

PENGARUH PENAMBAHAN PASIR TERHADAP NILAI KUAT TEKAN BEBAS PADA TANAH LEMPUNG

Esra Yuliaty Girsang¹, Suradji Gandi², dan Fatma Sarie³

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Email : Esrayuliaty@gmail.com¹, Suradjigandi_ir@jts.upr.ac.id², fatmasarie@jts.upr.ac.id³

ABSTRACT

Soil has an important role in the work of a civil construction. Soil serves to withstand building loads and other loads. Then all these loads must be taken into account, so that the soil can continue the load into the soil to a certain depth. The purpose of this study was to determine how the effect of sand added with clay on the value of free compressive strength. This research was conducted experimentally in the laboratory. The percentage of sand mixture used was 0%, 5%, 7.5%, 10% and 12.5%. Based on the AASTHO classification, soil originating from the Bukit Rawi area, Pulang Pisau Regency, Central Kalimantan, is classified as clayey in group A-7-6 (11), sand originating from the Palangka Raya City area, Central Kalimantan is classified as A-3 with The most dominant type of material is fine sand and the assessment as a subgrade material is good. And according to the USCS soil classification, the soil belongs to the CL group (inorganic clay with low to moderate plasticity). And sand originating from the Palangka Raya City area, Central Kalimantan is included in the classification of coarse-grained soil. Visually, the sand is gray in color and contains a small amount of fine grains belonging to the SW group sand. Based on the test of the free compressive strength of clay with a mixture of sand resulted in a decrease in the value of the free compressive strength (q_u) and the value of the shear strength (c_u) from the original soil to a mixture variation of 12.5% in clay soil. The value of the free compressive strength (q_u) of the original soil = 0.805 kg/cm², the value of the shear strength (c_u) = 0.4025 kg/cm². While the greatest decrease occurred in the variation of the 12.5% sand mixture, the value of free compressive strength (q_u) = 0.485 kg/cm² and the value of shear strength (c_u) = 0.2425 kg/cm². Decreased value = 0.320 kg/cm² with a percentage = 46.58%.

Key words: free compressive strength, clay, sand.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah memegang peranan penting dalam perencanaan dan pekerjaan konstruksi. Sehingga kekuatan bangunan/struktur juga dapat dipengaruhi oleh kondisi tanah saat ini. Tanah yang sering dijumpai pada bangunan adalah jenis tanah liat. Tanah liat memiliki lebih banyak kekuatan untuk mendukung muatan, dan itu bisa sangat berbeda jika tanah liat basah. Pada tanah halus, terutama tanah liat, sangat dipengaruhi oleh air. Kondisi tanah di suatu daerah sangat berbeda dengan di daerah lain, dan juga tidak semua tanah mempunyai kekuatan untuk mendukung pembangunan. Tanah yang memiliki stabilitas yang baik adalah tanah yang dapat mendukung pembangunan skala besar. Sementara itu, tanah yang buruk harus distabilkan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai tumpuan dasar dengan mencampurkan material komposit seperti pasir dan melakukan penelitian.

1.2 Tujuan Penelitian

Ada pun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan pasir terhadap nilai kuat tekan bebas pada tanah lempung.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Lempung (*Clay*)

Tanah lempung merupakan sekelompok partikel yang lebih kecil dari 0,002 mm (= 2 mikron). Tanah lempung adalah kumpulan partikel mikroskopis dan submikroskopik yang diperoleh dari dekomposisi kimia unsur batuan dan plastik dengan kadar air sedang hingga tinggi. Selain itu, permeabilitas lempung sangat rendah (Terzaghi dan Peck, 1987).

2.2 Pasir

Pasir merupakan tanah tak kohesif (*cohesionless soil*). Tanah yang tak kohesif dengan kadar air yang cukup tinggi dapat bersifat sebagai satu cairan kental. (Joseph E. Bowles, 1984).

2.3 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah merupakan salah satu upaya yang dilakukan agar dapat memperbaiki kualitas dan sifat tanah dengan menambahkan suatu bahan pada tanah, meningkatkan kekuatan tanah dan mempertahankan abrasi. Tujuan dari konsolidasi tanah adalah untuk menghubungkan agregat yang ada dan membangun di atas material.

