

PENGARUH ENERGI PEMADATAN TERHADAP KUAT GESER TANAH

Primanita Ersyah Febriana¹⁾, Dian Hastari Agustina²⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan
E-mail: primanitaersyahfebrina@gmail.com¹⁾, dian_rajendra@yahoo.com²⁾

ABSTRAK

Tanah yang mempunyai kuat geser rendah akan berdampak pada terbatasnya beban yang dapat bekerja di atasnya, untuk itu perlu dilakukannya pemadatan tanah agar pori-pori dalam tanah bisa keluar dan dapat ditempati oleh partikel padat tanah. Namun pemadatan yang berlebihan pada tanah juga dapat menyebabkan struktur tanah menjadi rusak dan tidak mencapai kepadatan maksimum yang diharapkan. Pada penelitian ini, sampel tanah dipadatkan menggunakan alat *Standard Proctor* dengan variasi pukulan 21, 29 dan 33 pukulan, dan juga variasi lapisan 4 dan 5 lapis tanah. Pada tanah yang telah dilakukan pemadatan selanjutnya akan di uji kuat gesernya menggunakan alat *Direct Shear*, sehingga akan didapat berapa energi pemadatan yang baik untuk mendapatkan nilai kuat geser yang baik pula. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan energi tidak dipengaruhi secara linear melainkan nilai optimum energi pemadatan yang diperlukan untuk memperoleh kepadatan maksimum suatu tanah. Pemadatan yang kurang akan menghasilkan nilai kepadatan yang tidak maksimum, dan juga pemadatan yang berlebihan pada tanah tersebut menyebabkan struktur tanah menjadi rusak dan tidak mencapai kepadatan maksimum seperti yang diharapkan.

Kata kunci : kuat geser, pemadatan tanah, tanah lempung, energi pemadatan, variasi pukulan dan variasi lapisan

ABSTRACT

The soil that has low shear strength will affects to the limitation of the workable load on it, it is necessary to compact the soil in order for the pores in the soil to escape and to be occupied by solid particles of soil. However, excessive compaction of the soil may also cause the structure of the soil to be damaged and not reach the expected maximum density. In this study, the soil samples were compressed using Standard Proctor tools with variations of 21, 29 and 33 blow strokes, as well as variations in layers 4 and 5 layers. In the soil that has been done the compaction will then be tested with a shear strength Direct Shear tool, so it will get how much good compaction energy to get a good value of shear strength as well. The results show that the increase in energy is not linearly influenced but the optimum value of the compacting energy required to obtain the maximum density of a soil. Less compaction will result in a non-maximum density value, as well as excessive compaction of the soil causing the soil structure to become damaged and not reaching the maximum density as expected.

Keywords - shear strength, soil compaction, clay soil, energy compaction, blow variations and layers variations

1. PENDAHULUAN

Permasalahan yang sering ditemui pada pekerjaan timbunan yakni kegagalan spesifikasi pekerjaan yang diinginkan. Kegagalan ini dapat terjadi pada timbunan itu sendiri. Salah satu unsur terpenting yang harus diperhatikan dalam tanah timbunan adalah karakteristik tanah dan cara stabilisasi tanah itu sendiri. Untuk penentuan

karakteristik tanah harus melalui penelitian karena tanah di suatu lokasi memiliki karakteristik yang berbeda dengan tanah di lokasi lain.

Kepadatan tanah dipengaruhi oleh besar kecilnya energi pemadatan yang diberikan. Pada proses pemadatan, peningkatan energi tidak dipengaruhi secara linear melainkan nilai optimum energi pemadatan yang diperlukan

untuk memperoleh kepadatan maksimum suatu tanah, akan tetapi penambahan air setelah mencapai kadar air optimum justru cenderung menurunkan berat volume kering dari tanah. Hal ini disebabkan karena air tersebut menempati ruang-ruang pori-pori dalam tanah yang seharusnya dapat ditempati oleh partikel-partikel padat dari tanah. Pemadatan yang berlebihan pada tanah tersebut, juga menyebabkan struktur tanah menjadi rusak dan tidak mencapai kepadatan maksimum yang diharapkan.

