

UJI PEMADATAN TANAH SAMAYA SEBAGAI BAHAN TIMBUNAN PADA BENDUNGAN URUGAN

Nenny^{1*}, Hamzah Al Imran²

^{1,2} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar
Jl. Sultan Alauddin, Makassar.

*Email: nenykarim@yahoo.co.id

Abstrak

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 penyelidikan karena tanah disuatu lokasi memiliki karakteristik yang berbeda dengan tanah di lokasi lain. Sedangkan stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan cara pemadatan. Dengan melakukan pengujian karakteristik 3 sampel tanah, yaitu ukuran butir, batas cair, batas plastis dan indeks plastis, volume kering dan kadar organik, dapat diketahui jenis tanah yang diteliti adalah tanah berbutir halus dan dengan menggunakan Sistem Klasifikasi Tanah USCS, maka jenis tanah yang kami teliti termasuk jenis lanau lempungan anorganik (MH). Dari hasil pengujian variasi tumbukan dengan menggunakan kadar air optimum didapat kepadatan kering maksimum pada tumbukan 36 kali, namun jika tanah ini akan digunakan untuk tanah timbunan untuk inti bendungan, sudah dianggap cukup pada penumbukan 25 kali setiap lapis dengan persentase kepadatan kering yaitu 97,31%. Energi pemadatan yang diperlukan untuk memadatkan jenis tanah MH hingga kepadatan kering maksimum tercapai adalah 8,220 kg/cm dan jika jenis tanah ini akan digunakan untuk timbunan inti bendungan, maka energi pemadatan cukup dengan 5,708 kg/cm

Kata kunci: *energy pemadatan, karakteristik tanah, kepadatan kering maksimum*

1. LATAR BELAKANG

Tanah mempunyai peranan yang sangat penting pada pekerjaan konstruksi, merupakan bahan yang sangat ekonomis, mudah didapat dan umumnya langsung tersedia di lapangan. Tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul/bendungan. Salah satu bentuk pemanfaatan tanah dalam bidang konstruksi adalah kegiatan timbunan. Kegiatan timbunan yaitu kegiatan meletakkan atau menambah volume material dengan tujuan untuk meratakan permukaan, meninggikan elevasi permukaan untuk mendapatkan permukaan tanah yang lebih baik [Soedibyo,2003]. Pekerjaan timbunan yang sering dijumpai dalam kegiatan konstruksi salah satunya adalah pembuatan tanggul dan bendungan.

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 disuatu 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. Pemadatanyang 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]

Salah satu jenis tanah yang sering dipakai sebagai bahan timbunan adalah tanah dari Samaya Kabupaten Gowa. Penggunaan tanah Samaya selain digunakan sebagai bahan lapisan pondasi jalan, juga dapat dipergunakan sebagai bahan timbunan pada tubuh bendungan. Namun perlu diperhatikan apakah tanah Samaya ini cocok untuk berbagai keadaan di lapangan dan apakah memungkinkan untuk diselesaikan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerjanya.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik tanah timbunan dari lokasi Samaya, mengetahui jumlah tumbukan maksimum yang diperlukan untuk mendapatkan kepadatan optimal sebagai bahan timbunan pada bendungan urugan, mengetahui besarnya energi pemadatan yang diperlukan untuk mendapatkan kepadatan maksimum, dan untuk mengetahui hubungan antara penambahan energi pemadatan terhadap peningkatan kepadatan tanah Samaya sebagai bahan timbunan pada bendungan urugan.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan pada pelaksanaan pemadatan tanah dari jenis tanah Samaya untuk pekerjaan penimbunan tubuh bendungan, dan acuan bagi para peneliti yang tertarik untuk meneliti pemadatan jenis tanah lain.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang.

2.1.1. Rancangan Penelitian

Adapun rancangan penelitian antara lain :

1. Pengambilan Sampel Tanah
Pengambilan sampel tanah asli dari lokasi Samaya kab.Gowa dengan klasifikasi sebagai tanah lempung.
2. Pengujian Karakteristik Tanah
Pengujian karakteristik tanah antara lain Pengujian Gradasi, Pengujian Berat jenis, Pengujian berat volume tanah dan Pengujian Permeabilitas.
3. Pengujian Kepadatan Standar
Pengujian kepadatan standar dan pengukuran kadar air untuk menentukan kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum pada sampel tanah.
4. Pemadatan dengan Variasi Jumlah Tumbukan
Pemadatan dengan variasi tumbukan pada sampel dengan kadar air optimum dilakukan untuk melihat perubahan kepadatan tanah lempung akibat pemberian energi yang berbeda.
5. Analisis Hasil Pengujian
Analisis hasil pengujian dilakukan untuk mengetahui jumlah tumbukan untuk mendapatkan kepadatan paling tinggi, menghitung jumlah energi, dan jumlah lintasan pemadatan (sesuai dengan alat yang digunakan).