Menurut Bowles, beberapa langkah yang diambil pada tahun 1991 untuk menstabilisasikan tanah adalah sebagai berikut:

1. Menaikkan kerapatan dan kepadatan tanah.
2. Menambahkan bahan material yang berfungsi untuk mendapatkan perubahan sifat fisik dan kimiawi pada tanah.
3. Menurunkan muka air tanah (drainase tanah).
4. Memperbaiki tanah yang memiliki sifat fisik dan mekanik yang buruk/jelek

2.4 Klasifikasi tanah

Sistem klasifikasi tanah merupakan sistem untuk mengklasifikasikan berbagai jenis tanah yang berbeda, tetapi memiliki karakteristik yang sama dalam kelompok berdasarkan penggunaannya. Sistem klasifikasi menyediakan bahasa yang mudah untuk deskripsi singkat tentang karakteristik umum dari banyak variabel (Das, 1995).

Sistem klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO dibuat pada tahun 1929 sebagai sistem klasifikasi Administrasi Jalan Umum. Sistem tersebut telah mengalami beberapa kemajuan, terakhir direkomendasikan pada tahun 1945 oleh Badan Penelitian Jalan Raya untuk Subgrade dan Komite Klasifikasi Jalan Tipe Granular (ASTM No. D-3282, model AASHTO M145). Adapun kegunaan dari klasifikasi ini agar dapat melihat bagaimana kualitas tanah dalam pembangunan jalan berupa lapisan dasar tanah (*subbase*) dan tanah dasar (*subgrade*).

Tabel 1. Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)							Tanah lanau - lempung (lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5* A-7-6**
Analisis ayakan (% lolos)											
No. 10	Maks 50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 40	Maks 30	Maks 50	Min 51	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40											
Batas Cair (LL)	---	---	---	Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41
Indek Plastisitas (PI)	Maks 6	---	NP	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik							Biasa sampai jelek			

Keterangan : * Untuk A-7-5, $PI \leq LL - 30$

** Untuk A-7-6, $PI > LL - 30$

Sumber : Das, 1985

Klasifikasi Tanah USCS

Klasifikasi ini sangat banyak dipakai dalam pembangunan terkhususnya dalam pembangunan pekerjaan bidang geoteknik.

Tabel 2. Klasifikasi Tanah USCS

Divisi Utama	Symbol	Nama Unsur	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir halus: 10% butiran teratas saringan No. 200	Kerikil 50%: tidak kasar teratas saringan No. 4	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$C_u - D_{60} = 4$ D_{60} $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3		
		GW			
		Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW		
		GP			
	Kerikil dengan butiran halus	Kerikil berlempas, campuran kerikil-pasir-lenas	Butiran-butiran Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Butiran-butiran Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$	Jika butiran Atterberg berada di daerah antar dan diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
		GM	$C_u - D_{60} > 6$ D_{60} $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
	Pasir 50%: tidak kasar teratas saringan No. 4	Pasir bergradasi-baik (banyak pasir)	Pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$C_u - D_{60} > 6$ D_{60} $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3	
			SW		
		Pasir dengan butiran kasar	Pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	Butiran-butiran Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Butiran-butiran Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$	Jika butiran Atterberg berada di daerah antar dan diagram plastisitas, maka dipakai simbol
			SP		
Pasir berlempas, campuran pasir-lenas	SM	$C_u - D_{60} > 6$ D_{60} $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW		
	SC				
Tanah berbutir halus 30% atau lebih teratas saringan No. 200	Lenas dan lempung halus atau < 50%	Lenas anorganik, pasir halus sekali, serbuk halus, pasir halus berlempas atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar Butiran Atterberg yang termasuk dalam daerah yang di antar berarti butiran klasifikasinya menggunakan dua simbol		
		ML			
		Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlempas, lempung "kental" (lean clays)		CL	
	Lenas-organik dan lempung berlempas organik dengan plastisitas rendah	OL			
	Lenas dan lempung lemas atau > 50%	Lenas anorganik atau pasir halus disemai, atau lenas disemai, lenas yang elastis		MH	
		Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (fat clays)		CH	
Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi		OH			
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	Peat (gambut), musk, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488		

Sumber : Hary Christady, 1996.

