

Pelaksanaan Pekerjaan Timbunan Inti (Zona 1) Pada Bendungan Tiu Suntut di Kabupaten Sumbawa Barat

Jus Arjula*, Silviana Silviana, Aries Susanty

Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*Corresponding author: jusarjulabima74@gmail.com

(Received: September 21, 2023; Accepted: October 25, 2023)

Abstract

Implementation of Core Embankment Work (Zone 1) at the Tiu Suntut Dam in West Sumbawa Regency. Identification and classification of soil material for embankments is an important task, both in the design and implementation stages of filling and compacting embankment dams. Most of the soil in Indonesia is residual soil resulting from weathering of rocks in the tropics (tropical residual soils) and transported soil which has unique properties. In order to obtain impermeable soil embankment material (core zone) in accordance with predetermined specifications and criteria, the origin of the formation and the soil properties of the embankment material must be understood first, especially soil from tropical regions such as Indonesia. By understanding the material properties of the piled up soil, we can identify the advantages and disadvantages of each type of soil in Indonesia, so that we can know how to treat it at the stage of filling and compaction in the field.

Keywords: *urugan dam, core zone embankment, property test, compaction test, permeability test*

Abstrak

Identifikasi dan klasifikasi tanah material timbunan adalah merupakan pekerjaan penting, baik dalam tahap desain maupun tahap pelaksanaan penimbunan dan pemadatan bendungan urugan. Sebagian besar tanah di Indonesia adalah merupakan tanah residual hasil pelapukan dari batuan di daerah tropis (*tropical residual soils*) dan hasil pengangkutan (*transported soil*) yang mempunyai sifat-sifat yang khas. Untuk memperoleh material timbunan tanah kedap air (zona inti) sesuai dengan spesifikasi dan kriteria yang telah ditentukan, asal terbentuknya dan sifat-sifat tanah material timbunan tersebut harus dipahami terlebih dahulu, khususnya tanah dari daerah tropis seperti di Indonesia. Dengan memahami sifat-sifat material tanah timbunan tersebut dapat diketahui kekurangan dan kelebihan dari setiap jenis tanah yang ada di Indonesia, sehingga dapat diketahui cara memperlakukannya pada tahap pelaksanaan penimbunan dan pemadatan di lapangan.

Kata kunci: *bendungan urugan, timbunan zona inti, uji propertis, uji pemadatan, uji permeabilitas*

How to Cite This Article: Arjula, J., Silviana, S., Susanty, A. (2023). Pelaksanaan Pekerjaan Timbunan Inti (Zona 1) Pada Bendungan Tiu Suntut di Kabupaten Sumbawa Barat. *JPII*, 1(7), 280-286. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2023.23864>

PENDAHULUAN

Embankment Dam, biasanya dilaksanakan cukup lama dan mengalami berbagai musim yaitu musim kemarau dan musim hujan, oleh karena itu bila

memungkinkan program pelaksanaan (*construction program*) harus membuat kegiatan yang paling besar pada setiap musim kering. Untuk pekerjaan besar seperti *embankment dam*, pekerjaan persiapan mempunyai peran

yang penting dalam menunjang pekerjaan pokok. Pekerjaan persiapan meliputi hal-hal sebagai berikut.

- Survey untuk menetapkan *quarry* tanah untuk material timbunan (*core, filter* maupun *rock fill*) dengan bantuan tes lab.
- Survey untuk menetapkan disposal area, bila diperlukan untuk membuang material yang tidak dipakai.
- Menetapkan lokasi dan membuat *base camp*, kantor-kantor, laboratorium beserta seluruh fasilitas yang diperlukan.
- Melakukan pengukuran di lokasi bendungan untuk menetapkan batas bendungan, dan batas kaki bendungan, untuk keperluan *stripping* dan pekerjaan galian fondasi.
- Membuat jalan kerja yang memadai, terutama jalan kerja untuk transportasi material timbunan.