Besarnya energi pemadatan tergantung pada berat alat pemadat, tekanan dan alat pemadat yang digunakan. Besar kecilnya energi pemadatan yang diberikan menentukan besar kecilnya biaya pekerjaan pemadatan. Makin banyak lintasan pemadatan yang dilakukan pada proses pemadatan tanah, makin besar biaya yang digunakan. Oleh karena itu, jumlah lintasan (besarnya energi) yang diperlukan untuk mencapai kepadatan maksimum suatu jenis tanah harus dihitung untuk menghindari pemborosan biaya (Najoan Theo, dkk. 2002).

2. LANDASAN TEORI

2.1 Kuat Geser Tanah

Kekuatan geser suatu tanah dapat juga didefinisikan sebagai tahanan maksimum dari tanah terhadap tegangan geser di bawah suatu kondisi yang diberikan (Smith, 1992). Kuat geser tanah sebagai perlawanan internal tanah terhadap persatuan luas terhadap keruntuhan atau pengerasan sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud (Das, 1994).

Kekuatan geser tanah (*soil shear strength*) dapat didefinisikan sebagai kemampuan maksimum tanah untuk bertahan terhadap usaha perubahan bentuk pada kondisi tekanan (*pressure*) dan kelembaban tertentu (Head, 1982).

2.2 Direct Shear Test

Cara pengujian geser langsung ini terdapat dua cara yaitu, tegangan geser terkendali (*stress controlled*) dan regangan terkendali (*strain controlled*). Pada pengujian tegangan terkendali, tegangan geser diberikan dengan menambahkan beban mati secara bertahap dan dengan

penambahan yang sama besarnya setiap kali sampai runtuh. Keruntuhan akan terjadi sepanjang bidang bagi kotak besi tersebut. Pada uji regangan terkendali, suatu kecepatan gerak mendatar tertentu dilakukan pada bagian belahan atas dari pergerakan geser horisontal tersebut dapat diukur dengan bantuan sebuah arloji ukur horizontal.

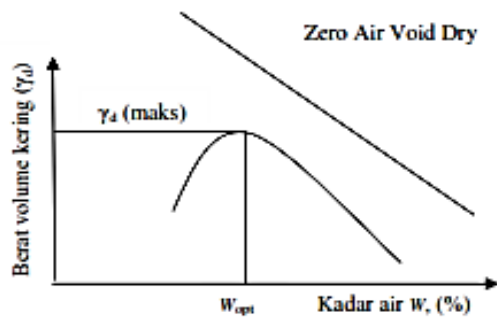
- Hitung beban horizontal $Ph = \text{bacaan arloji} \times \text{kalibrasi proving ring}$
- Hitung tegangan geser $\tau = \frac{Ph}{Ac}$
- Hitung tegangan normal $\sigma_n = \frac{Pv}{Ac}$
- Gambarkan grafik hubungan $\frac{\Delta B}{B}$ versus τ , kemudian dari masing-masing benda uji dapatkan τ_{max} .
- Gambarkan garis lurus melalui titik-titik hubungan τ versus σ_n dapatkan pula parameter c dan ϕ .
- Untuk mendapatkan parameter c dan ϕ dapat diselesaikan dengan cara matematis (persamaan regresi linear). Rumus kekuatan geser: $\phi = c + \sigma tg \delta$

2.3 Pemadatan Tanah dengan Metode Standard Proctor

Kompaksi atau pemadatan adalah proses dimana udara pada pori-pori tanah dikeluarkan dengan cara mekanis, sehingga partikel-partikel tanah menjadi rapat. Untuk suatu jenis tanah yang dipadatkan dengan daya pemadatan tertentu, kepadatan yang dicapai tergantung pada banyaknya air (kadar air) tanah tersebut. Besarnya kepadatan tanah, biasanya dinyatakan dalam nilai berat isi kering nya (γ_d).