2.5 Kuat Tekan Bebas

Kuat tekan bebas merupakan besarnya gaya aksial per satuan luas pada saat benda uji runtuh ke dalam tanah atau pada saat tegangan aksial mencapai 20%. Tegangan aksial yang diterapkan pada benda uji secara bertahap meningkat hingga benda uji runtuh. Pada saat keruntuhan, karena $\sigma_3 = 0$, maka:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_f = \Delta\sigma_f = qu.....(1)$$

Dimana q_u adalah kuat tekan bebas. Secara teoritis, nilai $\Delta\sigma_f$ dalam lempung jenuh harus sama seperti pada uji triaksial dengan benda uji yang sama. Jadi didapatkan:

$$S_u = C_u = \frac{q_u}{2} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana S_u atau C_u adalah gaya geser tanah yang tidak diberi air.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode secara eksperimental di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya. Sampel tanah lempung yang digunakan adalah tanah lempung yang terdapat di daerah Bukit Rawi, Kabupaten Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah. Sampel tanah tidak terganggu diambil dengan tabung silinder untuk penelitian laboratorium lebih lanjut. Contoh tanah tidak terganggu adalah contoh tanah yang paling baik menunjukkan sifat asli tanah tanpa mengubah struktur dan airnya. Pasir yang digunakan adalah pasir halus yang terdapat di daerah Palangka Raya, Kalimantan Tengah. Campuran pasir sebanyak 0%, 5%, 7,5%, 10% dan 12,5% ditambahkan ke tanah lempung yang diperiksa. Pengujian sifat fisik antara lain :

1. Kadar air (*Water Content*)
Tujuannya adalah untuk mengetahui perbandingan berat air yang ada dalam tanah dengan berat butir kering dalam tanah. Pengujian berdasarkan ASTM D2216-98.
2. Berat Volume (*Volumetric Weight*)
Tujuannya adalah untuk mengetahui berat jumlah tanah basah pada keadaan semula (*undisturbed sample*). Pengujian berdasarkan ASTM D2167.
3. Berat Jenis (*Specific Gravity*)
Tujuannya untuk mengetahui berat jenis butir atau partikel tanah, yaitu perbandingan antara berat butir tanah dengan berat air suling dengan jumlah temperatur yang sama. Pengujian berdasarkan ASTM D 854-02.
4. Batas Cair (*Liquid Limit*)
Tujuannya untuk mengetahui nilai kadar air dari jenis tanah pada batas plastis-cair. Pengujian berdasarkan ASTM D 4318-00.
5. Batas plastis (*Plastic Limit*)
Tujuannya adalah untuk mengetahui jumlah kadar air pada jenis tanah pada batas antara keadaan plastis dan semi padat. Pengujian berdasarkan ASTM D4318-00.

6. Analisa Saringan (*Sieve Analysis*)
Tujuannya untuk mempertahankan persentase butir tanah dan komposisi butir tanah (gradasi) dari jenis tanah. Tes berdasarkan ASTM D 422.
7. Analisa Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)
Tujuannya adalah untuk mengetahui sebaran butir (gradasi) dalam tanah melalui saringan nomor 200 agar lebih tepat mengidentifikasi gradien butir tanah. Tes ini didasarkan pada ASTM D-422-63.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah

Adapun hasil pengujian sifat-sifat fisik tanah yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Palangka Raya sebagai berikut ini :