2.1.2. Prosedur Pengujian

1. Pengujian Analisa Saringan

- a. Keringkan benda uji didalam oven sampai beratnya konstan (kurang lebih 1 x 24 jam).
- b. Timbang sampel seberat 2000 gram dengan ketelitian 0,01 gram.
- c. Aduk sampel didalam talang yang diberi air aquades, kemudian saring dengan menggunakan saringan terkecil. (no. 200).
- d. Ulangi pengadukan sampai air yang lewat saringan berwarna jernih.
- e. Keringkan sampel didalam oven sampai beratnya konstan.
- f. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempat paling atas.
- g. Saringan diguncang dengan mesin pengguncang selama \pm 15 menit.
- h. Benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan ditimbang.

2. Pengujian Kadar Organik.

- a. Tanah lempung yang lolos saringan no. 4, dimasukkan kedalam botol sampai 1/3 bagian dari botol.
- b. Larutan NaOH kadar 3% ditambahkan kedalam botol sampai penuh.
- c. Botol ditutup sampai rapat.
- d. Botol tersebut kemudian dikocok selama ± 15 menit atau sampai tanah tercampur rata
- e. Setelah dikocok, botol tersebut didiamkan selama ± 24 jam.
- f. Kemudian amati warna cairan dalam botol dan bandingkan warnanya dengan tabel warna.

3. Pengujian Batas Atterberg.

Pengujian Batas Cair (LL)

- a. Ambil contoh tanah yang lolos saringan No. 40.
- b. Tempatkan dalam cawan porseline dan campuran dengan air suling.
- c. Aduk dengan spatula di atas plat kaca hingga homogen.
- d. Ambil contoh tanah yang telah tercampur dan letakkan dalam cawan batas cair.
- e. Ratakan permukaan contoh tanah tersebut dengan menggunakan grooving tool
- f. Dengan menggunakan alat pemutar, angkat dan turunkan cawan tersebut dengan kecepatan 2 putaran/detik.
- g. Hentikan pemutaran jika alur sudah tertutup sepanjang $\pm 1,25$ cm dan hitung beberapa ketukan yang dibutuhkan.
- h. Ambil contoh tersebut sebagian untuk diperiksa kadar airnya.
- i. Ulangi percobaan diatas dengan kadar air yang berbeda.
- j. Jumlah ketukan yang diharapkan, yaitu :
 - 10 - 20 ketukan
 - 20 - 30 ketukan
 - 30 - 40 ketukan
 - 40 - 50 ketukan

4. Pengujian Berat Volume.

- a. Timbang cincin dalam keadaan bersih (W1)
- b. Olesi bagian dalam cincin dengan Vaseline.
- c. Benda uji disiapkan dengan menekan cincin pada tabung contoh sampai cincin terisi penuh.
- d. Ratakan kedua permukaan dan bersihkan cincin sebelah luar.
- e. Timbang cincin dan contoh tanah, catat beratnya (W2).
- f. Hitung Volume tanah dengan mengukur diameter dalam dan tinggi cincin.

5. Pengujian Permeabilitas

Percobaan dengan muka air berubah (*falling head*):

