

Gambar 6.3 Diagram klasifikasi Tekstur segitiga USCS Lumpur Lapindo

Dari gambar 6.3 diatas terlihat bahwa pertemuan ketiga garis dari prosentase antara pasir, lanau dan lempung berada pada zona *Clay Silt*. Berarti dapat disimpulkan bahwa lumpur Lapindo berdasarkan klasifikasi tekstur segitiga USCS termasuk jenis tanah lanau berlempung.

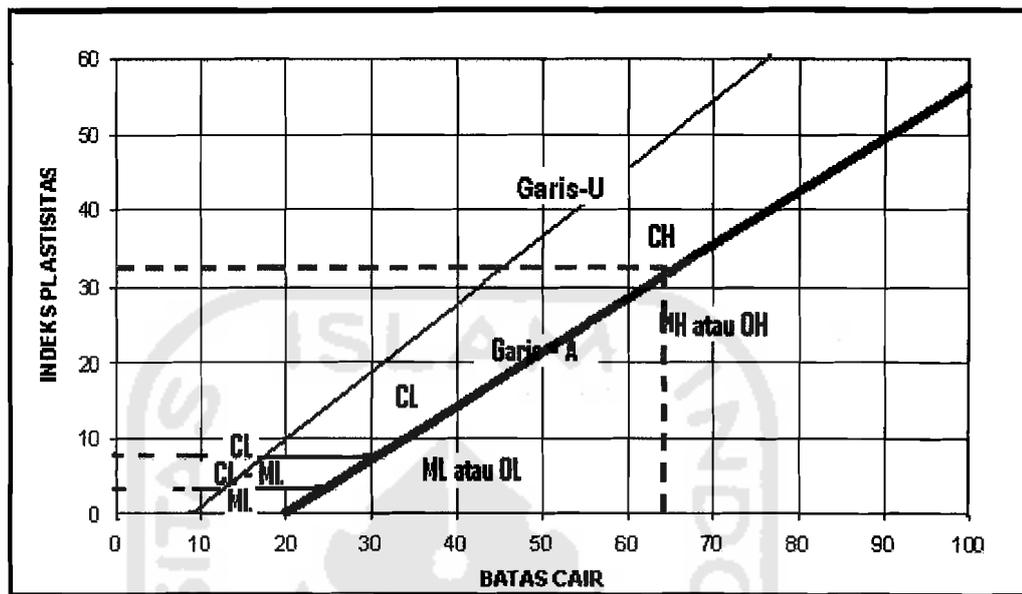
6.1.2 Sistem Klasifikasi *Unified*

Untuk sistem klasifikasi ini, lumpur Lapindo yang akan diklasifikasikan menggunakan data hasil pengujian batas cair dan indeks plastisitas yang diambil dari peneliti lain tentang lumpur Lapindo. Yang mana kedua data tersebut kemudian diplotkan kedalam grafik sistem klasifikasi *Unified*, Dari hasil pengujian lumpur Lapindo yang pernah dilakukan didapatkan data sebagai berikut:

Batas Cair (LL) = 63.73 %

Indeks Plastisitas (IP) = 32.02 %

Dengan menghubungkan batas cair dan indeks plastisitas kedalam grafik sistem *Unified* maka didapatkan hasil seperti pada gambar 6.2 dibawah ini :



Gambar 6.4 Klasifikasi tanah berdasarkan sistem *Unified* lumpur Lapindo

Dari grafik diatas terlihat bahwa titik pertemuan berada diatas garis A, maka berdasarkan klasifikasi tanah sistem *Unified*, lumpur Lapindo termasuk dalam kelompok CH yaitu tanah lempung tak organik dengan plastisitas tinggi.

6.1.3 Sistem Klasifikasi AASHTO

Menurut sistem klasifikasi AASHTO, tanah dibagi menjadi kedalam 7 kelompok yaitu A-1 sampai A-7 termasuk sub-sub kelompok. Untuk klasifikasi ini menggunakan data dari pengujian analisa saringan dan batas-batas *Atterberg*. Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan data-data tanah sebagai berikut :

1. Prosentase lolos saringan no. 200 adalah 79.28 % yaitu penjumlahan antara lanau 49.30 % dengan lempung sebesar 29.98 %. Berarti prosentase tersebut lebih besar dari 35%.
2. Batas Cair (LL) = 63.73 %
3. Indeks Plastisitas (IP) = 32.02 %
4. Batas Plastis (PL) = 31.71 % , ini berarti lebih besar dari 30 %