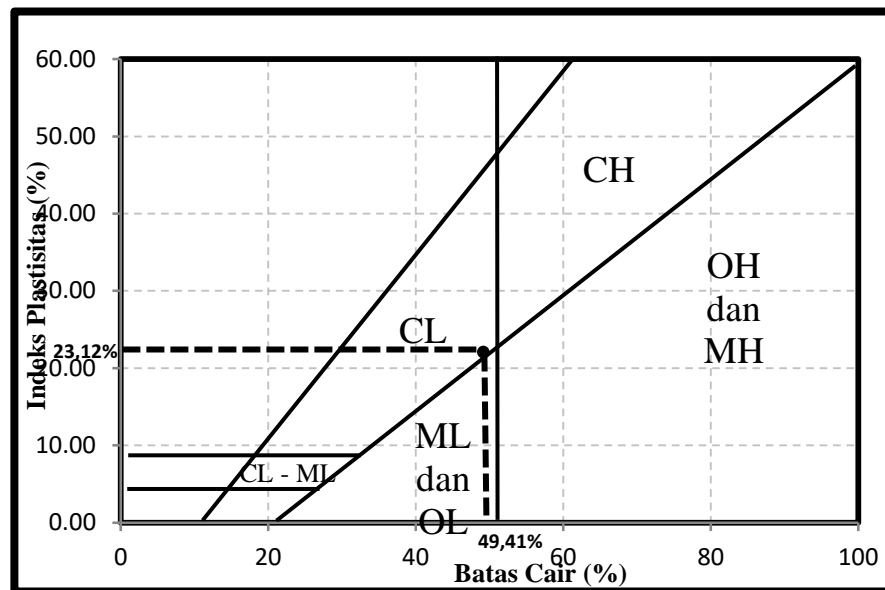
Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil
1	Kadar Air (%)	37,68
2	Berat Volume Tanah Kering (g/cm^3)	1,24
3	Berat Jenis	2,70
4	Batas-Batas <i>Atterberg</i>	
	a. Batas Cair (LL) (%)	49,41
	b. Batas Plastis (PL) (%)	26,29
	c. Indeks Plastisitas (PI) (%)	23,12
	d. Batas Susut (SL) (%)	15,36
5	Analisa Saringan	
	a. Persentase Berat Tertahan (%)	42,46
	b. Persentase Lolos Saringan No.200 (%)	57,54
6	Analisa Hydrometer (%)	19,80
7	Angka Pori (e)	1,24
8	Derajat Kejenuhan (Sr)	91,29
9	Porositas (n)	0,54

4.2 Sistem Klasifikasi USCS

Berdasarkan pengujian analisis saringan, diperoleh $57,54\% > 50\%$, tanah tersebut termasuk tanah berbutir halus. berdasarkan pengujian batas-batas *atterberg*,

didapat nilai batas cair (LL) = 49,41% < 50% dan Indeks Plastisitas (PI) = 23,12%. Tanah masuk kedalam kelompok CL, ML, dan OL. Secara visual, tanah lempung berwarna kuning kecoklatan. Berdasarkan grafik batas cair (LL) dan Indeks plastisitas (PI) diperoleh batas cair (LL) = 49,41% dan Indeks Plastisitas (PI) = 23,12% yang diplot berada digaris A maka tanah masuk termasuk kelompok CL(lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang.



Gambar 1. Grafik Klasifikasi Berdasarkan USCS

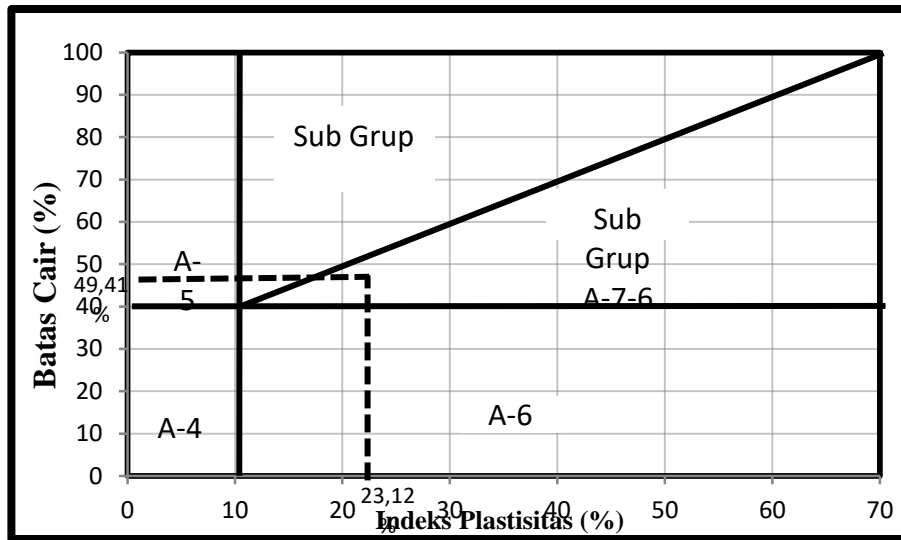
Klasifikasi Tanah Untuk Jenis Pasir

1. Berdasarkan pengujian analisis saringan didapatkan presentas sebesar 90,68% > 50% maka tanah merupakan tanah berbutir kasar.
2. Secara visual, pasir berwarna abu-abu dan mengandung sedikit butiran halus.
3. Dari pernyataan (1) dan (2) maka tanah termasuk kedalam kelompok pasir SW

4.3 Sistem Klasifikasi AASHTO

Berdasarkan pengujian analisa saringan diperoleh presentase sebesar 57,54% > 36 % dan pengujian batas-batas atterberg diperoleh nilai batas cair (LL) adalah 49,41%, indeks plastisitas (PI) rata-rata adalah 23,12 % dan GI sebesar 11% . Tanah

tersebut merupakan tanah berlempung yang memiliki kondisi sedang sampai dengan kondisi buruk dan merupakan klasifikasi kelompok A-7-6 .



