



Tameh: Journal of Civil Engineering
University of Muhammadiyah Aceh

Analisis Perubahan Volume pada Timbunan Tanah Lempung Berdasarkan Nilai Batas Susut (SNI 3422:2008)

¹Yus Yudhyantoro, ²Andri Prayoga, ³Maimunah

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

²³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Aceh

¹yusyudhy@unsyiah.ac.id, ²andripakoth@gmail.com, ³maimunah@unmuha.ac.id

Abstract

Sedimentation has continuously resulted in siltation of the port of Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Lampulo located in Kuta Alam District, Banda Aceh City. The dredged soil collected outside the port area visually indicates clay soil. In addition to the low bearing capacity and high plasticity, the effect of water on clay is high swelling and shrinkage. One of the prominent behaviors that cause major damage to structures built on clay is associated with volume decrease i.e., shrinkage in saturated compressible clay soil when water get evaporated. Shrinkage in clay will result in volume changes. The purpose of this research is to calculate the volume changes in mound of clay soil based on shrinkage limit values using SNI 3422:2008. The soil sample used is an undisturbed sample (UDS) originating from the dredging area of the port of PPS Lampulo. The test consists of water content, specific gravity, liquid limit, plastic limit, shrinkage limit and grain size distribution using the SNI method. Based on the results of the index properties test, according to AASHTO the soil sample belongs to group A-7-5 which means it is a clay soil with a GI value greater than 20, so it is considered poor as a subgrade soil. According to USCS, the soil belongs to the CH classification, which means clay soil with high plasticity, so it has a large potential for expansion and shrinkage. Based on SNI 3422:2008, the average shrinkage limit (SL) is 21.21%, the average shrinkage ratio (R) is 2.27% and the average linear shrinkage (LS) is 9.65%. With an average volume change (VC) value of 35.59%, the shrinkage volume of soil embankment of the dredging area of the port of PPS Lampulo is 32,438.85 m³ compared to its initial volume (91,145.97 m³). Therefore, the shrinkage limit is an important parameter for calculating the volume shrinkage in mound of soil due to the soil type is clay with high plasticity.

Keywords: clay soil, shrinkage limit, volume

Abstrak

Sedimentasi secara terus-menerus mengakibatkan pendangkalan pada kolam labuh PPS (Pelabuhan Perikanan Samudra) Lampulo yang terletak di Kecamatan Kuta Alam Kota Banda Aceh. Tanah hasil pengerukan yang ditimbun di luar area pelabuhan, secara visual mengindikasikan tanah lempung. Pengaruh air terhadap tanah lempung selain daya dukung rendah dan plastisitas tinggi, adalah kembang-susut yang tinggi. Salah satu perilaku menonjol yang menyebabkan kerusakan besar pada struktur yang dibangun di atas tanah lempung adalah terjadinya pengurangan volume, yaitu penyusutan ketika tanah lempung dengan sifat mudah-mampat yang jenuh air mengalami penguapan. Penyusutan pada tanah lempung akan mengakibatkan terjadinya perubahan volume. Tujuan penelitian ini adalah menghitung perubahan volume timbunan tanah lempung berdasarkan nilai batas susut (*shrinkage limit*) dengan menggunakan SNI 3422:2008. Sampel tanah yang digunakan adalah sampel tidak terganggu (*undisturbed sample*) yang berasal dari area penimbunan hasil pengerukan Kolam Labuh PPS Lampulo. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian kadar air, berat jenis, batas cair, batas plastis, batas susut dan distribusi ukuran butiran menggunakan metode SNI. Berdasarkan hasil uji sifat-sifat fisis, menurut AASHTO sampel tanah termasuk kelompok A-7-5 yang berarti adalah tanah berlempung dengan nilai GI yang lebih besar dari 20 sehingga dinilai buruk sebagai tanah dasar. Menurut USCS, tanah tergolong dalam klasifikasi CH yang berarti tanah lempung dengan plastisitas tinggi sehingga memiliki potensi pengembangan dan penyusutan yang besar. Berdasarkan SNI 3422:2008 diperoleh nilai batas susut (SL) rata-rata adalah 21,21%, rasio susut (R) rata-rata adalah 2,27% dan nilai susut linear (LS) rata-rata adalah 9,65%. Dengan nilai perubahan volume (VC) rata-rata adalah 35,59% maka volume penyusutan timbunan tanah hasil pengerukan kolam labuh PPS Lampulo adalah sebesar 32.438,85 m³ terhadap volume awalnya (91.145,97 m³). Oleh karena itu batas susut menjadi parameter penting untuk menghitung penyusutan volume pada timbunan tanah yang disebabkan karena jenis tanahnya adalah lempung dengan plastisitas tinggi.