Ketelitian dalam menetapkan *borrow area* sebagai *quarry* material yang memenuhi syarat, mempunyai pengaruh yang besar dalam biaya bendungan. Oleh karena itu, pemilihan *quarry area* sangat penting pengaruhnya pada waktu dan biaya pekerjaan. Material timbunan zona kedap air harus ditetapkan oleh tes laboratorium, dan yang penting lagi apakah sampel yang dites tersebut depositnya cukup untuk keperluan bendungan. Bila kurang mencukupi, harus dicari deposit baru yang dapat memenuhi kebutuhan material timbunan. *Moisture content* di *borrow area* harus dikontrol, karena kekurangan *water content* masih dapat diperbaiki, tetapi kelebihan *water content* harus dihindari, karena untuk mengurangi kadar air yang berlebihan memerlukan waktu yang lama dan usaha yang cukup besar, untuk badan bendungan tipe urugan, *moisture content* harus dikontrol dalam *range* 2%. Untuk bendungan besar pada 40%-50% tinggi bendungan disarankan *moisture content* optimum +1%, sedangkan selebihnya sampai menjelang puncak bendungan -0,5% sampai +1.50 % dari *moisture content* optimum, dan 10 sampai 20% sisanya (paling puncak) 2% di atas optimum *moisture content*. Penambahan *moisture content* menuju puncak untuk mengantisipasi *crack* yang sering terjadi di tempat itu (Pelatihan Pengawasan mutu pekerjaan Bendungan tingkat dasar, 2019). Dalam memilih *quarry* tanah untuk lapisan inti atau *homogeneous dam*, harus dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

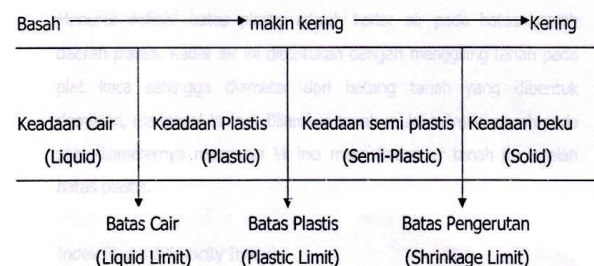
- *Permeability*
- *Resistance to piping*
- *Shear strength*
- *Flexibility*
- *Resistance to cracking*

Identifikasi dan klasifikasi tanah material timbunan adalah merupakan pekerjaan penting, baik dalam tahap desain maupun tahap pelaksanaan penimbunan dan pemadatan bendungan urugan. Sebagian besar tanah di Indonesia adalah merupakan tanah residual

hasil pelapukan dari batuan di daerah tropis (*tropical residual soils*) dan hasil pengangkutan (*transported soil*) yang mempunyai sifat-sifat yang khas. Untuk memperoleh material timbunan tanah kedap air (zona inti) sesuai dengan spesifikasi dan kriteria yang telah ditentukan, asal terbentuknya dan sifat-sifat tanah material timbunan tersebut harus dipahami terlebih dahulu, khususnya tanah dari daerah tropis seperti di Indonesia. Dengan memahami sifat-sifat material tanah timbunan tersebut, dapat diketahui kekurangan dan kelebihan dari setiap jenis tanah yang ada di Indonesia, sehingga dapat diketahui cara memperlakukannya pada tahap pelaksanaan penimbunan dan pemadatan di lapangan.

Sistem klasifikasi tanah di Indonesia mengikuti *Unified Soil Classification System* (USCS). Sifat tanah seperti konsistensi, kekuatan geser, dan kadar air secara langsung dipengaruhi oleh konstituen mineral dari tanah lempung. Ketika tanah cukup lembab, partikel tanah lempung dikelilingi oleh film air dan terjadi dehidrasi, film menjadi lebih tipis sampai partikel yang berdekatan disatukan oleh gaya kohesif yang kuat (kapiler). Ketika tanah dibasahi, film menjadi lebih lemah. Kekuatan film juga terkait dengan kehalusan, permukaan material dan kepadatan (*density*) yang mempengaruhi ukuran rongga (*void*).

Kandungan mineral lempung dalam tanah akan mempengaruhi perilaku fisiknya. Dua kelompok mineral lempung yang penting adalah kaolin dan *montmorillonite*. Mineral kaolin mempunyai kisi seperti kristal atau berlapis yang mempunyai tingkat hidrasi dan sifat serap kecil. Sebaliknya, mineral *montmorillonite* mempunyai kisi yang meluas dan menunjukkan tingkat hidrasi serta penyerapan yang lebih tinggi.