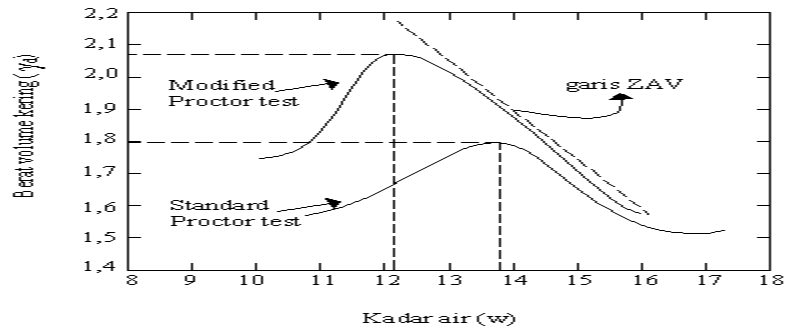
- a. Ukur diameter dalam pipa vertikal dan permeameter.
- b. Timbang permeameter kosong, batu pori, penyumbat, dan pegas.
- c. Isi permeameter dengan tanah kering dengan cara menuangkannya.
- d. Pasang bati pori atas, pegas, dan penyumbat. Pegas harus ditekan sehingga memberi beban pada tanah dan membantu menjaga tanah tetap pada tempatnya jika tanah menjadi jenuh.
- e. Timbang permeameter yang sudah diisi dengan contoh tanah, selisih yang terjadi adalah berat tanah yang digunakan.
- f. Tempatkan permeameter yang sudah terisi, seperti terlihat pada gambar.
- g. Bebankan contoh dengan tekanan absolut dengan cara;
 - a) tutup semua katup
 - b) buka katup g, h, j, k, e, d, c, dan b
- h. Setelah dibiarkan selama 10 –15 menit untuk pengeluaran udara, tanah dijatuhkan dengan cara :
 - Tutup katup f, g, dan h.
 - Buka katup n, air akan masuk kedalam tanah karena gaya tarik kapiler yang dibantu dengan adanya perbedaan elevasi antara bak air dan permeameter. Jika dibutuhkan perbedaan yang lebih besar, buka katup m sedikit.

- Air dibiarkan mengalir untuk membuat tanah jenuh dan naik ke katup b, lalu tutup katup n.
- Buka vakum tanah dengan pertama-tama menutup katup k dan d dan kemudian perlahan-lahan membuka katup q dan m.
- Setiap gelembung udara dalam permeameter diatas tanah harus dibuang dengan jalan membuka sumbat atas perlahan-lahanselama mengalirkan air melalui q, dengan menutup katup d. Setiap gelembung dibawah harus dibuang melalui katup s, dengan mengalirkan air melalui katup n dengan membuka katup m.
- i. Ukur panjang contoh ; L dan ukur permukaan h_0 dan h_1 .
- j. Batas atas h_0 adalah ujung atas tabung, sedangkan h_1 beberapa cm diatas ujung bawah pipa.
- k. Dengan katup d dan n tertutup, isi pipa vertikal dengan air destilasi yang tidak mengandung udara sampai beberapa cm diatas h_0 dengan membuka katup q, c, dan a. Tutup katup c dan biarkan a terbuka.
- l. Periksa bahwa tidak ada udara pada garis antara pipa pertikal dan permeameter dengan bak air konstan.
- m. Awali percobaan dengan membuka tutup p, tekan pengatur waktu selagi permukaan air jatuh ke batas h_0 dan catat selang waktu sampai permukaan air mencapai ketinggian V h_0 h_1 dan h_1 . Jika waktu yang tercatat tidak mencapai 2 – 3% ulangi percobaan.
- n. Jika waktu yang diinginkan sudah tercapai, kurangi pori dengan memukul sisi permeameter dengan palu kayu.

6. Pengujian Kepadatan.

Prosedur Pelaksanaan :

- a. Keringkan sampel tanah hingga menjadi gembur. Pengeringan dilakukan di udara atau dengan pengeringan lainnya yang suhunya tidak lebih dari 60° C. Gumpalan-gumpalan tanah harus ditumbuk tetapi butir aslinya tidak pecah.
- b. Tanah yang sudah gembur disaring dengan saringan no.4 dan diambil sebanyak 10 kg untuk 4 sampel, kemudian diberi aquades dengan selisih setiap sampel 1 – 3% dari berat tanah.
- c. Mengaduk secara merata masing-masing sampel kemudian simpan dalam kantong plastik kedap air selama \pm 12 jam.
- d. Timbang cetakan dan keping alas dengan ketelitian 5 gram (B_1 gram) kemudian satukan dan tempatkan pada tempat yang kokoh.
- e. Ambil contoh tanah asli, aduk sampai rata (homogen) kemudian padatkan dalam cetakan dengan cara tanah dipadatkan dalam 3 lapisan dengan tiap-tiap lapisan dipadatkan dengan 25 kali tumbukan.
- f. Potong kelebihan tanah dari bagian keliling leher dengan pisau dan lepaskan leher sambung.
- g. Penggunaan alat perata untuk meratakan kelebihan tanah sehingga betul-betul rata dengan permukaan cetakan.
- h. Timbang cetakan berisi benda uji dengan ketelitian 5 gram.
 - Gambar grafik berat isi tanah kering terhadap kadar air, dengan sebuah kurva yang halus yang paling mendekati titik yang digambarkan dan tentukan berat isi kering maksimum dari kurva tersebut dengan ketelitian 0.01 gr/cm³. Kadar air yang sesuai dengan berat isi kering maksimum adalah kadar air optimum dan harus dicatat dengan ketelitian 0.5 %.
 - Setelah diketahui kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum, gambarlah Zero Air Void Line
 - Grafik pemadatan tidak boleh memotong zero air voids line dan pada kadar air yang tinggi menjadi sejajar dengan garis tersebut. (gambar 1)