Kata kunci: tanah lempung, batas susut, volume

1. Pendahuluan

Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Lampulo adalah salah satu pelabuhan perikanan terbesar dan memiliki kontribusi terhadap sektor perikanan laut di Aceh. PPS Lampulo yang berada dibagian utara Sumatera ini memiliki daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) yang sangat potensial, yaitu di Selat Malaka dan Samudera Hindia.

Secara geografis, PPS Lampulo yang berada dalam wilayah administrasi Kecamatan Kuta Alam Kota Banda Aceh, letaknya berdekatan dengan muara sungai Krueng Aceh. Secara alami Pelabuhan ini mempunyai masalah terhadap sedimentasi dan erosi.

Sedimentasi yang terjadi secara terus-menerus mengakibatkan pendangkalan pada kolam labuh PPS (Pelabuhan Perikanan Samudra) Lampulo yang terletak di Kecamatan Kuta Alam Kota Banda Aceh. Untuk mengurangi pendangkalan, maka Pemerintah Kota Banda Aceh melakukan penanganan secara teknis maupun non teknis. Salah satu upaya penanganan teknis adalah melakukan pengerukan di kolam labuh dengan menggunakan kapal keruk. Hasil pengerukan sedimentasi tersebut kemudian ditimbun pada lokasi yang telah ditentukan dan terletak diluar area pelabuhan.

Beberapa minggu setelah penimbunan selesai, dilakukan penghitungan ulang terhadap volume timbunan tanah yang merupakan hasil pengerukan sedimentasi kolam labuh PPS Lampulo tersebut. Permasalahan yang terjadi yaitu adanya perbedaan yang cukup besar antara volume sedimentasi yang dimuat oleh kapal keruk dan volume yang ditimbun pada area yang ditentukan.

Pengamatan secara visual dan perabaan menunjukkan bahwa tanah sedimen tersebut adalah tanah berbutir halus dan lengket yang mengindikasikan termasuk jenis tanah kohesif (lempung atau lanau). Salah satu perilaku menonjol yang menyebabkan kerusakan besar pada struktur yang dibangun di atas tanah lempung adalah terjadinya pengurangan volume berupa penyusutan yang terjadi ketika tanah lempung dengan sifat mudah-mampat yang jenuh air mengalami penguapan.

Tujuan penelitian ini adalah menghitung perubahan volume timbunan tanah lempung berdasarkan nilai batas susut (*shrinkage limit*) dengan menggunakan SNI 3422:2008. Penelitian yang dilakukan terhadap sifat-sifat fisis tanah yang meliputi kadar air, berat jenis, batas cair, batas plastis, batas susut dan analisis ukuran butir tanah merujuk kepada metode SNI (Standar Nasional Indonesia).

Sampel tanah yang digunakan adalah sampel tidak terganggu (*undisturbed sample*). Pengambilan sampel dengan metode dan alat *hand auger* (bor tangan) hingga kedalaman 2m, dimana sampel dimasukkan ke dalam tabung (*tube*) dan kedua ujungnya ditutup rapat sehingga tidak terjadi perubahan kadar air.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dalam bidang teknik sipil mengenai perhitungan nilai batas susut dan perubahan volume pada tanah berbutir halus, khususnya tanah lempung. Selain itu juga dapat memberikan solusi terhadap perselisihan yang mungkin terjadi dikalangan para pelaku jasa konstruksi terkait terjadinya perubahan volume tanah saat dilakukan *opname* pekerjaan.

2. Tinjauan Pustaka

Tanah merupakan produk hasil pelapukan fisika dan kimia dari batuan. Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*) [1].

Sedimentasi adalah peristiwa pengendapan hasil pelapukan batuan yang telah diangkut oleh tenaga air dan angin. Proses ini terjadi melalui dua tahap, yaitu tahap pertama pada saat pengikisan, air membawa batuan mengalir ke sungai, danau dan akhirnya sampai di laut. Tahap selanjutnya pada saat kekuatan pengangkutannya berkurang atau habis, batuan diendapkan di daerah aliran air [13].

2.1. Material Sedimentasi

Menurut [13] ada tiga kelompok populasi sedimen, yaitu *gravel* atau kerikil (*boulder*, *cobble* dan *pebble*), *sand* atau pasir (pasir sangat kasar, kasar, medium, halus dan sangat halus) serta *mud* atau lumpur (*clay* dan *silt*).

Beberapa penelitian yang dilakukan terhadap lapisan tanah dasar kolam labuh menyebutkan bahwa jenis tanah yang merupakan hasil sedimentasi adalah tanah berbutir halus atau dominan tanah lempung dan lanau.

Hasil penelitian menunjukkan endapan dasar laut hingga kedalaman sekitar 10m di perairan Pelabuhan Cirebon adalah dominan tanah lempung dan lempung kelanauan [8]. Penelitian terhadap sedimentasi yang terjadi pada bagian luar kolam labuh Pelabuhan Tanjung Emas Semarang juga menunjukkan susunan sedimen lanau, lanau pasiran dan lanau lempung pasiran [9].

