

**KARAKTERISTIK KUAT GESER MATERIAL RANDOM TANAH BENDUNGAN MENINTING
DENGAN ENERGI KOMPAKSI YANG BERVARIASI****Heni Pujiastuti^{1*}, Hafiz Hamdani¹ Abdul Kadir Jaelani²**¹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram² Alumni Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram

Jl. KH Ahmad Dahlan No.1Pagesangan, Mataram, Nusa Tenggara Barat

*Email: pujiastutih@gmail.com

Abstrak

Bendungan Meninting merupakan bendungan tipe urugan yang dibangun di Gunungsari NTB. Pada zona lolos air, tubuh bendungan dibangun dengan cara menimbun material random tanah dan memadatkan per lapisan sesuai dengan nilai kepadatan yang ditentukan. Nilai kepadatan lapangan timbunan material random tanah tergantung pada nilai kepadatan maksimum uji di laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis energi yang dihasilkan dari pemadatan tanah dengan memvariasikan jumlah pukulan, jumlah lapisan dan karakteristik kuat geser yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan semakin banyak pukulan yang diberikan maka semakin besar energi yang dihasilkan sedangkan pada pemadatan dengan pukulan per lapisan yang sama, semakin banyak jumlah lapisan dalam satu mould maka semakin besar energi yang dihasilkan. Sampel tanah yang mempunyai nilai kohesi yang tinggi cenderung memiliki nilai sudut gesek dalam tanah yang rendah. Nilai kohesi optimum diperoleh pada pemadatan tanah dengan memberikan pukulan sebesar 21 pukulan per lapis sebanyak 4 lapis, sedangkan nilai sudut gesek dalam optimum diperoleh pada sampel tanah yang dipadatkan dengan jumlah pukulan sebanyak 25 per lapis dengan jumlah lapis sebanyak 3. Dari keseluruhan hasil pengujian diperoleh nilai kuat geser tertinggi yang berasal dari kombinasi kohesi dan sudut gesek dalam tanah yaitu didapat pada saat pemadatan dengan jumlah pukulan 25 per lapis dengan jumlah lapisan 4.

Kata kunci: Bendungan Meninting, material random tanah, kepadatan tanah**Abstract**

The Meninting Dam is an embankment type dam built in Gunungsari, NTB. In the semi-pervious zone, the dam body is constructed by piling up random soil material and compacting it per layer according to the specified density values. The field density value of random soil material fill depends on the maximum density value tested in the laboratory. This study aims to analyze the energy generated from soil compaction by varying the number of blows and the number of layers and the resulting shear strength characteristics. The results showed that the more blows given, the greater the energy generated, while in compaction with the same per-layer blows, the greater the number of layers in one mold, the greater the energy generated. Soil samples that have a high cohesion value tend to have a low friction angle in the soil. The optimum cohesion value was obtained for soil compaction by applying 21 blows per layer for 4 layers, while the optimum internal friction angle value was obtained for compacted soil samples with 25 blows per layer for 3 layers. From the overall test results, the highest shear strength value was obtained from a combination of cohesion and friction angle in the soil, which was obtained during compaction with 25 blows per layer with 4 layers.

Keywords: The Meninting Dam, soil random materials, soil compaction**1. PENDAHULUAN**

Salah satu bencana hidrometeorologi yang perlu kita waspadai adalah banjir. Curah hujan yang tinggi menjadi penyebab debit banjir sungai meninting meningkat, hal ini terjadi pada tanggal 6 Desember 2022, sehingga banjir melanda pemukiman warga di Kecamatan Gunungsari, Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat (Triyoga dan Zulfikar, 2021). Salah satu solusi untuk menangani bencana banjir di daerah Gunungsari adalah dengan membangun bendungan

Meninting. Fungsi bendungan sangat banyak dan vital, seperti untuk mencukupi kebutuhan air baku, pengendalian banjir, irigasi, konservasi, budidaya, pembangkit tenaga listrik, wisata, dan olah raga. Bendungan Meninting bertipe urugan tanah, urugan batu, dan beton mulai pengerjaannya pada tahun 2019 dan akan berakhir pada tahun 2023.