Berdasarkan data pengujian dari analisa saringan, batas cair dan batas plastis diatas maka nilai GI dapat dihitung berdasarkan rumus berikut ini :

$$\begin{aligned} GI &= (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10) \\ &= (79.28 - 35) [0.2 + 0.005 (63.73 - 40)] + 0.01 (79.28 - 15)(32.02 - 10) \\ &= 28.26 \approx 28 \end{aligned}$$

Dari data yang diperoleh diatas berdasarkan tabel 3.4 pada bab III, maka sistem AASHTO mengklasifikasikan lumpur Lapindo kedalam kelompok A-7-5 (28) yaitu tanah berlempung.

6.3 Analisis Penurunan (*Settlement*)

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pencampuran menggunakan lumpur Lapindo terhadap penurunan yang terjadi, maka perlu dilakukan analisis penurunan tanah yang terjadi. Adapun data yang dipergunakan dalam menganalisis perhitungan penurunan adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil penelitian di laboratorium, sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari pengamatan di lapangan berupa pengamatan lapisan tanah pada lubang penggalian tanah sampel, dan sumur yang terdekat dari area penggalian tanah sampel yang kemudian dilengkapi dengan data yang diambil dari buku literatur.

Untuk penelitian ini data yang digunakan hanya data primer saja, yaitu data dari hasil pengujian konsolidasi dilaboratorium, dan pada kondisi *normally consolidated* ($p_c = p_o$). Adapun persamaan yang digunakan dalam analisis penurunan ini adalah :

$$S_c = \frac{C_c}{1 + e_0} H \log \left(\frac{\Delta P + P_0}{P_0} \right) \dots \dots \dots (6.1)$$

Nilai indeks pemampatan (C_c) dan angka pori awal (e_o) yang digunakan berasal dari hasil pengujian konsolidasi untuk masing-masing sampel seperti yang telah diperlihatkan pada hasil pengujian konsolidasi sebelumnya. Sedangkan nilai (H) yang digunakan diambil berdasarkan tinggi cincin uji konsolidasi yang dapat dilihat pada lampiran pengujian konsolidasi untuk masing-masing sampel.

Adapun nilai P_0 dipakai beban awal pada percobaan, yaitu 0.25 kg/cm^2 dan nilai ΔP adalah selisih beban P dan P_0 .

6.3.1 Penurunan Tanah Asli

Berikut adalah contoh perhitungan analisis penurunan tanah asli untuk sampel 1 :

Data parameter konsolidasi :

$$\text{Angka pori awal} \quad (e_0) = 1.0259$$

$$\text{Tinggi cincin benda uji} \quad (H) = 2.00 \text{ cm}$$

$$1). \text{ Untuk beban } 0.25 \text{ kg/cm}^2 \text{ dan } 0.50 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Indeks pemampatan} \quad (C_c) = 0.0007$$

$$\begin{aligned} \text{Selisih beban} \quad (\Delta P) &= 0.50 - 0.25 \\ &= 0.25 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$S_c = \frac{C_c}{1+e_0} H \log \left(\frac{\Delta P + P_0}{P_0} \right)$$

$$S_c = \frac{0.0007}{1+1.0259} \times 2.00 \times \log \left(\frac{0.25 + 0.25}{0.25} \right)$$

$$S_c = 0.000208 \text{ cm}$$

$$2). \text{ Untuk beban } 0.50 \text{ kg/cm}^2 \text{ dan } 1.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Indeks pemampatan} \quad (C_c) = 0.0636$$

$$\begin{aligned} \text{Selisih beban} \quad (\Delta P) &= 1.00 - 0.50 \\ &= 0.50 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$S_c = \frac{C_c}{1+e_0} H \log \left(\frac{\Delta P + P_0}{P_0} \right)$$

$$S_c = \frac{0.0636}{1+1.0259} \times 2.00 \times \log \left(\frac{0.50 + 0.50}{0.50} \right)$$

$$S_c = 0.018901 \text{ cm}$$

3). Untuk beban 1.00 kg/cm^2 dan 2.00 kg/cm^2

$$\text{Indeks pemampatan (Cc)} = 0.2611$$

$$\begin{aligned} \text{Selisih beban } (\Delta P) &= 2.00 - 1.00 \\ &= 1.00 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$S_c = \frac{C_c}{1+e_0} H \log \left(\frac{\Delta P + P_0}{P_0} \right)$$

$$S_c = \frac{0.2611}{1+1.0259} \times 2.00 \times \log \left(\frac{1.00+1.00}{1.00} \right)$$

$$S_c = 0.077594 \text{ cm}$$

Selanjutnya dengan cara yang sama untuk beban $4.00, 8.00, 16.00 \text{ kg/cm}^2$ dapat dicari. Sehingga hasilnya dapat dilihat pada tabel 6.1 berikut ini :