2.2. Klasifikasi Tanah

Sifat-sifat fisis tanah sangat bergantung pada ukuran butirannya [1]. Besarnya butiran dijadikan dasar untuk pemberian nama dan klasifikasi tanah. Untuk menentukan klasifikasi tanah diperlukan pengukuran batas cair, batas plastis dan analisis ukuran butiran.

Klasifikasi tanah yang umum dipakai dalam bidang teknik sipil adalah Sistem Klasifikasi USCS (*Unified Standard Classification System*) dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Kedua sistem klasifikasi di atas selain didasarkan pada tekstur dan plastisitas tanah, juga membagi tanah dalam dua kategori pokok, yaitu berbutir kasar (*coarse-grained*) dan berbutir halus (*fine-grained*). Pengujian yang digunakan adalah batas-batas *Atterberg* dan analisis ukuran butiran.

Pada sistem USCS, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan nomor 200 dan sebagai tanah berbutir halus (lanau dan lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomor 200. Selanjutnya tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan subkelompok yang telah ditentukan [1].

Sistem klasifikasi AASHTO berguna untuk menentukan kualitas tanah dalam perancangan timbunan jalan, *subbase* (lapis pondasi) dan *subgrade* (tanah dasar). Sistem klasifikasi AASHTO membagi tanah ke dalam 8 (delapan) kelompok, yaitu A-1 sampai A-8 termasuk sub-subkelompok. Tanah dalam setiap kelompok

dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus empiris.

Indeks kelompok (*group index*) atau disingkat GI dihitung dengan menggunakan rumus 1 berikut ini. Nilai GI yang semakin tinggi menunjukkan tanah semakin berkurang ketepatan penggunaannya.

$$GI = (F - 35)[0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01(F - 15)(PI - 10) \quad (1)$$

dengan :

F = butiran lolos saringan nomor 200 (0,075mm) (%)

LL = batas cair (%)

PI = indeks plastisitas (%)

2.3. Karakteristik Tanah Lempung

Karakteristik dasar tanah digambarkan dari bentuk, warna, tekstur, dan ukuran tanah. Deskripsi tanah tersebut merupakan sifat-sifat fisis yang meliputi berat jenis, konsistensi, densitas dan distribusi ukuran butiran.

Tanah lempung (*clay*) yang termasuk tanah kohesif adalah jenis tanah yang sangat dipengaruhi oleh kadar air. Secara khusus, lempung adalah jenis tanah yang tidak memiliki kestabilan volume, mudah mengembang (*swell*) dan menyusut (*shrink*) seiring dengan perubahan kadar airnya. Jenis tanah lempung seperti ini terdapat di hampir seluruh negara di dunia, termasuk Indonesia.

2.4. Berat Jenis Tanah

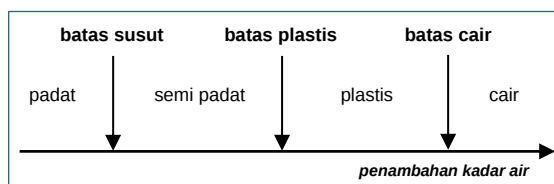
Berat Jenis (disebut juga berat spesifik) dari butiran tanah (bagian padat) sering dibutuhkan dalam bermacam-macam keperluan perhitungan dalam mekanika tanah. Nilai berat jenis dari berbagai jenis tanah diberikan dalam Tabel 1 berikut ini [1].

Tabel 1. Berat jenis tanah [10]

Jenis Tanah	Berat Jenis (Gs)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau tak organik	2,62 – 2,68
Lempung organik	2,58 – 2,65
Lempung tak organik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

2.5. Konsistensi Tanah

Hal terpenting pada tanah berbutir halus, termasuk lempung adalah sifat plastisitasnya. Istilah plastisitas menggambarkan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak atau hancur. Indeks konsistensi (*consistency index*) adalah parameter penting yang digunakan untuk menunjukkan sifat-sifat fisis tanah lempung. Konsistensi adalah kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu. Indeks konsistensi meliputi batas cair (*liquid limit*), batas plastic (*plastic limit*) dan batas susut (*shrinkage limit*) seperti ditunjukkan Gambar 1 berikut [10]. Ketiga batas konsistensi tersebut sering disebut dengan batas-batas *Atterberg* (*Atterberg Limits*).



Gambar 1. Diagram Indeks Konsistensi

Batas cair (LL) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. Batas plastis (PL) didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat [1]. Nilai batas cair dan batas plastis berguna untuk menentukan nilai Indeks Plastisitas.

Batas susut (SL) didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah [10]. Massa tanah akan menyusut apabila kadar air secara perlahan berkurang akibat pengeringan.

2.6. Plastisitas Tanah

Indeks Plastisitas (PI), yaitu selisih antara batas cair dan batas plastis, merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah [1]. Jika tanah mempunyai PI tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung. Jika PI rendah, seperti lanau, sedikit

pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering [1].