Gambar 1 .Grafik kepadatan kering Kadar air. (Braja M.Das, 1995.1).

7. Pengujian Kepadatan dengan Variasi Jumlah Tumbukan.

Prosedur pelaksanaan :

1. Keringkan sampel tanah hingga menjadi gembur. Pengeringan dilakukan di udara atau dengan pengeringan lainnya yang suhunya tidak lebih dari 60° C. Gumpalan-gumpalan tanah harus ditumbuk tetapi butir aslinya tidak pecah.
2. Tanah yang sudah gembur disaring dengan saringan no.4 dan diambil sebanyak 10 kg untuk 4 sampel, kemudian diberi aquades sebanyak kadar air optimum sebagaimana diperoleh pada pengujian kepadatan standar.
3. Mengaduk secara merata masing-masing sampel kemudian simpan dalam kantong plastik kedap air selama ± 12 jam.
4. Timbang cetakan dan keping alas dengan ketelitian 5 gram (B_1 gram) kemudian satukan dan tempatkan pada tempat yang kokoh.
5. Ambil contoh tanah asli, aduk sampai rata (homogen) kemudian padatkan dalam cetakan dengan cara tanah dipadatkan dalam 3 lapisan dengan tiap-tiap lapisan dipadatkan dengan 18 kali untuk sampel 1, untuk sampel 2 dipadatkan 27 kali tumbukan, sampel 3 dipadatkan ssebanyak 36 kali tumbukan dan 45 kali tumbukan untuk sampel 4.
6. Potong kelebihan tanah dari bagian keliling leher dengan pisau dan lepaskan leher sambung.
7. Pergunakan alat perata untuk meratakan kelebihan tanah sehingga betul - betul rata dengan permukaan cetakan.
8. Timbang cetakan berisi benda uji dengan ketelitian 5 gram.
9. Keluarkan benda uji tersebut dan mengambil sebagian kecil untuk pemeriksaan kadar air.

Hitung berat isi yang diperoleh dari setiap pengujian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Fisik dan Mekanis Tanah Samaya

Dari hasil pengujian karakteristik 3 sampel tanah Samaya diperoleh data, sebagai berikut :

- a. Sampel I yaitu persentase lolos saringan no.200 = 78.72%, IP=17.31%, Gs = 2.65 dan kandungan kadar organik rendah.
- b. Sampel II yaitu persentase lolos saringan no.200 = 76.28%, IP = 22.47%, Gs = 2.68 dan kandungan kadar organik rendah.
- c. Sampel III yaitu persentase lolos saringan no.200 = 82.09%, IP = 17,88% , Gs = 2.67, dan kandungan kadar organik rendah.

Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Mekanik Tanah

No.	Sifat sifat	Sampel I	Sampel II	Sampel III	Satuan
1.	Kepadatan Kering maksimum (γ_d Maks)	1,48	1,193	1,30	gr/cm ³
2.	Kadar air (Wc) optimum	29,1	24,0	25,4	%
3	Permeabilitas	7×10^{-6}	$3,7 \times 10^{-5}$	$1,7 \times 10^{-5}$	cm/s

Pada pengujian pemadatan standar dengan jumlah pemadatan 25 kali tumbukan data sebagai berikut :

- Sampel I diperoleh berat isi kering 1.48 gr/cm³ dengan kadar air optimum sebesar 29.1%.
- Sampel II diperoleh berat isi kering 1.19 gr/cm³ dengan kadar air optimum 24.0%.
- Sampel III diperoleh berat isi kering 1.30 gr/cm³ dengan kadar air optimum 25.4%.