Gambar 2. Grafik Hubungan Batas Cair dan Indeks Plastisitas

Klasifikasi ini membagi tanah dengan indeks kelompoknya (GI).

$$GI = (F - 35) (0,2 + 0,005 (LL - 40)) + 0,01 (F - 15) (IP - 10))$$

$$= (57,54 - 35) (0,2 + 0,005 (49,41 - 40)) + 0,01 (57,54 - 15) (23,12 - 10))$$

$$= (22,54) (0,2 + 0,005 (9,41)) + 0,01 (42,54) (13,12))$$

$$= 11,1497 \% \sim 11\%$$

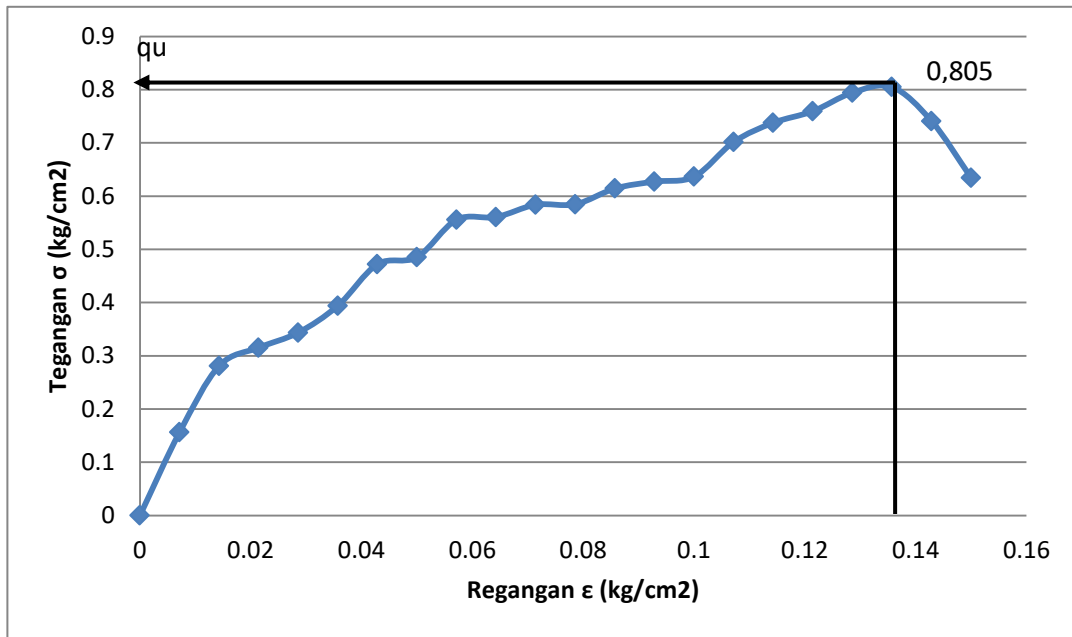
Jadi, dari hasil klasifikasi AASTHO tanah yang berasal dari Daerah Bukit Rawi, Kabupaten Pulang Pisau Kalimantan Tengah, diklasifikasikan sebagai tanah berlempung dalam kelompok A-7-6 (11).

Klasifikasi Tanah Untuk Jenis Tanah Pasir

Dari hasil pengujian analisa saringan, persentase lolos saringan No.40 (0,0425 mm) adalah 70,67% > 51% dan yang lolos saringan No.200 adalah 9,32% < 10%. Tanah tersebut masuk kedalam klasifikasi A-3 dengan tipe material yang paling dominan pasir halus dan penilaian sebagai bahan tanah dasar baik.