Bendungan urugan didirikan dengan menimbun bahan-bahan, antara lain: batu, kerikil, pasir dan tanah dengan perbandingan tertentu

yang berfungsi sebagai penahan atau menaikkan ketinggian muka air waduk. Material timbunan pada bendungan urugan terdiri dari beberapa zona antara lain kedap air, lolos air dan filter. Tanah hasil galian di lokasi bendungan (random) dapat digunakan sebagai material timbunan pada zona lolos air. Material yang digunakan sebagai timbunan random tanah dapat berupa endapan kolovial, material breksi tuf, material hasil galian terowongan, galian *spillway* maupun galian pondasi bendungan (PUPR, 2019). Agar dapat menjalankan fungsinya yaitu menahan laju air, maka perlu dilakukan pemadatan yang baik sesuai prosedur agar dapat memenuhi kepadatan tanah izin.

Pemadatan tanah merupakan suatu proses keluarnya udara dari pori-pori tanah dengan cara mekanis sehingga butiran-buriran tanah menjadi rapat. Cara mekanis yang digunakan di lapangan biasanya dengan menggilas, sedangkan di Laboratorium dengan cara menumbuk atau memukul (Hardiyatmo, 2012). Tanah mempunyai peranan penting dalam pekerjaan struktur baik sebagai tempat berdirinya struktur, misal pada bangunan gedung, jalan, jembatan dll. Tanah juga sebagai bahan konstruksi bangunan misalkan pada struktur bendungan urugan (Nenay dan Al Imron, 2015).

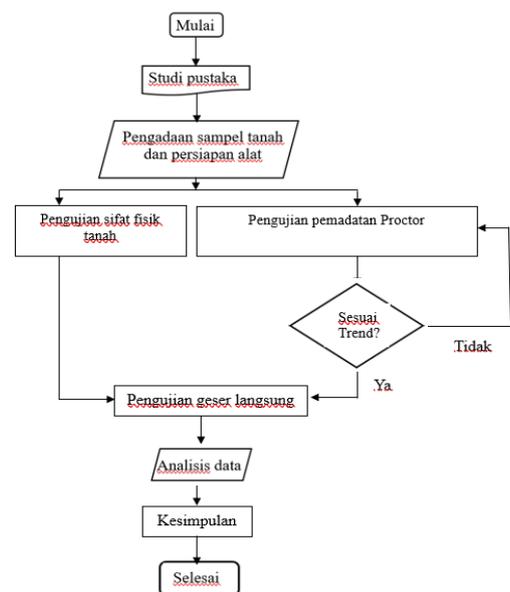
Pemadatan tanah pada tubuh bendungan tipe urugan homogen dimaksudkan agar dapat meningkatkan berat volume tanah, meningkatkan kekuatan tanah, mengurangi rembesan air yang terjadi pada tanah, mengurangi penurunan tanah dan meningkatkan kestabilan lereng timbunan. Kepadatan tanah di lapangan pada setiap lapis direncanakan pada kisaran 90-95% kepadatan tanah maksimum di laboratorium. Uji standar Proctor atau *modified* Proctor dapat digunakan untuk mendapatkan nilai berat volume kering maksimum di laboratorium (Azmeri dkk., 2013) Kepadatan tanah dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain jenis tanah, kadar air dan energi yang digunakan untuk pemadatan. Pada awal proses pemadatan air sebagai pelumas sehingga kepadatan tanah meningkat. Namun setelah mencapai nilai optimum kadar air justru menghambat pemadatan tanah, karena air tersebut menempati pori-pori tanah sehingga kepadatan tanah menjadi turun (Das, 1995). Peningkatan energi pada proses pemadatan tidak berpengaruh secara linier, namun kepadatan maksimum suatu tanah akibat dari nilai optimum energi pemadatan yang diberikan pada tanah. Hal ini mengikuti analogi peran faktor air pada pemadatan tanah di atas, pemadatan dengan

energi yang berlebihan akan berakibat pada rusaknya struktur tanah (Febriana dan Agustina, 2021). Besarnya energi pemadatan tergantung pada berat alat pemadat, tekanan, dan jenis alat pemadat yang digunakan (Yamali dan Fadlan, 2017)