Pada pengujian permeabilitas dengan menggunakan metode felling head untuk sampel I diperoleh nilai koefisien permeabilitas, $k = 7 \times 10^{-6}$ cm/s, sampel II diperoleh nilai koefisien permeabilitas, $k = 3.7 \times 10^{-5}$ cm/s dan sampel III diperoleh nilai koefisien permeabilitas, $k = 1.7 \times 10^{-5}$ cm/s.

3.2. Tingkat Pemadatan Laboratorium.

Pengujian kepadatan laboratorium dilakukan dengan memberikan tumbukan pada sampel tanah yang ditempatkan pada wadah selinder (Tabel 2)

Tabel 2. Kepadatan Kering Maksimum dengan Variasi Tumbukan.

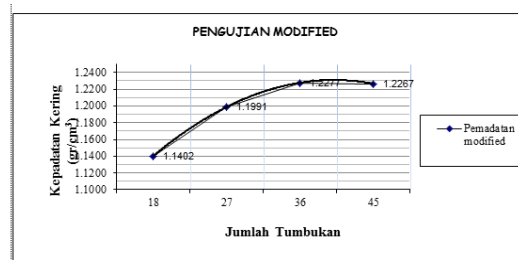
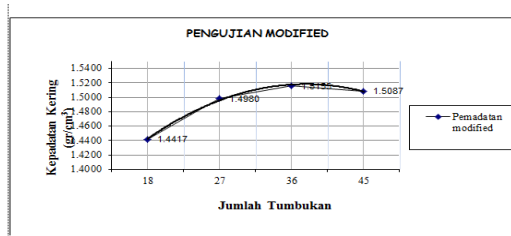
No. Sampel	Kepadatan kering (gr / cm ³)				Kadar air Rata-2 (%)
	18 Tumbukan	27 Tumbukan	36 Tumbukan	45 Tumbukan	
I	1.4417	1.4980	1.5155	1.5087	29,7
II	1.1402	1.1991	1.2277	1.2267	20,7
III	1.2110	1.2992	1.3389	1.3594	26

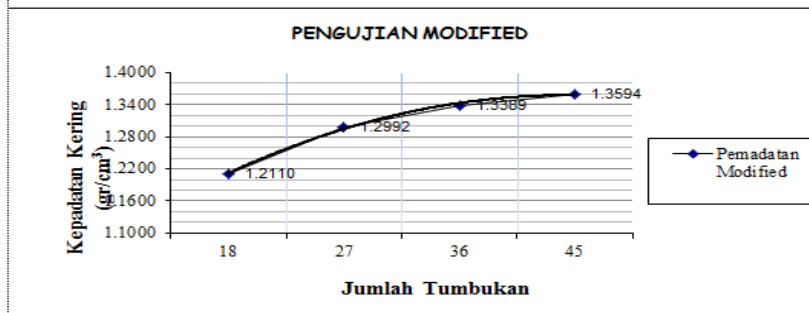
Dari hasil kepadatan kering dengan variasi kadar air diperoleh nilai kadar air optimum yaitu 25 kali tumbukan. Kadar air optimum ini dipakai sebagai acuan untuk pengujian Modified dengan variasi tumbukan dan diperoleh kepadatan kering maksimum pada 36 kali tumbukan.

3.4. Desain Pemadatan Lapangan

3.4.1. Perilaku kepadatan tanah dengan variasi tumbukan

Data-data pengujian yang diperoleh dari penelitian sebagai mana ditunjukkan pada tabel 2, selanjutnya ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara jumlah tumbukan dengan kepadatan kering disajikan pada gambar 2 sampai 4





Gambar 2. Grafik hubungan kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum untuk sampel 1,2 dan 3

Grafik hubungan antara kepadatan kering dengan jumlah tumbukan untuk sampel I dan sampel II (Gambar 2) berupa parabolik dengan nilai maksimal kepadatan kering pada jumlah tumbukan 36 kali. Hal ini menunjukkan bahwa pemadatan berlebihan pada tanah jenis sampel ini justru akan menurunkan nilai kepadatan keringnya.