Tabel 6.1 Hasil penurunan tanah asli (sampel 1)

P (kg/cm^2)	Cc	eo	H (cm)	Sc (cm)
0.25				
	0.0007	1.0259	2	0.000208
0.50				
	0.0636	1.0259	2	0.018901
1.00				
	0.2611	1.0259	2	0.077594
2.00				
	0.2806	1.0259	2	0.083389
4.00				
	0.2729	1.0259	2	0.081101
8.00				
	0.3611	1.0259	2	0.107312
16.00				
Penurunan Total			0.369 cm	

Dari tabel diatas terlihat bahwa penurunan tanah asli yang terjadi untuk sampel 1 adalah sebesar 0.369 cm yang diperoleh dari penjumlahan penurunan tiap bebannya.

Untuk analisis penurunan tanah asli pada sampel 2 cara yang digunakan sama dengan pada sampel 1. Adapun hasilnya dapat dilihat pada tabel 6.2 dibawah ini :

Tabel 6.2 Hasil penurunan tanah asli (sampel 2)

P (kg/cm ²)	Cc	eo	H (cm)	Sc (cm)
0.25	0.0011	1.1093	2	0.000314
0.5				
1	0.1219	1.1093	2	0.034794
2	0.164	1.1093	2	0.046811
4	0.3181	1.1093	2	0.090796
8	0.3808	1.1093	2	0.108692
16	0.2116	1.1093	2	0.060397
Penurunan Total			0.342 cm	

Dari tabel diatas terlihat bahwa penurunan tanah asli yang terjadi untuk sampel 2 adalah sebesar 0.342 cm yang juga diperoleh dari penjumlahan penurunan tiap bebannya seperti pada sampel 1.

Dari kedua hasil penurunan pada tabel 6.1 dan 6.2 diatas maka didapatkan rerata penurunan yang terjadi pada sampel tanah asli seperti yang terlihat pada tabel 6.3 dibawah ini :

Tabel 6.3 Hasil rata-rata penurunan tanah asli

Sampel	1	2
Penurunan (cm)	0.369	0.342
Rata-rata	0.355 cm	

Dari tabel diatas terlihat bahwa penurunan yang terjadi pada tanah asli adalah sebesar 0.355 cm.

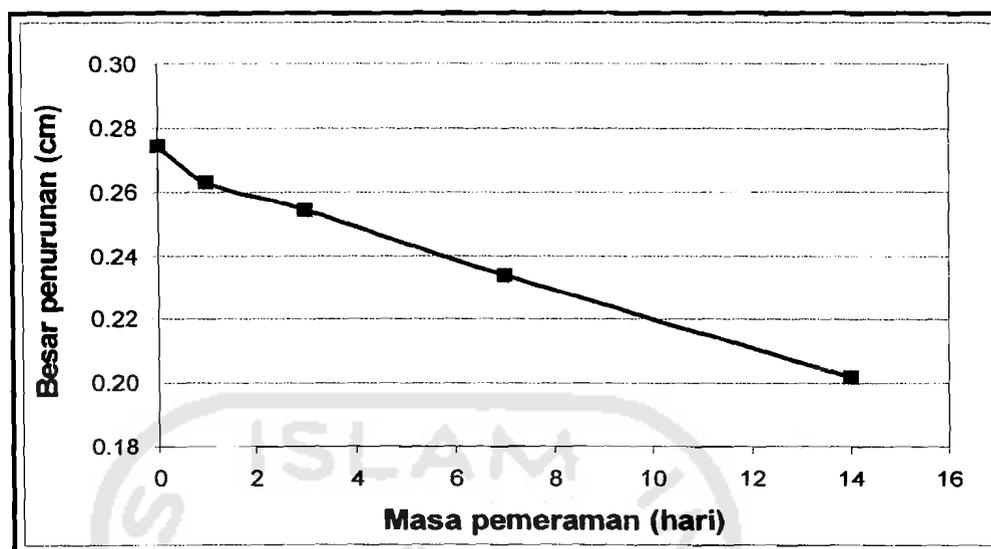
Dari gambar 6.5 diatas terlihat bahwa tanah yang dicampur menggunakan lumpur Lapindo Brantas sebanyak 5 %, dengan masa pemeraman yang berbeda membuat hasil yang diperoleh juga berbeda. Makin lama pemeramannya maka besar penurunan yang terjadi juga makin kecil. Pada campuran 5 % terjadi penurunan yang lebih kecil sebesar 35.49 % dari penurunan tanah asli.

