,7	186,6	28,642	71,358
No. 200	0,075	79,6	266,2	40,860	59,140
PAN	0	385,3	651,5	100	0

Sumber : Data diolah, 2020



Sumber : Data diolah, 2020

Gambar 4.10 Nilai Analisis Saringan Tanah Lempung Asli + 3% Serbuk Cangkang Telur + 28% Serbuk Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Berdasarkan Tabel 4.14 dan Gambar 4.10 diketahui bahwa persentase lolos pada saringan No.200 adalah sebesar 59,140% > 50%, dan berdasarkan Klasifikasi Tanah USCS diketahui nilai persentase lolos tanah lempung asli dengan campuran 3% serbuk cangkang telur dan dikombinasikan dengan 28% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) pada saringan No.200 menunjukkan bahwa sampel yang telah diuji tersebut masuk kedalam kategori tanah berbutir halus. Penambahan 3% serbuk cangkang telur dan dikombinasikan dengan 28% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) menyebabkan gradasi tanah lempung menjadi lebih kasar dibandingkan dengan tanah lempung asli.

4. Analisis Perbandingan Hasil Pengujian Analisis Saringan dengan Penambahan 3% Serbuk Cangkang Telur dan 22%, 25%, 28% Serbuk Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Setelah dilakukan pengujian analisis saringan tiap campuran, maka langkah selanjutnya adalah menyajikan semua data analisis saringan kedalam tabel dan grafik gabungan yang menjadi satu kesatuan. Berikut adalah data yang diperoleh dari seluruh pengujian analisis saringan dengan penambahan serbuk cangkang telur

dan serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*). Tujuan pembuatan tabel dan grafik analisis saringan gabungan ini supaya dapat memudahkan untuk membaca hasil analisis saringan secara keseluruhan ataupun gabungan, serta dapat melihat perbandingan data antara hasil pengujian analisis saringan tanah lempung asli dengan pengujian analisis saringan tanah lempung asli yang ditambah dengan serbuk cangkang telur dan serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*). Semua pengujian analisis saringan dan penyajian data dalam bentuk tabel dan grafik dilakukan berdasarkan SNI 3423:2008. Adapun nilai analisis saringan tanah lempung asli dan tanah lempung dengan bahan tambah serbuk cangkang telur dan serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) gabungan dapat dilihat pada Tabel 4.15 dan Gambar 4.11.

Tabel 4.15 Nilai Analisis Saringan Gabungan

Saringan	Diameter Saringan (mm)	Persen (%) Lolos			
		TLA	TLA + 3% SCT + 22% SCKD	TLA + 3% SCT + 25% SCKD	TLA + 3% SCT + 28% SCKD
No. 4	4,75	100	100	100	100
No. 8	2,36	100	100	100	100
No. 10	2	98,657	98,572	98,558	98,526
No. 16	1,18	96,572	96,149	95,987	95,733
No. 30	0,6	93,865	93,116	92,806	92,341
No. 40	0,425	88,633	88,415	88,088	87,521
No. 50	0,3	83,761	83,087	82,665	82,057
No. 100	0,15	75,100	72,384	71,959	71,358
No. 200	0,075	63,532	61,120	60,110	59,140
PAN	0	0	0	0	0

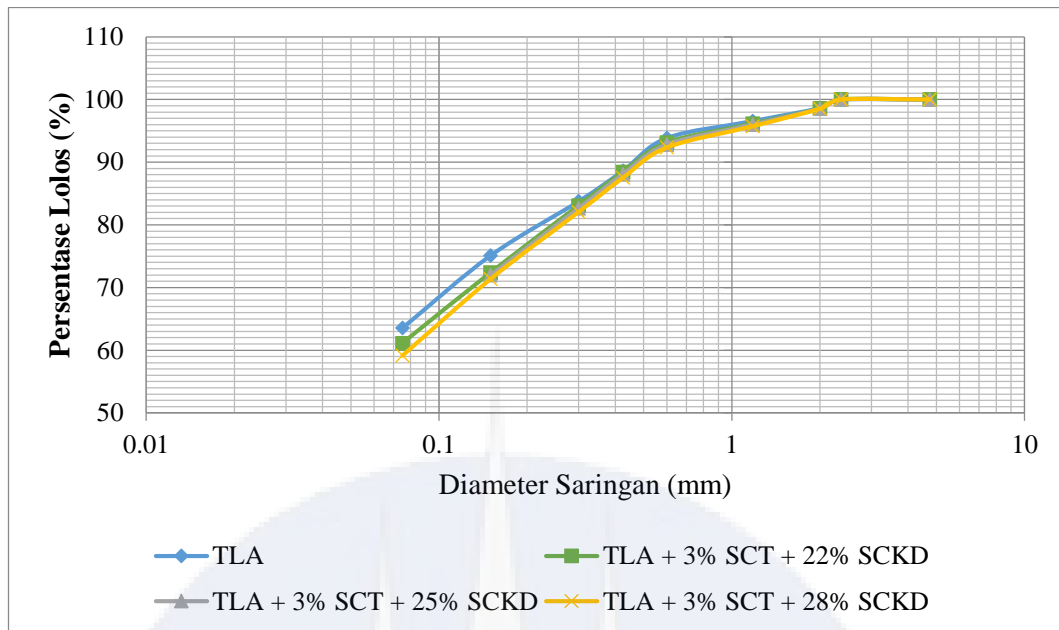
Sumber : Data diolah, 2020

*Keterangan :

TLA = Tanah Lempung Asli

SCT = Serbuk Cangkang Telur

SCKD = Serbuk Cangkang Kerang Darah



Sumber : Data diolah, 2020

Gambar 4.11 Grafik Nilai Analisis Saringan Gabungan

*Keterangan :

TLA = Tanah Lempung Asli

SCT = Serbuk Cangkang Telur

SCKD = Serbuk Cangkang Kerang Darah

Berdasarkan Tabel 4.15 dan Gambar 4.11 hasil pengujian analisis saringan dari empat variasi kadar campuran diatas, diketahui bahwa persentase lolos saringan tiap-tiap pengujian tidak jauh berbeda. Persentase lolos tiap-tiap saringan dari empat variasi mengalami penurunan. Untuk persentase tanah yang lolos saringan No.200 pada tanah lempung asli dan tanah lempung dengan setiap variasi 3% serbuk cangkang telur dan 22% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*), 3% serbuk cangkang telur dan 25% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*), 3% serbuk cangkang telur dan 28% serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) terjadi penurunan berturut-turut yakni 63,532%, 61,120%, 60,110%, dan 59,140%. Menurut Klasifikasi Tanah USCS, keempat variasi tersebut masih termasuk ke dalam jenis tanah dengan kategori berbutir halus. Hal ini dikarenakan persen lolos saringan No.200 lebih dari 50%, walaupun persen tanah lolos pada tanah yang dicampur oleh serbuk cangkang telur dan serbuk

cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) berkurang dari tanah lempung asli. Adanya penambahan serbuk cangkang telur dan serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) tidak mengubah klasifikasi tanah, namun dapat mengubah gradasi tanah menjadi lebih kasar daripada tanah lempung asli. Selain itu, menurut Umam, Nugroho, Wibisono, (2019) menyatakan bahwa distribusi ukuran butir tanah sangat mempengaruhi kuat geser tanah, semakin kasar ukuran butir tanah maka sudut geser tanah tersebut akan semakin besar, begitu juga sebaliknya.