Secara umum penyusutan dan pengembangan berkorelasi dengan plastisitas dan, selain struktur tanah, juga bergantung pada karakteristik tanah yang sama, seperti komposisi mineral, distribusi ukuran partikel, dan jenis kation yang diserap [11]. Hubungan antara Indeks Plastisitas, Sifat, Jenis dan Kohesi Tanah ditunjukkan Tabel 2 berikut [1].

Tabel 2. Indeks plastisitas, sifat dan jenis tanah [1]

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non Kohesif
< 7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesif Sebagian
7 - 17	Plastisitas Sedang	Lempung Berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

2.7. Batas Susut

Dalam praktek rekayasa geoteknik, parameter batas susut mendapat perhatian khusus dikarenakan banyak terjadi retak-susut pada tanah dalam rentang nilai kadar air ini [7].

Karena itu konsep batas susut dapat digunakan untuk mengevaluasi potensi susut atau kemungkinan pengembangan, atau juga retak-retak dalam pekerjaan tanah-tanah kohesif [5]. Batas susut menjadi parameter yang mengindikasikan kemungkinan terjadinya perubahan volume (penyusutan atau pengembangan) tanah [12]. Beberapa kasus perubahan volume tanah sebagai akibat perubahan kadar air mengakibatkan bangunan terangkat atau mengalami penurunan.

Istilah batas susut dinyatakan sebagai kadar air dalam persen, yang khusus diasumsikan untuk menyatakan sejumlah air yang diperlukan untuk mengisi rongga-rongga suatu tanah kohesif pada angka pori minimum yang terbentuk lewat pengeringan (biasanya oven).

Berdasarkan pengujian, kadar air tanah (w) yang berada dalam cawan dinyatakan dalam persentase dari berat kering tanah, dihitung dengan menggunakan rumus 2 berikut ini [5].

$$w = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100 \quad (2)$$

dengan:

W = berat tanah basah (gr)

W_0 = berat tanah kering (gr)

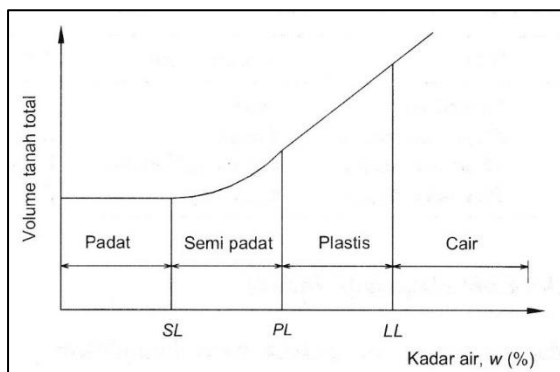
Batas Susut (SL) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3 berikut ini [5].

$$SL = w - \left(\frac{(V - V_0)}{w_0} \right) \times 100\% \quad (3)$$

dengan :

- w = kadar air (%)
- V = volume basah benda uji (cm^3)
- V_0 = volume kering oven benda uji (cm^3)
- w_0 = berat kering oven benda uji (gr)

Gambar 2 di bawah ini menunjukkan hubungan variasi kadar air dan volume total tanah pada kedudukan batas cair, batas plastis dan batas susut. Batas-batas *Atterberg* sangat berguna untuk identifikasi dan klasifikasi tanah. Batas-batas ini sering digunakan secara langsung dalam spesifikasi untuk mengontrol tanah yang akan digunakan sebagai material timbunan tanah.



Gambar 2. Variasi volume dan kadar air pada kedudukan batas-batas *Atterberg*

2.8. Perhitungan Perubahan Volume (Volume Susut) menurut SNI 3422:2008

Perubahan Volume atau Volume Susut (VC) dinyatakan sebagai persentase massa tanah dalam keadaan kering jika kadar air dikurangi dari persentase tertentu sampai ke batas susut. Perubahan Volume dihitung dengan persamaan 4 berikut ini dan perhitungannya sampai dengan 0,1 persen terdekat [5].

$$VC = (w - SL) \cdot R \quad (4)$$

dengan :

- w = kadar air (%)
- SL = batas susut (%)
- R = rasio susut (%)

Rasio susut (R) dinyatakan dengan rumus 5 di bawah ini dan perhitungannya dilakukan sampai dengan 0,1 terdekat [5].

$$R = \frac{w_0}{V_0} \quad (5)$$

dengan :

- w_0 = berat kering oven benda uji (gr)
- V_0 = volume kering oven benda uji (cm^3)