Hasil pengujian sampel ketiga menunjukkan bahwa nilai kepadatan kering tetap naik pada setiap penambahan tumbukan (gambar 2). Persentase kenaikan nilai kepadatan kering dari penumbukan 36 kali ke nilai kepadatan kering pada penumbukan 45 kali (dari 1.339 gr/cm³ menjadi 1.359 gr/cm³) adalah 1.49 %. Namun jika dirata-ratakan dengan nilai penurunan sampel 1 dan 2, maka diperoleh penurunan kepadatan kering sebesar 0.37

Tabel 3. Persentase perubahan kepadatan kering dengan variasi tumbukan

No. Sampel	Persentase perubahan kepadatan kering (%)			
	18 ke 25 Tumbukan	25 ke 27 Tumbukan	27 ke 36 Tumbukan	36 ke 45 Tumbukan
1.	2.64%	1.21%	1.13%	-0.40%
2	4.65%	0.50%	2.42%	-0.08%
3	7.27%	0.00%	3.07%	1.49%
Rata - rata	4,88 %	0,57 %	2,21 %	0,37%

Dari tabel 3, terlihat bahwa persentase rata-rata kenaikan nilai kepadatan kering tanah untuk 18 kali tumbukan ke nilai kepadatan kering pada 36 kali tumbukan cukup signifikan ($\pm 5\%$), sedangkan perubahan dari 25 ke 27 kali tumbukan hanya 0.57% dari 27 ke 36 kali tumbukan sebesar 2.21% dan dari 36 ke 45 kali tumbukan 0,37%.

Tabel 4. Persentase kepadatan kering terhadap kepadatan kering maksimum ($\gamma_{d \text{ maks}}$)

No. Sampel	Persentase Kepadatan kering terhadap $\gamma_{d \text{ maks}}$ (%)			
	18 Tumbukan	25 Tumbukan	27 Tumbukan	45 Tumbukan
1	95.13%	97.70%	98.85%	99.56%
2	92.87%	97.15%	97.67%	99.91%
3	90.44%	97.02%	97.03%	101.54%
Rata - rata	92.82%	97.29%	97.85%	100.34%

Dari tabel 4, diperoleh bahwa dengan 18 kali tumbukan, kepadatan kering tanah yang diperoleh tidak mencapai 95%, sehingga jika dihubungkan dengan persyaratan kepadatan kering yang diizinkan untuk tiap lapisan tanah bendungan yaitu 95% ($MDD \geq 95\%$) dari kepadatan kering maksimumnya, ini berarti bahwa jika hanya 18 kali tumbukan belum memenuhi untuk memadatkan dengan baik jenis tanah MH sebagai bahan timbunan untuk bendungan urugan.

Tingkat kepadatan yang dicapai pada 25 kali tumbukan adalah 97.29% dan pada 27 kali tumbukan dicapai 97.85% dari kepadatan kering maksimum. Persentase pencapaian ini telah memenuhi persyaratan untuk pemadatan tanah inti bendungan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan tanah jenis MH sebagai tanah inti bendungan minimum diperlukan pemadatan sebanyak 25 kali tumbukan.

Pemadatan Jenis MH dengan jumlah tumbukan lebih besar dari 36 kali tumbukan tidak perlu dilakukan. Nilai kepadatan kering tanah cenderung mengalami penurunan pada pemadatan lebih dari 36 kali tumbukan, hal ini terlihat pada sampel I dan sampel 2 yang mengalami penurunan kepadatan kering pada pemadatan 45 kali tumbukan.

Dengan uji kesesuaian "Mean" seperti ditampilkan pada lampiran 9 diperoleh bahwa nilai rata-rata dari kepadatan kering 25 kali tumbukan dan nilai rata-rata kepadatan kering dengan 27 kali tumbukan adalah sebenarnya sama saja. Dengan demikian, pemadatan dengan 27 kali tumbukan tidak perlu, sudah cukup dengan 25 kali tumbukan.

3.4.2. Perhitungan Jumlah Lintasan Pemadatan Di Lapangan.

Dari hasil analisa diatas, diperoleh bahwa jumlah tumbukan yang diperlukan untuk mencapai kepadatan maksimum tanah jenis MH adalah 36 kali tumbukan, dan diperoleh pula bahwa hanya dengan 25 kali tumbukan sudah dapat dicapai kepadatan persyaratan untuk penggunaan sebagai bahan timbunan inti bendungan, sehingga hanya pada kedua kondisi ini dilakukan perhitungan kebutuhan energi.

Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa energi yang dipakai pada pemadatan dengan 25 kali tumbukan adalah 5.08 kg/cm^2 dan pemadatan dengan 36 kali tumbukan dipakai 8.220 kg/cm^2 .