Apabila tanah dipadatkan dengan adanya pemadatan yang tetap pada kadar air yang bervariasi, maka pada nilai kadar air tertentu akan tercapai kepadatan maksimum ($\gamma_d \text{ max}$). Kadar air yang menghasilkan kepadatan maksimum disebut kadar air optimum ($\gamma_w \text{ opt}$).

Kenyataan ini dikemukakan pertama kali oleh R. R. Proctor pada tahun 1933, dan dapat dinyatakan dalam grafik yang menyatakan hubungan antara kepadatan (γ_d) dengan kadar air (γ_w). Sebagaimana nampak pada gambar berikut:



Gambar 1. Hubungan kepadatan (γ_d) dengan kadar air (γ_w)

2.4 Penelitian Relevan

Jalil, A. dan Adi, K. (2014) melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Penambahan Pasir pada Tanah Lempung Terhadap Kuat Geser Tanah”, dari hasil penelitian tersebut didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Dari hasil pengujian di Laboratorium menggambarkan bahwa tanah memiliki kadar air sebesar 26,52%, berat jenis sebesar (G_s) 2,59, berat volume $1,89 \text{ gr/cm}^3$, batas cair (LL) 40,51%, batas plastis (PL) 28,59%, indeks plastis (IP) 12,00% dan GI 7,97.
- Sampel tanah lempung berdasarkan sistem AASHTO, termasuk ke dalam kelompok A-7-6, berdasarkan sistem USCS termasuk kedalam kelompok ML, CL & OL dengan klasifikasi tanah berlempung dan kualitas tanah sebagai bahan tanah dasar terhadap bangunan di atasnya dalam AASHTO termasuk buruk karena nilai GI sebesar 7,97 berada pada range 5-9.
- Pada pengujian Proctor standar didapat kepadatan kering sebesar $1,58 \text{ gr/cm}^3$ dengan kadar air optimum 17,80%, sehingga penambahan pasir sebagai bahan stabilisasinya dapat meningkatkan kadar air optimum (OMC) dan kepadatan keringnya (*density*) pada γ_{dmax} sebesar $1,60 \text{ gr/cm}^3$ dengan kadar air optimum 18,80%. Sehingga semakin padat suatu tanah maka semakin kecil sudut geser yang dihasilkan.
- Hasil pengujian Triaksial untuk tanah asli sudut geser sebesar 40° , c sebesar $6,402 \text{ kg/cm}^2$, untuk penambahan kadar

pasir 10% didapat sudut geser sebesar 22° , dengan c sebesar $6,792 \text{ kg/cm}^2$, sehingga semakin ada penambahan kadar pasir, maka semakin meningkat kohesi tanah tersebut, sedangkan sudut gesernya akan semakin menurun.

Karim, N. dan Imran, H. (2015) melakukan penelitian yang berjudul “Uji Pemadatan Tanah Samaya sebagai Bahan Timbunan pada Bendungan Urugan”, dari hasil penelitian tersebut didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil pengujian karakteristik 3 sampel tanah Samaya dengan menggunakan Sistem Klasifikasi Tanah USCS, maka jenis tanah yang mereka teliti termasuk jenis lanau lempung anorganik (MH), karakter tanah Samaya dapat dijadikan sebagai bahan timbunan bendungan urugan.
- Kepadatan kering optimal dicapai pada penumbukan 25 kali setiap lapis dengan persentase kepadatan yaitu 97.29% dari kepadatan kering maksimum. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kepadatan kering tanah dengan jenis MH pada pengujian standar belum mencapai nilai maksimum. Namun jika tanah ini akan digunakan untuk tanah timbunan untuk inti bendungan, sudah dianggap cukup ($MDD \geq 95\%$).
- Energi pemadatan yang diperlukan untuk memadatkan jenis tanah MH hingga kepadatan kering maksimum mencapai 8.220 kg/cm^2 dan jika jenis tanah ini akan digunakan untuk timbunan inti bendungan, maka energi pemadatan cukup dengan 5.708 kg/cm^2 .