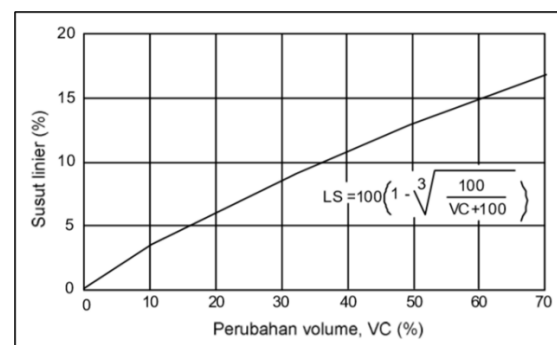
Menyusutnya massa tanah dalam satu dimensi dinyatakan sebagai Susut Linear (LS) yang diperoleh dengan menggunakan rumus 6 berikut ini [5].

$$LS = 100 \left(1 - \sqrt[3]{\frac{100}{VC + 100}} \right) \quad (6)$$

dengan :

- VC = perubahan volume (%)

Terdapat hubungan antara Susut Linear dengan Perubahan Volume seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3 berikut ini [5].



Gambar 3. Hubungan antara nilai VC dan LS

3. Metode Penelitian

3.1. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

Lokasi pengambilan sampel merupakan area penimbunan tanah (sedimentasi) hasil pengerukan Kolam Labuh PPS Lampulo yang terletak di Kecamatan Kuta Alam Kota Banda Aceh seperti ditunjukkan dalam Gambar 4 di bawah ini. Lokasi penimbunan tersebut sebelumnya merupakan lahan tambak

Tabel 3 di bawah ini merupakan koordinat dari 3 (tiga) titik pengambilan sampel. Ketiga titik tersebut dianggap mewakili luasan area penimbunan tanah. Area penimbunan tanah

sedimentasi berbentuk seperti trapesium dengan luas sesuai hasil pengukuran adalah sekitar 69.067,2 m².

Tabel 3. Koordinat lokasi pengambilan sampel

Pengambilan Sampel	Koordinat	
	N	E
Titik 1	5° 34' 48,2"	95° 19' 20,7"
Titik 2	5° 34' 47,1"	95° 19' 21,4"
Titik 3	5° 34' 46,1"	95° 19' 21,7"



Gambar 4. Lokasi pengambilan sampel

3.2. Jenis Sampel Tanah

Umumnya terdapat 2 (dua) jenis sampel tanah, terdiri dari sampel tanah terganggu (*disturbed sample* atau DS) dan tidak terganggu (*undisturbed sample* atau UDS). Dalam penelitian ini sampel tanah yang digunakan adalah UDS, yaitu suatu contoh tanah yang masih menunjukkan sifat-sifat asli, seperti struktur kadar air (*water content*), susunan kimia dan pori-pori yang ada pada tanah.

Sampel tanah UDS yang benar-benar asli tidak mungkin bisa di peroleh, tetapi dengan teknik pelaksanaan yang sesuai prosedur dan cara pengamatan yang tepat, maka kerusakan terhadap contoh tanah dapat diminimalisir. Sampel UDS tersebut dimasukkan ke dalam tabung besi berbentuk silinder.

3.3. Teknik Pengambilan Sampel Tanah

Teknik pengambilan UDS yaitu dengan menggunakan alat *hand boring* yang terdiri dari peralatan mata bor *ivan (auger)*, stang bor, kepala pemutar bor, pemukul, tabung contoh dan kunci pipa. Mata bor dimasukkan ke dalam tanah dengan cara diputar dan ditekan. Tanah hasil pengeboran kemudian dicatat kedalamannya dan dideskripsikan secara visual. Kedalaman pengeboran mencapai 2,0m.

Tabung sampel UDS terbuat dari besi galvanis dengan panjang 50cm dan diameter 2,5 inci. Pada kedalaman yang ditentukan tabung tersebut dimasukkan ke dalam tanah dengan cara ditekan dan dipukul. Tabung Sampel UDS tersebut kemudian dibawa ke laboratorium dalam kondisi tertutup rapat untuk dilakukan pengujian sifat-sifat fisis.

3.4. Pengujian Sifat-sifat Fisis

Pengujian laboratorium dilakukan di Divisi Geoteknik UPT Laboratorium Terpadu Universitas Syiah Kuala. Metode pengujian sifat-sifat fisis mengacu kepada SNI (Standar Nasional Indonesia), meliputi kadar air, berat jenis, batas cair dan batas plastis, batas susut, serta analisis ukuran butir tanah (analisis saringan dan hydrometer).

3.5. Pengujian Kadar Air

Pelaksanaan pengujian kadar air (w) ini didasarkan pada metode pengujian SNI 1965:2008. Kadar air adalah perbandingan berat air yang mengisi rongga pori material tanah atau material batuan terhadap berat partikel padatnya, yang dinyatakan dalam persen. Partikel padat merupakan partikel material tanah atau material batuan yang tidak terlarut dalam air [2].