6.3.3 Penurunan Tanah + Lumpur Lapindo 10 %

Berikut adalah hasil penurunan tanah yang dicampur dengan lumpur Lapindo sebanyak 10 % dengan waktu pemeraman 1, 3, 7, dan 14 hari. Seperti yang terlihat pada tabel 6.5 dibawah ini. Adapun data hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 42.

Tabel 6.5 Hasil penurunan tanah + lumpur Lapindo 10 %

Pemeraman (hari)	Penurunan (cm)		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
0	0.278	0.270	0.274 cm
1	0.268	0.258	0.263 cm
3	0.260	0.248	0.254 cm
7	0.237	0.230	0.234 cm
14	0.212	0.191	0.202 cm



Gambar 6.6 Grafik hubungan antara besar penurunan dengan masa pemeraman (tanah + lumpur Lapindo 10 %)

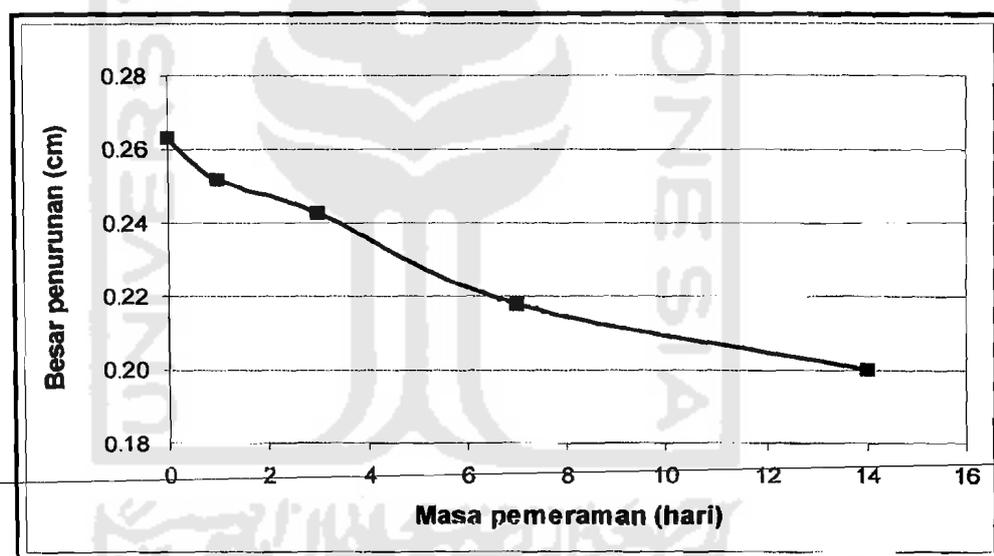
Seperti halnya pada campuran sebanyak 5 %, tanah lempung yang dicampur dengan lumpur Lapindo sebanyak 10 % dengan masa pemeraman yang berbeda, juga memperoleh hasil yang berbeda. Seperti yang terlihat pada gambar 6.6 diatas, bahwa makin lama pemeramannya maka besar penurunan tanah yang terjadi juga makin kecil. Bahkan penurunan tanah lempung yang dicampur dengan lumpur lapindo sebanyak 10 %, membuat penurunan tanah yang terjadi cenderung semakin lebih kecil dari campuran sebanyak 5 % yaitu dari 35.49 % pada campuran 5 % menjadi 43.16 % pada campuran 10 %. Ini berarti bahwa kekuatan tanah pada campuran 10 % mengalami peningkatan yang lebih baik.

6.3.4 Penurunan Tanah + Lumpur Lapindo 15 %

Berikut adalah hasil penurunan tanah yang dicampur dengan lumpur Lapindo sebanyak 15 % dengan waktu pemeraman 1, 3, 7, dan 14 hari. Seperti yang terlihat pada tabel 6.6 dibawah ini. Adapun data hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 43.