Yamali, Fakhrol (2016) melakukan penelitian yang berjudul “Analisa Energi Alat Pemadat Tanah Lempung di Lapangan”, dari hasil penelitian tersebut didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan hasil perhitungan energi alat pemadat di Laboratorium untuk pemadatan modifikasi (proktor modifikasi) energi yang dihasilkan lebih besar yaitu sebesar $2642749 \text{ Joule/m}^3$ dibandingkan energi pemadatan standar (proktor standar) sebesar 593876 Joule/m^3 .

- b) Untuk alat pemadat dilapangan energi yang dihasilkan pemadatan tanah lempung dengan 1 lintasan adalah sebesar 64,43 joule (tiap cm lebar roda) dan 515,47 joule (tiap cm lebar roda) untuk 8 lintasan ini menunjukkan energi semakin bertambah seiring dengan penambahan jumlah lintasan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pemadatan tanah dengan standar proctor tes (ASTM D-698) dilakukan untuk mencari nilai kadar air optimum dan berat kering maksimum, penelitian ini menggunakan sampel tanah yang lolos saringan no. 4 dan telah kering oven. Untuk mendapatkan kurva kadar air optimum/ *optimum moisture content (OMC)* dan berat kering maximum/ *maximum dry density (MDD)* digunakan 6 sample tanah masing-masing sebanyak 2,5 kg. Setelah diperoleh nilai OMC dan MDD selanjutnya disiapkan sample tanah dengan kadar air OMC, selanjutnya sebelum dilakukan pemadatan, tanah disimpan selama 24 jam agar campuran tanah menjadi homogen. Sampel tanah yang telah dipadatkan metode *standard proctor* dengan variasi pukulan dan lapisan 1.

Tabel 1. Variasi Pukulan dan Jumlah Lapisan

#Sampel	Jumlah Pukulan	Jumlah Lapisan
1	21	4
2		5
3	25 (<i>standar proctor test</i>)	3
4	29	4
5		5
6	33	4
7		5

Selanjutnya dilakukan uji geser langsung dengan alat *Direct Shear Test* sesuai dengan ASTM D-3080. Uji ini dilakukan untuk menentukan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) secara tepat. Dari hasil masing-masing variasi pukulan dan lapisan yang diuji geser dapat menentukan seberapa besar pengaruh pukulan terhadap tanah yang diteliti.

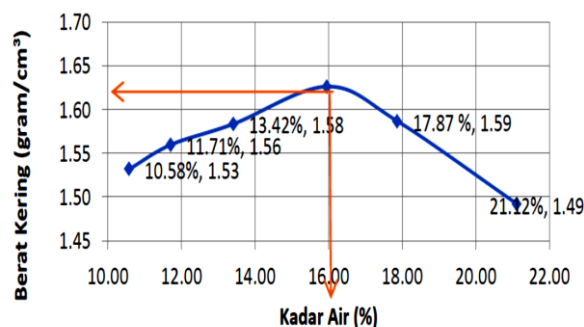
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian properties tanah diperoleh data yang dapat dilihat dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2. Hasil pengujian properties tanah

Pemeriksaan	Hasil Pengujian
Kadar air tanah asli	20,68 %
Berat jenis tanah	2,66
Batas cair tanah (LL)	37,32 %
Batas Plastis tanah (PL)	21,09 %
Indeks Plastisitas (PI)	16,23 %
Batas susut tanah (SL)	18,17 %
Klasifikasi tanah menurut USCS	CL
Klasifikasi tanah menurut AASTHO	Tanah berlempung

Hasil dari uji pemadatan ini diperoleh MDD sebesar 1,63 gr/cm³ dan OMC sebesar 16 %, dapat dilihat pada gambar 2, hasil pemadatan standar sebagai berikut:



Gambar 2. Kurva berat kering tanah dan kadar air hasil uji pemadatan standar

Setelah diperoleh kadar air optimum dan berat kering tanah maksimum, dilakukan pengujian pemadatan dengan variasi dengan variasi 21, 29 dan 33 pukulan dengan 4 dan 5 lapisan tanah untuk selanjutnya dilakukan uji geser dengan alat uji geser langsung (*direct shear test*) untuk mengetahui nilai kuat geser tanah hasil pemadatan tersebut.