Pengujian kadar air menggunakan peralatan seperti oven, timbangan, cawan tempat benda uji, desikator, spatula dan pisau. Benda uji adalah tanah lolos saringan no. 10 dengan kondisi kering oven dan berat minimal 100gr [2]. Secara ringkas pelaksanaan pengujian adalah benda uji dikeringkan dalam oven selama 12 sampai 16 jam hingga beratnya konstan. Kehilangan berat akibat pengeringan merupakan berat air. Kadar air dihitung dengan

menggunakan berat air dan berat benda uji kering (perbandingan berat air dan berat tanah kering yang dinyatakan dalam persen) [2].

3.6. Pengujian Berat Jenis

Pelaksanaan pengujian berat jenis (Gs) ini didasarkan pada metode pengujian SNI 1964-2008. Berat jenis adalah angka perbandingan antara berat isi butir tanah dan berat isi air suling pada temperatur dan volume yang sama dan dinyatakan tanpa satuan [10]. Kegunaan hasil uji berat jenis tanah ini dapat diterapkan untuk menentukan konsistensi perilaku material dan sifatnya.

Peralatan yang digunakan dalam pengujian berat jenis terdiri dari piknometer, saringan (no. 4 dan no. 10), timbangan, oven, alat pendingin, termometer, bak perendam dan kompor listrik [10]. Benda uji adalah tanah lolos saringan no. 10 dengan kondisi kering oven dan berat minimal 25gr [10].

3.7. Pengujian Batas Cair

Pelaksanaan pengujian batas cair (LL) ini didasarkan pada metode pengujian SNI 1966:2008. Batas cair didefinisikan sebagai kadar air, ketika sifat tanah pada batas dari keadaan cair menjadi plastis [4].

Kegunaan hasil uji batas cair ini dapat diterapkan untuk menentukan konsistensi perilaku material dan sifatnya pada tanah kohesif. Konsistensi tanah, yaitu keadaan relatif tanah pada batas dari keadaan cair menjadi plastis, bergantung dari nilai batas cairnya [4]. Selain itu nilai batas cair digunakan untuk menentukan nilai indeks plastisitas tanah.

Peralatan yang digunakan dalam pengujian batas cair adalah mangkok pengaduk, spatula, satu set alat uji batas cair (*Casagrande*), *grooving tool*, alat ukur, cawan, timbangan dan oven [4]. Benda uji adalah tanah lolos saringan no. 10 dengan kondisi kering oven dan berat minimal 100gr [4].

3.8. Pengujian Batas Plastis dan Penentuan Indeks Plastisitas

Pelaksanaan pengujian batas plastis (PL) ini didasarkan pada metode pengujian SNI 1966:2008. Pengujian SNI ini bertujuan untuk

menentukan batas terendah kadar air Ketika tanah dalam keadaan plastis [3]. Batas plastis adalah kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung. Nilai batas plastis dan batas cair digunakan menghitung Indeks Plastisitas.

Peralatan yang digunakan meliputi mangkok porselen, spatula, batang pembanding, plat kaca untuk menggulung tanah, alat penggulung, cawan, timbangan dan oven [3]. Benda uji adalah tanah lolos saringan no. 10 dengan kondisi kering oven dan berat minimal 20gr [3].

3.9. Pengujian Batas Susut

Pelaksanaan pengujian batas susut (SL) ini didasarkan pada metode pengujian SNI 3422:2008. Batas susut adalah kadar air minimum ketika sifat suatu jenis tanah berubah dari keadaan cair menjadi plastis [5].

Faktor-faktor susut yang tercakup pada metode pengujian ini hanya dapat ditentukan terhadap tanah berbutir halus yang kuat terhadap pengeringan pada temperatur ruang.

Peralatan yang digunakan adalah cawan uji, spatula, cawan porselen atau metal, cawan gelas, pelat transparan, gelas ukur, air raksa, timbangan dan oven [5]. Benda uji adalah tanah lolos saringan no. 40 dengan kondisi kering oven dan berat minimal 150gr [5].

3.10. Pengujian Analisis Ukuran Butir Tanah

Pelaksanaan pengujian analisis ukuran butir tanah ini didasarkan pada metode pengujian SNI 3423:2008. Cara uji ini merupakan prosedur untuk mendapatkan jumlah dari distribusi ukuran butir tanah. Pengujian SNI ini bertujuan untuk mendapatkan gradasi tanah pada klasifikasi tanah bagi perencanaan maupun pengawas lapangan [6].

Pengujian ini terdiri dari 2 (dua) cara yaitu cara uji analisis hidrometer (saringan basah) dan cara uji analisis saringan (saringan kering). Analisis saringan adalah suatu usaha untuk mendapatkan distribusi ukuran butir tanah dengan menggunakan saringan. Analisis hidrometer adalah suatu alat pengujian untuk

menentukan jumlah dan distribusi ukuran butir tanah yang melewati saringan No.10 (2,00 mm) berdasarkan proses sedimentasi tanah [6].