Kekuatan geser merupakan tahanan maksimum tanah terhadap tegangan geser di bawah suatu kondisi yang diberikan. Kuat geser merupakan gaya perlawanan yang dikerahkan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan yang diterimanya. Analisis kuat geser tanah diperlukan masalah yang berkaitan dengan stabilitas lereng bendungan disamping itu juga analisis stabilitas dinding penahan, stabilitas lereng dan daya dukung fondasi (Agustina dan Elfrida, 2019). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang karakteristik kuat geser material random tanah Bendungan Meninting dengan energi kompaksi yang bervariasi.

2. METODOLOGI

Sampel tanah diambil dari lokasi Bendungan Meninting di Desa Bukit Tinggi, Kecamatan Gunungsari Kabupaten Lombok Barat. Kemudian dilakukan uji sifat-sifat fisik dan sifat-sifat mekanik. Secara garis besar langkah-langkah pengujian seperti ditunjukkan pada diagram alir, Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Rencana pengujian sampel tanah dengan variasi jumlah pukulan dan jumlah lapisan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1
Rencana pengujian sampel tanah random

| No. Sampel | Jumlah pukulan per lapis | Jumlah lapis |
|------------|--------------------------|---------------------|
| 1 | 21 | 3 |
| 2 | | 4 |
| 3 | | 5 |
| 4 | 25 | 3 (Standar Proctor) |
| 5 | | 4 |
| 6 | | 5 |
| 7 | 29 | 3 |
| 8 | | 4 |
| 9 | | 5 |

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Uji Sifat-sifat Fisik

Penentuan sifat-sifat fisik tanah dilakukan dengan melakukan uji sifat-sifat fisik sampel tanah random antara lain uji kadar air, berat volume, specific gravity, batas cair, batas plastis, batas susut, indeks plastisitas, gradasi, klasifikasi tanah dan uji pemadatan standar Proctor. Hasil pengujian sifat-sifat fisik seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2.
Hasil uji sifat fisik tanah

| Pengujian | Satuan | Hasil |
|-------------------------|--------|-------|
| Kadar Air | % | 28,58 |
| Specific Gravity | | 2,69 |
| Batas-batas konsistensi | | |
| -Batas Cair | % | 34,12 |
| -Batas Plastis | % | 28,58 |
| -Indeks Plastisitas | % | 4,6 |
| -Batas Susut | % | 6,6 |
| Klasifikasi Tanah | | |
| -USCS | | SM |
| Gradasi ukuran butiran | | |
| -Lolos #200 | % | 43,82 |
| -Kerikil | % | 13,6 |
| -Pasir | % | 42,58 |
| -Lanau | % | 35,49 |
| -Lempung | % | 8,33 |

3.2. Hasil Uji Pemadatan Tanah

Pengujian pemadatan dimaksudkan untuk menentukan Maximum Dry Density (MMD) dan Optimum Moisture Content (OMC). Hasil pengujian pemadatan tanah ditunjukkan pada Tabel 3. Energi pemadatan diperoleh dengan menggunakan Persamaan (1) (Das, 1995).

$$E = \frac{\left(\begin{matrix} \text{Jumlah} \\ \text{tumbukan} \\ \text{pelapisan} \end{matrix} \right) \times \left(\begin{matrix} \text{Jumlah} \\ \text{Lapisan} \end{matrix} \right) \times \left(\begin{matrix} \text{berat} \\ \text{penumbuk} \end{matrix} \right) \times \left(\begin{matrix} \text{Tinggi} \\ \text{jatuh} \\ \text{penumbuk} \end{matrix} \right)}{\text{Volume cetakan}}$$

atau

$$E = \frac{N_b N_1 W H}{V} \quad (1)$$

dengan :