Hasil analisis diketahui bahwa semakin tinggi energi pemadatannya semakin banyak jumlah lintasan yang dibutuhkan, jika menggunakan alat dan tekanan yang sama. Akan tetapi semakin tinggi tekanan yang diberikan pada alat yang digunakan, maka jumlah lintasan yang dibutuhkan sedikit dan semakin tebal lapisan yang dipadatkan maka jumlah lintasan semakin banyak.

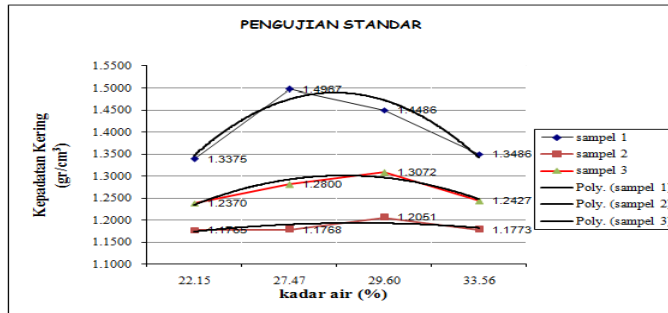
3.4.3. Kelayakan Teknis Tanah Samaya Sebagai Timbunan Bendungan.

1. Karakteristik Fisik Tanah Samaya

Dari hasil pengujian karakteristik fisik tanah diperoleh bahwa ketiga sampel tanah sebagian besar memiliki karakteristik yang sama, berdasarkan klasifikasi USCS, disimpulkan bahwa ketiga sampel adalah termasuk jenis tanah MH (Lanau Lempungan Anorganik). Jenis Material ini kuat gesernya sedang, namun dapat digunakan untuk inti bendungan.

2. Karakteristik Mekanis Tanah Samaya

Dari hasil pengujian kepadatan standar dari ketiga sampel tanah dapat dilihat pada grafik hubungan antara kepadatan kering dengan kadar air (gambar 3)

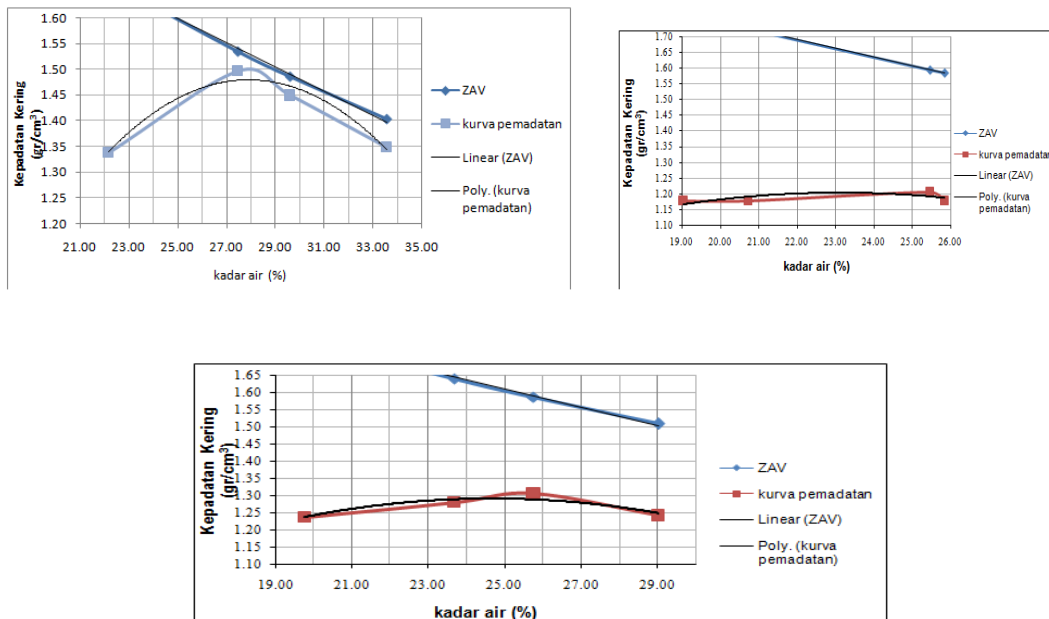


Gambar 3. Grafik Kepadatan Kering Maksimum Vs Kadar Air (hasil pengujian)

Setelah diketahui kadar air optimum dan kepadatan tanah kering maksimum, maka perlu digambarkan zero air voids line. Berdasarkan hasil pengujian karakteristik sampel tanah yang diuji, maka disimpulkan bahwa jenis tanah yang diuji tersebut adalah lanau lempungan anorganik. Penggambaran grafik zero air voids ini dilakukan untuk memastikan bahwa grafik kepadatan kering vs kadar air (%) sudah benar yaitu grafik pemadatan tidak memotong zero air voids line dan pada harga kadar air yang tinggi menjadi sejajar dengan garis tersebut.