Peralatan yang digunakan adalah oven, timbangan, alat pengaduk mekanis, hidrometer, silinder sedimentasi, termometer, saringan (No.4, 10, 20, 40, 60, 140 dan 200), bak air, gelas kimia, alat pengukur waktu, wadah/cawan, dan batang kaca [6].

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengujian Sifat-sifat Fisis Tanah

Hasil pengujian sifat-sifat fisis terhadap sampel tanah pada area penimbunan hasil pengerukan Kolam Labuh PPS Lampulo disajikan dalam Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Hasil pengujian sifat-sifat fisis

NO	PARAMETER UJI	TANAH KOLAM LABUH PPS LAMPULO		
		Titik 1	Titik 2	Titik 3
1	Berat Jenis	2,561	2,565	2,505
2	Batas Cair (%)	67,34	67,08	67,32
3	Batas Plastis (%)	35,73	36,81	36,86
4	Indeks Plastisitas (%)	31,61	30,27	30,46
5	Batas Susut (%)	21,23	21,58	22,32
6	Lolos Saringan No.200 (%)	83,55	83,43	83,52

4.2. Klasifikasi Menurut AASHTO dan USCS

Klasifikasi tanah ditentukan berdasarkan sifat-sifat fisis tanah. Menurut sistem AASHTO dan USCS, klasifikasi tanah ditunjukkan dalam Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Klasifikasi Tanah

NO	TANAH KOLAM LABUH PPS LAMPULO	KLASIFIKASI TANAH	
		AASHTO	USCS
1	Titik 1	A-7-5 (31)	CH
2	Titik 2	A-7-5 (30)	CH
3	Titik 3	A-7-5 (30)	CH

Sesuai Tabel 5 di atas, sampel tanah yang berasal dari kolam labuh PPS Lampulo menurut AASHTO diklasifikasikan dalam kelompok A-7-5 yang berarti adalah tanah berlempung. Angka 30 dan 31 menunjukkan nilai GI yang lebih besar dari 20 sehingga dinilai

buruk sebagai tanah dasar. Nilai GI dihitung dengan menggunakan persamaan 1.

Menurut USCS, tanah tergolong dalam klasifikasi CH yang berarti tanah lempung dengan plastisitas tinggi sehingga memiliki potensi pengembangan dan penyusutan yang besar. Ada kesamaan antara hasil klasifikasi AASHTO dan USCS.

4.3. Plastisitas Tanah

Nilai Indeks Plastisitas (IP) dalam Tabel 4 di atas digunakan untuk melakukan penilaian jenis dan sifat tanahnya seperti yang ditampilkan dalam Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Plastisitas Tanah

NO	TANAH KOLAM LABUH PPS LAMPULO	INDEKS PLASTISITAS (%)	PENILAIAN TANAH	
			JENIS	SIFAT
1	Titik 1	31,61	Lempung	Plastisitas Tinggi
2	Titik 2	30,27	Lempung	Plastisitas Tinggi
3	Titik 3	30,46	Lempung	Plastisitas Tinggi

Berdasarkan penilaian dalam Tabel 6 tampak bahwa jenis tanah adalah lempung dan memiliki sifat plastisitas tinggi. Hasil penilaian ini memperkuat klasifikasi tanah AASHTO dan USCS.

4.4. Nilai Kadar Air (w) dan Rasio Susut (R)

Nilai kadar air digunakan untuk menghitung batas susut, sedangkan rasio susut yang merupakan perbandingan berat kering oven dan volume kering oven ditentukan dengan menggunakan persamaan 5. Hasil perhitungan kadar air dan rasio susut disajikan dalam Tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Nilai Rasio Susut dan Perubahan Volume rata-rata

NO	TANAH KOLAM LABUH PPS LAMPULO	KADAR AIR RATA-RATA (w)	RASIO SUSUT RATA-RATA (R)
1	Titik 1	2,21	2,21
2	Titik 2	2,30	2,30
3	Titik 3	2,30	2,30

4.5. Nilai Perubahan Volume dan Susut Linier

Nilai perubahan volume (VC) ditentukan berdasarkan nilai kadar air, batas susut dan rasio susut seperti yang ditunjukkan rumus 4.

Nilai perubahan volume tersebut kemudian digunakan untuk menghitung Susut Linear (LS) berdasarkan persamaan 6. Rekapitulasi hasil perhitungan ditabulasikan ke dalam Tabel 8 berikut ini.

Tabel 8. Nilai Perubahan Volume dan Susut Linier rata-rata

NO	TANAH KOLAM LABUH PPS LAMPULO	PERUBAHAN VOLUME RATA-RATA (VC) - %	SUSUT LINIER RATA-RATA (R)
1	Titik 1	34,53	9,41
2	Titik 2	36,71	9,90
3	Titik 3	35,54	9,64

Dari Tabel 8 di atas kemudian dihitung Nilai perubahan volume (VC) rata-rata dari titik 1, 2 dan 3 yaitu sebesar 35,59%. Nilai VC rata-rata ini merupakan koefisien untuk menghitung perubahan volume tanah, yaitu volume penyusutan.