4.4 Hasil Uji Sifat Mekanik Tanah

Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas



Gambar 3. Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Lempung Asli

Hasil pengujian kuat tekan bebas untuk tanah lempung asli didapatkan nilai :

$$qu = \sigma \text{ maks} = 0,805 \text{ kg/cm}^2$$

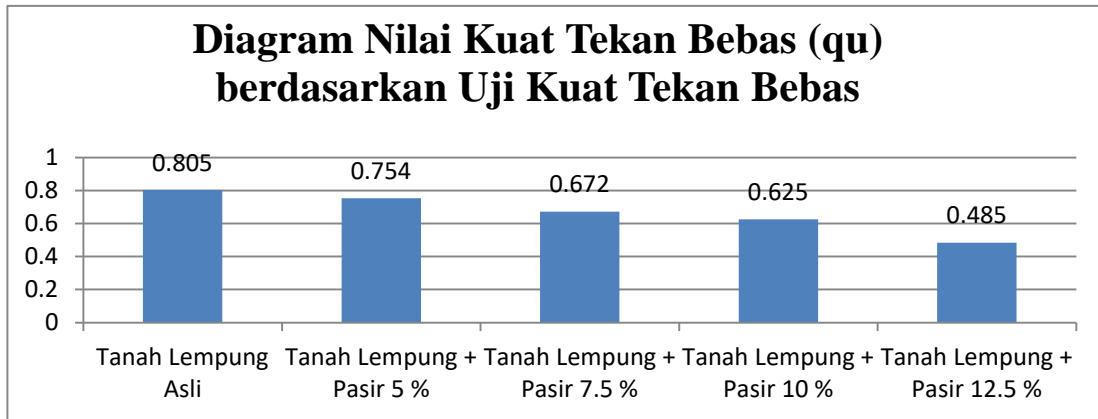
$$cu = \frac{1}{2} \times qu \text{ maks} = \frac{1}{2} \times 0,805 = 0,4025 \text{ kg/cm}^2$$

Berdasarkan pengujian sifat mekanik tanah dengan uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*), diperoleh nilai kuat tekan bebas tanah lempung asli dan tanah lempung dengan campuran pasir seperti pada tabel berikut ini :

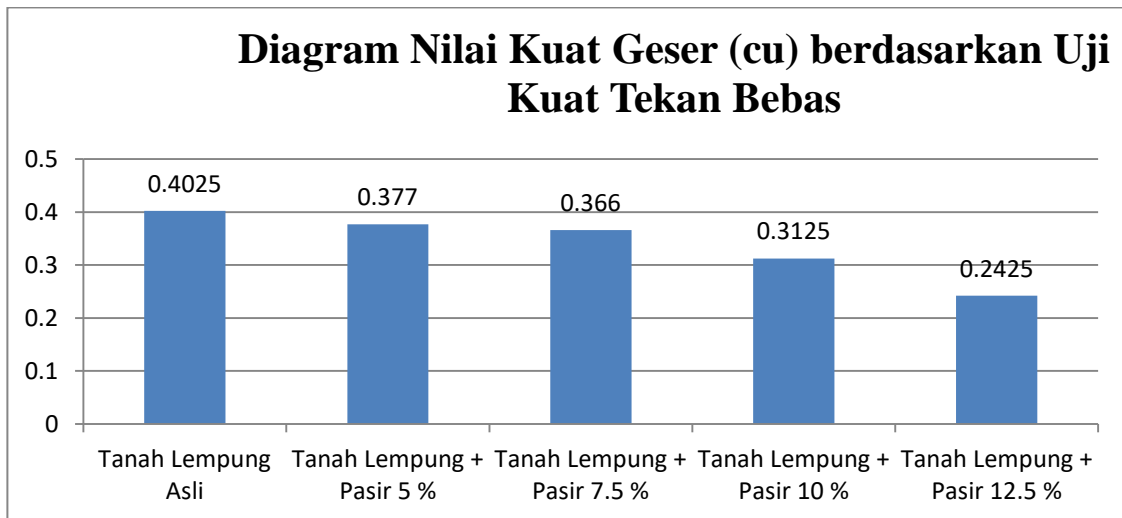
Tabel 4. Nilai Kuat Tekan Bebas Tanah Lempung Asli Dan Variasi Campuran Pasir

No	Variasi Campuran	Kuat Tekan Bebas (qu) kg/cm ²	Kuat Geser (cu) kg/cm ²
1	Tanah Lempung Asli	0,805	0,4025
2	Tanah Lempung + Pasir 5 %	0,754	0,377
3	Tanah Lempung + Pasir 7,5 %	0,672	0,366
4	Tanah Lempung + Pasir 10 %	0,625	0,3125
5	Tanah Lempung + Pasir 12,5 %	0,485	0,2425

Berikut merupakan diagram perbandingan dari tiap-tiap pengujian kuat tekan bebas.