Untuk hasil perhitungan dan grafik zero air voids line dapat dilihat pada gambar berikut ini :

1. Kurva pemadatan dengan grafik Zero Air Voids (ZAV) untuk sampel 1.



Gambar 4. Kurva pemadatan dengan grafik ZAV untuk sampel 1,2 dan 3.

Dari hasil penggambaran grafik zero air voids (gambar 16 s.d gambar 18) dengan kurva pemadatan dengan variasi kadar air, maka dapat disimpulkan bahwa kurva pemadatan ketiga sampel tanah di atas sudah benar karena tidak memotong garis grafik zero air voids.

Sedangkan dari hasil pengujian permeabilitas dengan menggunakan metode felling head diperoleh nilai permeabilitas untuk sampel tanah I dengan nilai $k = 7 \times 10^{-6}$ cm/s, sampel II memiliki nilai $k = 3.7 \times 10^{-5}$ cm/s, dan sampel III dengan nilai $k = 1.7 \times 10^{-5}$ cm/s. Ketiga sampel ini sudah memenuhi persyaratan untuk zona kedap air dengan syarat $k \leq 10^{-5}$ cm/s.

Untuk jenis tanah samaya (MH) nilai energy pemadatan optimum diperoleh pada 25 kali tumbukan yaitu untuk sampel I diperoleh berat isi kering 1.48 gr/cm^3 dengan kadar air optimum sebesar 29.1%, sampel II diperoleh berat isi kering 1.19 gr/cm^3 dengan kadar air optimum 24.0% dan sampel III diperoleh berat isi kering $1,30 \text{ gr/cm}^3$ dengan kadar air optimum 25,4%. Tingkat kepadatan yang dicapai pada 25 kali tumbukan adalah 97.29% dari kepadatan kering maksimum (36 kali tumbukan). Energy pada pemadatan pada 25 kali tumbukan adalah 5.708 kg/cm^2 dan pada pemadatan dengan 36 kali tumbukan adalah 8.220 kg/cm^2 .

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang dilakukan terhadap hasil pengujian dengan sampel tanah Samaya, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian karakteristik 3 sampel tanah Samaya dengan menggunakan Sistem Klasifikasi Tanah USCS, maka jenis tanah yang kami teliti termasuk jenis lanau lempung anorganik (MH), karakter tanah Samaya dapat dijadikan sebagai bahan timbunan bendungan urugan.
2. 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 ($MDD \geq 95\%$).
3. 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 .

DAFTAR PUSTAKA

- Braja M. Das, Noor Endah, Indra Surya B. Mochtar. 1998. Mekanika Tanah 1. Jakarta. Erlangga.
- Djarmiko Soedarmo, Edy Purnomo. 1993. Mekanika Tanah I. Malang. Kanius.
- Hary Cristiady Hardiyatmo. 1992. Mekanika Tanah 1 Jakarta. PT.Gramedia Pustaka Utama Jakarta.
- Marto, Djoko dkk. 1988. Perencanaan, Peralatan dan Metode Konstruksi. Jakarta Erlangga.
- Munawir dan Rahmi Yuliana. 2008. Pengaruh Tingkat Kepadatan Tanah dan Intensitas Hujan Terhadap Besaran Erosi Tanah Pada Pasir Berlempung. Jurnal. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Najoan Theo F, Ir, M.Eng., Carlina Soectiono, Dipl, Ir, HE. 2002. Metode Analisis Stabilitas Lereng Statik Bendungan Tipe Urugan. RSNi M-03-2002. Jakarta. Pusat Litbang Sumber Daya Air.
- Soediby, Ir. 2003. Teknik Bendungan. Jakarta. PT. Pradnya Paramita.
- Suyono Sosrodarsono, Dr., Kensaku Takeda. 2002. Bendungan Type Urugan. Jakarta. PT. Pradnya Paramita.
- Wesley, L.D. 1987. Mekanika Tanah. Jakarta. Badan Penerbit Pekerjaan Umum.