Tabel 6.6 Hasil penurunan tanah + lumpur Lapindo 15 %

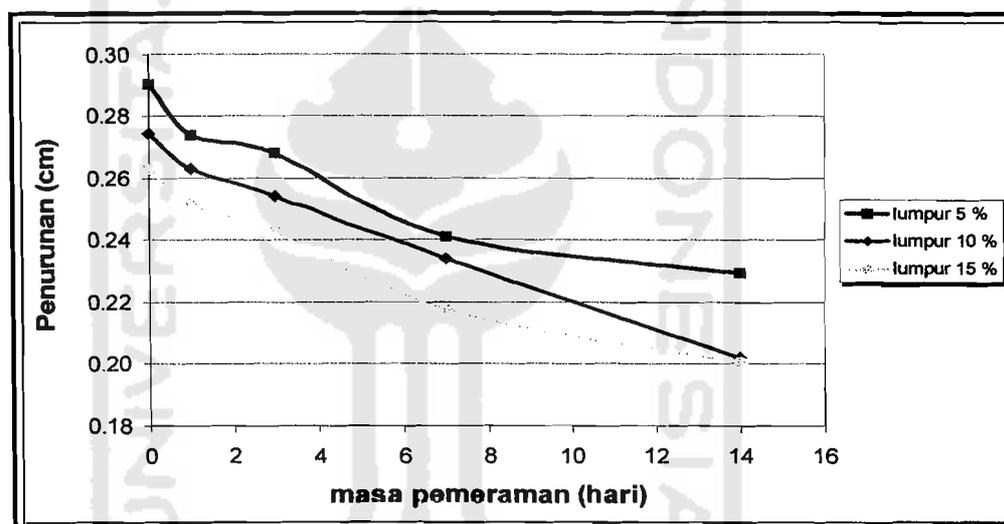
Pemeraman (hari)	Penurunan (cm)		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
0	0.273	0.253	0.263 cm
1	0.260	0.243	0.252 cm
3	0.250	0.235	0.243 cm
7	0.228	0.207	0.218 cm
14	0.208	0.192	0.200 cm

**Gambar 6.7** Grafik hubungan antara besar penurunan dengan masa pemeraman (tanah + lumpur Lapindo 15 %)

Dari gambar 6.7 diatas terlihat bahwa tanah yang dicampur menggunakan lumpur Lapindo Brantas sebanyak 15 %, masih memperoleh hasil yang berbeda bila masa pemeramannya juga berbeda. Sama halnya pada campuran lumpur Lapindo 5 % dan 10 %, dengan masa pemeraman yang berbeda membuat hasil

yang diperoleh juga berbeda, yaitu makin lama pemeramannya maka besar penurunan yang terjadi makin kecil. Atau dengan kata lain kekuatan tanah lempung yang dicampur dengan lumpur Lapindo mengalami peningkatan dari tanah asli. Namun penurunan yang terjadi pada campuran lumpur sebanyak 15 % ini tidak terlalu menunjukkan penurunan yang lebih kecil, malah relatif sama dengan campuran 10 % yaitu sebesar 43.16 % pada campuran lumpur 10 % dan pada campuran lumpur 15 % ini hanya sebesar 43.68 % saja dari tanah asli.

Berikut adalah grafik dari analisis penurunan tanah yang terjadi dengan variasi lumpur Lapindo dengan waktu pemeraman yang berbeda-beda.



Gambar 6.8 Grafik hubungan antara besar penurunan dengan masa pemeraman pada campuran lumpur Lapindo yang berbeda

Dari gambar 6.8 diatas terlihat bahwa dengan variasi lumpur dan pemeraman yang berbeda-beda, maka besar penurunan yang terjadi juga berbeda. Dengan penambahan lumpur yang semakin banyak yaitu sampai 15 % maka penurunan yang terjadi juga makin kecil. Begitu pula dengan waktu pemeraman, makin lama waktu pemeramannya yaitu sampai 14 hari, maka penurunan yang terjadi juga makin kecil. Namun pada grafik untuk lumpur 10 % dan 15 % diatas, terlihat bahwa besar penurunan tanah yang terjadi untuk masa pemeraman 14 hari

relatif sama. Ini menunjukkan bahwa untuk campuran lumpur 15 %, kecenderungan akan mengalami penurunan tanah yang lebih besar dari campuran lumpur 10 % bisa saja terjadi, bila masa pemeramannya lebih lama lagi atau lebih lama dari 14 hari.