Gambar 4. Diagram Nilai Kuat Tekan Bebas (qu)



Gambar 5. Diagram Nilai Kuat Geser (cu)

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sampel tanah yang diuji dalam penelitian ini adalah tanah yang diperoleh dari Kecamatan Bukit Rawi, Kabupaten Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh kadar air (w) = 37,68%. Kerapatan tanah (γ) = 1,24 g / cm³. Berat jenis (G_s) = 2,70. Batas cair = 49,41%; Batas plastis = 26,29%; Indeks Plastisitas = 23,12%; Batas penyusutan = 15,36%; persentase analisis saringan lolos saringan No. 200 = 57,54% dan nilai GI = 11%. Hasil klasifikasi tanah USCS, tanah diklasifikasikan dalam kelompok CL dengan jenis lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang dan hasil sistem klasifikasi tanah AASHTO, tanah tersebut diklasifikasikan dalam kelompok A-7-6 (11), yaitu jenis tanah lempung.
2. Pasir yang di uji berasal dari wilayah Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah. Berdasarkan hasil pengujian, kadar air (w) = 7,15%. Berat isian (γ) = 1,65 g / cm³. Berat jenis (G_s) = 2,35. Periksa analisa ayakan, yang ayakan No. 200 = 9,32%. Berdasarkan hasil klasifikasi USCS pasir diklasifikasikan dalam kelompok SW yang jenis tanahnya pasir, kerikil, berbutir kecil atau tidak halus, dan berdasarkan sistem AASHTO pasir diklasifikasikan dalam kelompok tanah A-3 yang tanahnya jenisnya berpasir, halus dan dianggap sebagai lapisan tanah bawah.
3. Penambahan campuran pasir menurunkan nilai energi tekan bebas (q_u) dan nilai gaya abrasi (c_u) tanah asal setelah pencampuran 12,5% tanah liat. Nilai kuat tekan bebas (q_u) tanah asli = 0,805 kg/cm², nilai gaya abrasi (c_u) = 0,4025 kg/cm². Sedangkan penurunan terbesar terjadi pada variabilitas campuran pasir 12,5% dengan nilai gaya tekan bebas (q_u) = 0,485 kg/cm² dan nilai kuat geser (c_u) = 0,2425 kg/cm².

5.2 Saran

1. Pada saat menguji sifat fisik dan mekanik tanah, diasumsikan bahwa menggunakan sampel tanah tidak terganggu dan mengujinya sesegera mungkin setelah pengumpulan sehingga tanah tidak mengeras dan mengering.

2. Perlu diadakan pengujian dengan variasi campuran pasir dengan presentase yang lebih tinggi agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal.
3. Pengawasan yang intensif harus dilakukan terhadap pembuatan sampel di laboratorium, dan juga harus memperhatikan kondisi peralatan selama pengujian untuk mendapatkan data yang akurat.
4. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk jenis pasir lain yang digunakan sebagai campuran tanah lempung.
5. Perlu dilakukan pengujian yang berlanjut terhadap uji kuat geser tanah.
6. Memastikan semua peralatan sebelum digunakan sudah dikalibrasi dengan baik dan dalam kondisi yang sudah siap untuk dipergunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Das, B. M. 1991. *Mekanika Tanah, Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis, Jilid I.*

Erlangga, Jakarta.

Das, B.M. (1994), *Mekanika Tanah Jilid I.* Erlangga, Jakarta.

Das, B.M. (1995), *Mekanika Tanah Jilid I.* Erlangga, Jakarta.

Hardiyatmo (1992), *Mekanika Tanah I.* Jakarta.

Hardiyatmo, H.C.2002.*Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press,

Yogyakarta.

Hutabarat, Rotua. 2021. Pengaruh Penambahan Pasir Dan Serbuk Batu Bata

Terhadap Kekuatan Geser Tanah Lempung, Universitas Palangka Raya.

Purnama Sari, Ayu. 2021. Pengaruh Kadar Air Terhadap Besarnya Penurunan Uji

Konsolidasi, *Jurnal Infoteknik, Vol. 22 No. 1, Edisi Juli 2021*

Terzaghi, K., Peck, R. B. 1987. ***Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa.***

Erlangga, Jakarta.