E = Energi dalam j/m³

N_b = jumlah pukulan per-lapisan

N₁ = jumlah lapisan

W = berat penumbuk dalam satuan lb atau Kg

H = tinggi jatuh penumbuk dalam satuan ft atau V

V = volume mould dalam satuan ft³ atau m³

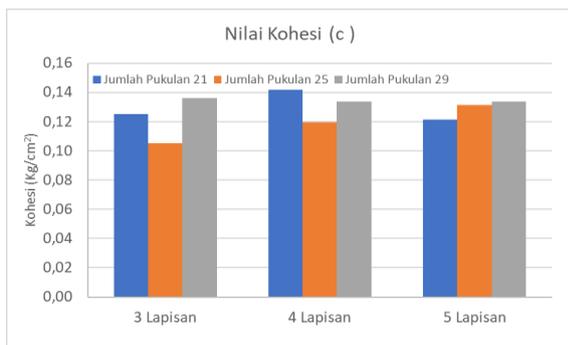
Tabel 3
Hasil pengujian pemadatan tanah
(Jaelani dkk. , 2022)

| Jumlah pukulan per lapis | Jumlah lapis | Energi kompaksi (kJ/m ³) | MDD (gr/cm ³) | OMC (%) |
|--------------------------|-------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------|
| 21 | 3 | 547,27 | 1,418 | 16,31 |
| | 4 | 730,17 | 1,420 | 16,21 |
| | 5 | 912,45 | 1,424 | 16,08 |
| 25 | 3 | 651,65 | 1,425 | 19,88 |
| | (Standar Proctor) | | | |
| | Proctor) | 885,78 | 1,428 | 16,69 |
| 29 |) | 1086,39 | 1,435 | 14,82 |
| | 4 | 756,025 | 1,556 | 13,74 |
| | 5 | 1008,06 | 1,675 | 16,08 |
| | 3 | 1146,73 | 1,743 | 11,72 |
| | 4 | | | |
| | 5 | | | |

Nilai MDD dan OMC yang ditunjukkan pada Tabel 3 menyatakan bahwa semakin meningkat jumlah pukulan, jumlah lapis pada satu mould dan energi pemadatan yang diberikan maka akan semakin meningkat kepadatan tanah hal ini ditunjukkan oleh nilai MDD yang semakin meningkat. Sedangkan nilai OMC mengalami penurunan seiring dengan peningkatan jumlah lapisan dalam mold pada jumlah pukulan yang sama.

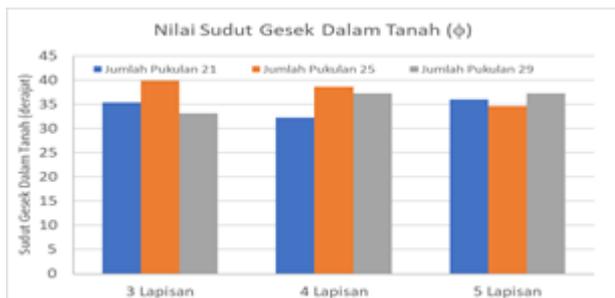
3.3. Hasil Uji Kuat Geser Tanah

Pada penelitian ini sifat mekanik yang diuji adalah kuat geser tanah. Nilai parameter kuat geser tanah ditentukan menggunakan uji geser langsung (*direct shear*). Nilai kohesi dan sudut gesek dalam tanah hasil pengujian seperti terlihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Nilai Kohesi (c) Tanah Random Bendungan Meninting (Jaelani dkk., 2023)

Gambar 2 menunjukkan Sampel tanah yang dipadatkan dengan jumlah pukulan sebesar 21, 25 dan 29 per lapis, nilai kohesi tertinggi didapatkan pada sampel tanah yang dipadatkan pada mould dengan jumlah lapisan sebesar 4, 5 dan 3 berturut-turut. Nilai kohesi optimum diperoleh pada pemadatan tanah dengan memberikan pukulan sebanyak 21 pukulan sebanyak 4 lapis.