4.6. Perhitungan perubahan volume timbunan tanah akibat adanya penyusutan tanah

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan diperoleh luas area timbunan tanah hasil pengerukan kolam labuh PPS Lampulo adalah 69.067,2 m². Tinggi timbunan tanah rata-rata (setelah mengalami penyusutan) berdasarkan hasil pengujian bor tangan adalah 0,85m. Volume saat pengambilan sampel (volume setelah menyusut) diperoleh dari perkalian luasan hasil pengukuran dengan tinggi timbunannya.

Tabel 9 di bawah ini menunjukkan hasil perhitungan volume penyusutan timbunan tanah berdasarkan nilai koefisien VC rata-rata dan hasil pengukuran lapangan.

Tabel 9. Klasifikasi Tanah

NO	Timbunan tanah hasil pengerukan kolam labuh PPS Lampulo	Volume (m ³)	Tinggi (m)
1	Setelah penyusutan (saat pengujian)	58.707,12	0,85
2	Sebelum penyusutan (perkiraan awal)	91.145,97	0,13
3	Volume penyusutan	32.438,85	

Volume penyusutan timbunan tanah hasil pengerukan kolam labuh PPS Lampulo adalah sebesar 32.438,85 m³ terhadap volume awalnya yaitu 91.145,97 m³.

Oleh karena itu batas susut menjadi parameter penting untuk menghitung penyusutan volume

pada timbunan tanah yang disebabkan karena jenis tanahnya adalah lempung dengan plastisitas tinggi.

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis terhadap sampel tanah yang berasal dari timbunan sedimentasi hasil pengerukan kolam labuh PPS Lampulo, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa menurut AASHTO sampel tanah termasuk kelompok A-7-5 (30) yang berarti tanah berlempung, sedangkan menurut USCS tergolong dalam klasifikasi CH yang berarti tanah lempung dengan plastisitas tinggi.

Berdasarkan SNI 3422:2008 diperoleh hasil perhitungan rasio susut (R) rata-rata adalah 2,27% dan nilai batas susut (SL) rata-rata adalah 21,21%.

Nilai perubahan volume (VC) rata-rata adalah 35,59% dan nilai susut linear (LS) rata-rata adalah 9,65%.

Perubahan volume yang terjadi adalah penyusutan volume sebesar 324.388,51 m³ terhadap volume awalnya yaitu 911.459,71 m³. Penyusutan volume timbunan tanah disebabkan karena jenis tanahnya adalah lempung dengan plastisitas tinggi.

Daftar Pustaka

- [1] Hardiyatmo, H.C., 2017. *Mekanika Tanah I, edisi ke-7*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [2] BSN, 2008. *SNI 1965:2008 Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah Dan Batuan Di Laboratorium, edisi ke-1*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [3] BSN, 2008. *SNI 1966:2008 Cara Uji Penentuan Batas Plastis Dan Indeks Plastisitas, edisi ke-1*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [4] BSN, 2008. *SNI 1967:2008 Cara Uji Penentuan Batas Cair tanah, edisi ke-1*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [5] BSN, 2008. *SNI 3422:2008 Cara Uji Penentuan Batas Susut Tanah, edisi ke-1*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [6] BSN, 2008. *SNI 3423:2008 Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah, edisi ke-1*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [7] Das, G. and Bharat, T.V., 2016. Shrinkage Behaviour of Clay Soils: An experimental study. In: *Proceedings of the International Conference on Soil and Environment (ICSE), Bangalore*. Indian Geotechnical Society Bangalore Chapter.

- [8] Faturachman, A. and Raharjo, P., 2003. Daya Dukung Sedimen Dasar Laut Di Perairan Pelabuhan Cirebon Dan Sekitarnya. *Jurnal Geologi Kelautan*, vol. 1, no. 1, pp 15 – 29.
- [9] Febribusmadian, Purwanto and Hariadi, 2012. Studi Pola Arus Dan Sedimentasi Di Dekat Breakwater Bagian Luar Kolam Labuh Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. *Journal Of Oceanography*, vol. 1, no. 2, pp 178 – 185.
- [10] BSN, 2008. *SNI 1964:2008 Cara Uji Berat Jenis Tanah, edisi ke-1*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [11] Izdebska-Mucha, D. and Wojcik, E., 2013. Testing Shrinkage Factors: Comparison of Methods and Correlation with Index Properties of Soils. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, volume 72, issue 1, pp 15 – 24.
- [12] Mishra, A.K. and Sridharan, A., 2017. A Critical Study on Shrinkage Behaviour of Clays. *International Journal of Geotechnical Engineering*, volume 14, issue 1, pp 90 – 100.
- [13] Rifardi, 2012. *Ekologi Sedimen Laut Modern, edisi revisi ke-2*. Pekanbaru: UR Press.