Tabel 3. Hasil pengujian pemadatan terhadap kuat geser tanah dengan variasi Pukulan dan lapisan tanah

Sampel	Jumlah Pukulan	Jumlah lapisan	Energi Pemadatan (J/m ³)	Kohesi (C $\frac{kg}{cm^2}$)	Sudut Geser Dalam (ϕ °)
1	21	4	67421.05	0.36	31.80
2	21	5	84276.32	0.48	29.25
3	25	3	60197.37	0.37	37.95
4	29	4	93105.26	0.31	52.64
5	29	5	116381.58	0.24	30.96
6	33	4	105947.37	0.36	39.35
7	33	5	132434.21	0.30	37.60

Dari tabel 3 diperoleh hasil bahwa semakin banyak jumlah lapisan justru menurunkan nilai kohesi dan sudut geser pada umlah pukulan yang sama. Dari keseluruhan hasil pengujian diperoleh nilai kohesi dan sudut geser yang baik didapat pada saat pemadatan 4 lapis dengan jumlah pukulan 29 pukulan per lapis tanah. Pada tanah berlempung semakin banyak jumlah lapisan tanah dan pukulan tidak selalu menghasilkan hasil kuat geser yang lebih tinggi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini didapat bahwa semakin banyak pukulan atau energi yang diberikan maka semakin besar energi pemadatan yang dihasilkan. Nilai kohesi yang baik didapat pada saat pemadatan dengan jumlah pukulan 21 pukulan per lapis dengan 5 lapis tanah dan sudut geser dalam yang baik didapat pada saat pemadatan dengan 29 pukulan per lapis dengan 4 lapisan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Badan Standarisasi Nasional (BSN). Cara Uji Kepadatan Berat untuk Tanah. Standar Nasional Indonesia, 2008.
 [2] B.M. Das, 'Mekanika Tanah Jilid I,' Erlangga, Jakarta. 1993

[3] H.C. Hardiyatmo, 'Mekanika Tanah I,' Universitas Gajah Mada Press, Yogyakarta, 2012.
 [4] J.E. Bowles, "Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah," Erlangga, Jakarta, 1991.
 [5] K.L. Breyndah, S. Monintja, A.N. Sarajar, "Korelasi Antara Tegangan Geser dan Nilai CBR pada Tanah Lempung Ekspansif dengan Bahan Campuran Semen," Jurnal Sipil Statik, Universitas Sam Ratulangi, 2013.
 [6] K Terzhagi, R.B. Peck, " Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa," Erlangga, Jakarta. 1993.
 [7] L.D. Wesley, "Mekanika Tanah," Badan Penerbit Percetakan Umum, Jakarta, 1977.
 [8] R.F. Craig, 'Mekanika Tanah,' Erlangga, Edisi ke IV, Jakarta, 1994.
 [9] R. Munawir, Yuliana, "Pengaruh Tingkat Kepadatan Tanah dan Intensitas Hujan Terhadap Besaran Erosi Tanah pada Pasir Berlempung," Jurnal Universitas Hasanuddin: Makassar, 2008.
 [10] R. Safitri, 'Korelasi Parameter Kuat Geser Hasil Uji Geser Langsung dan Uji Triaksial pada campuran Tanah Lempung Pasir,' Jurnal Sains dan Teknologi, Universitas Riau, Pekanbaru. 2011.
 [11] Y. Yudistira, S. Permana, I. Farida, "Analisa Kepadatan Tanah pada Timbunan di Saluran Irigasi dengan Metode Pengujian Proctor dan Sand Cone," Jurnal Konstruksi, Sekolah Tinggi Teknologi Garut, Garut. 2015.