Gambar 3. Nilai Sudut Gesek Dalam Tanah (φ) Tanah Random Bendungan Meninting (Jaelani dkk., 2023)

Sementara itu sampel tanah yang dipadatkan dengan jumlah pukulan sebesar 21, 25 dan 29 per lapis, menghasilkan nilai sudut gesek dalam tanah tertinggi didapatkan pada sampel tanah yang dipadatkan pada mould dengan jumlah lapisan sebesar 5, 3 dan 4 berturut-turut. Nilai sudut gesek dalam optimum diperoleh pada sampel tanah yang dipadatkan dengan jumlah pukulan sebanyak 25 per lapis dengan jumlah lapis sebanyak 3. Dapat diamati bahwa sampel tanah yang mempunyai nilai kohesi yang tinggi cenderung memiliki sudut gesek dalam yang rendah.

Kuat geser tanah (τ) dihitung menggunakan Persamaan (2) dengan asumsi material mengikuti kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (2)$$

dengan :

c = kohesi

σ = tegangan normal

ϕ = sudut geser internal

Dengan memberikan nilai kohesi pada Gambar 2, nilai sudut gesek dalam tanah pada Gambar 3, nilai tegangan normal dengan variasi 0,098 kg/cm², 0,197 kg/cm² dan 0,295 kg/cm² maka hasil analisa kuat geser tanah disertai energi yang digunakan untuk pemadatan pada variasi sampel uji ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil analisa kuat geser tanah

| Jumlah pukulan per lapis | Jumlah lapis | Energi kompaksi (kJ/m ³) | Kuat geser tanah (kg/cm ²) pada Tegangan normal (kg/cm ²) sbb: | | |
|--------------------------|-------------------|--------------------------------------|--|-------|-------|
| | | | 0,098 | 0,197 | 0,295 |
| 21 | 3 | 547,27 | 0,19 | 0,27 | 0,34 |
| | 4 | 730,17 | 0,20 | 0,27 | 0,33 |
| | 5 | 912,45 | 0,19 | 0,26 | 0,34 |
| 25 | 3 | 651,65 | 0,19 | 0,27 | 0,35 |
| | (Standar Proctor) | | | | |
| | 4 | 885,78 | 0,20 | 0,28 | 0,37 |
| 29 | 5 | 1086,39 | 0,20 | 0,27 | 0,33 |
| | 3 | 756,025 | 0,20 | 0,26 | 0,33 |
| | 4 | 1008,06 | 0,21 | 0,28 | 0,36 |
| | 5 | 1146,73 | 0,21 | 0,28 | 0,36 |

Tabel 4 menunjukkan nilai kekuatan geser tanah tergantung pada tahanan geser antara butir-butir tanah dan kohesi pada permukaan butir-butir tanah. Tanah sampel diklasifikasikan ke dalam pasir berlanau (SM menurut klasifikasi sistem USCS). Pasir termasuk dalam tanah non kohesif. Pada tanah pasir yang murni nilai kohesi nol apabila dalam kondisi tidak jenuh terkadang sifat kohesif muncul terlihat pada tegangan permukaan air yang terdapat pada pori-pori tanah. Dari keseluruhan hasil pengujian diperoleh nilai kohesi dan sudut geser dalam yang baik dimana memunculkan nilai kuat geser tertinggi didapat pada saat pemadatan 4 lapis dengan jumlah pukulan 25 pukulan per lapisan tanah. Pada tanah pasir berlanau (SM) menyatakan semakin banyak jumlah lapisan tanah dan pukulan tidak selalu menghasilkan hasil kuat geser yang lebih tinggi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa hasil pengujian di laboratorium menyatakan bahwa:

1. Tanah sampel, material random tanah bendungan Meninting termasuk dalam

- kelompok tanah pasir berlanau dengan kode SM (klasifikasi USCS)
2. Semakin banyak pukulan yang diberikan maka semakin besar energi yang dihasilkan.
 3. Pada pemadatan yang dilakukan dengan memberikan pemukulan per lapisan yang sama, semakin banyak jumlah lapisan dalam satu mould maka semakin besar energi yang dihasilkan.
 4. Pada uji pemadatan dengan memvariasikan jumlah pukulan dan jumlah lapisan, semakin meningkat jumlah pukulan, jumlah lapis pada satu mould dan energi pemadatan yang diberikan maka akan semakin meningkat kepadatan tanah atau nilai MDD semakin meningkat, sedangkan nilai OMC mengalami penurunan seiring dengan peningkatan jumlah lapisan dalam mould pada jumlah pukulan yang sama.
 5. Sampel tanah yang mempunyai nilai kohesi yang tinggi cenderung memiliki nilai sudut gesek dalam tanah yang rendah. Nilai kohesi optimum diperoleh pada pemadatan tanah dengan memberikan pukulan sebesar 21 pukulan per lapis sebanyak 4 lapis, sedangkan nilai sudut gesek dalam optimum diperoleh pada sampel tanah yang dipadatkan dengan jumlah pukulan sebanyak 25 per lapis dengan jumlah lapis sebanyak 3
 6. Dari keseluruhan hasil pengujian diperoleh nilai kuat geser tertinggi yang berasal dari kombinasi kohesi dan sudut gesek dalam tanah yaitu didapat pada saat pemadatan dengan jumlah pukulan 25 per lapis dengan jumlah lapisan 4.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, D.H. dan Elfrida, 2019, Pengaruh Perubahan Kadar air Terhadap Kekuatan Geser Tanah Lempung, *Sigma Teknika*, Universitas Riau Kepulauan, Vol.2, No.1: 115-122.
- Azmeri, Rizalihadi, M., dan Yanita, I., 2013, Observasi Garis Freatis Pada Model Bendungan Berdasarkan Kepadatan Tanah Melalui Model Fisik, *Jurnal Teknik Sipil ITB*, Vol. 20, No.1: 47-54.
- Das, B.M, 1995, *Mekanika Tanah: Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik*, Jilid I, diterjemahkan oleh Mochtar, N., E. dan Mochtar, I. B., Erlangga, Jakarta
- Febriana, P.E., dan Agustina, D. H., 2021, Pengaruh Energi Pemadatan Terhadap Kuat Geser, *Sigma Teknika*, Universitas Riau Kepulauan, Vol. 4, No.2 : 262-266
- Hardiyatmo, H. C., 2012, *Mekanika Tanah I*, Edisi ke VI, UGM, Yogyakarta
- Jaelani, A. K., Pujiastuti, H., Pascanawati, M., 2022, Pengaruh Energi Pemadatan Terhadap Nilai Kepadatan dan Kuat Geser Dengan Material Tanah Random Batu, Skripsi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram
- Nenay dan Al Imron, H., 2015, Uji Pemadatan Tanah Samaya Sebagai Bahan Timbunan Pada Bendungan Urugan, *Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT)*, SV UGM Yogyakarta
- PUPR, 2019, *Spesifikasi Teknik Paket I, Bendungan Meninting di Kabupaten Lombok Barat*, Kementrian PUPR, Jakarta
- Triyoga, H. dan Zulfikar, S., 2021, [Gunungsari Lombok Barat Diterjang Banjir, Warga Teriak Minta Tolong](https://www.viva.co.id/berita/nasional/1429438), <https://www.viva.co.id/berita/nasional/1429438>
- Yamali, F., R. dan Fadlan, 2017, Analisis Energi Pemadatan Tanah di Laboratorium, *Jurnal Civronlit*, Universitas Batanghari Vol.2 No.1:14-17.