Gambar 1. Batas-batas konsistensi Atterberg

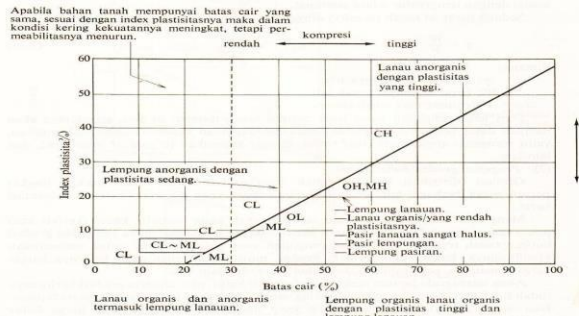
Kadar air	TAHAPAN TANAH DARI KONDISI PADAT-CAIR				
	Padat	Semi padat	Plastis	Cair (Liquid)	Suspensi
	Batas susut (SL)		Batas plastis (PL)	Batas cair (LL)	
	Volume tetap		Volume berkurang		
	Keras s/d sangat keras	Teguh	Lunak	Sangat lunak	Adonan (slurry)
	Kuat geser meningkat			Sangat kecil	
Indeks likuiditas	LI < 0		LI = 0	0 < LI < 1	LI = 1
				LI > 1	

Gambar 2. Tahapan konsistensi padat hingga mencair.

Pada semua tanah plastis yang berbutir halus, batas plastis akan lebih besar dari batas susut. Namun, untuk tanah yang lebih kasar (mengandung lanau kasar

dan ukuran pasir halus), batas susut akan dekat batas plastis. Batas susut, bersama-sama dengan indeks *properties* lainnya, akan berguna dalam mengidentifikasi tanah ekspansif.

Indeks plastisitas tanah sebagai sifat teknis hanya berlaku untuk tanah berbutir halus. Variasi sifat teknis umumnya terkait dengan empat zona di grafik plastisitas (Gambar 3), yang menentukan kelompok/klasifikasi tanah. Untuk tanah yang berada di atas garis "A", permeabilitasnya sangat rendah. Kompresibilitas akan meningkat, sesuai dengan meningkatnya batas cair. Untuk batas cair yang sama, semakin besar indeks plastisitas, semakin besar pula kekuatan geser pada batas plastis.



Gambar 3. Grafik plastisitas hasil uji Atterberg

Proctor (1933) telah menciptakan alat sederhana yang disebut "Proctor needle" atau "soil-plasticity needle" untuk mengetahui hubungan antara kadar air dengan kepadatan kering, dalam rangka melakukan kendali mutu pematatan di lapangan. Kurva tersebut menunjukkan perlawanan penetrasi yang tinggi pada titik kadar air optimum dan menurun dengan cepat pada bagian yang kadar airnya >OMC (bagian basah/wet side). Nilai perlawanan penetrasi secara bertahap akan turun terus mendekati nol bila konsistensi tanah mendekati batas cair. Bagian kurva yang lurus dari kurva *proctor needle* pada gambar di bawah adalah merupakan bagian yang paling menguntungkan untuk diaplikasikan di lapangan.

Pengujian penetrasi tersebut dapat digunakan untuk membandingkan perlawanan hasil uji pematatan di laboratorium dengan hasil pematatan yang dilakukan di lapangan pada kadar air yang sama. Pengujian penetrasi ini tidak berlaku bila material timbunan mengandung cukup banyak partikel plus 4,75 mm.

Secara keseluruhan, kualitas timbunan yang sedang dihampar dapat dievaluasi dengan analisis statistik terhadap data hasil pengujian. Suatu analisis distribusi frekuensi sederhana dari w_o-w_f dan nilai D_r , diringkas seperti pada tabel di bawah yang harus dipertahankan selama konstruksi untuk membantu pengawas dan pemeriksa dalam usahanya untuk mengendalikan penimbunan.

Dengan menggunakan format ini, dimana data dari setiap pengujian dimasukkan sebagai hasil yang tersedia, yang harus disimpan di laboratorium atau di tempat lain

yang memadai yang siap dievaluasi kapan saja oleh pemeriksa. Dengan menggunakan analisis ini, distribusi frekuensi dari hasil uji diperoleh dan nilai statistik seperti nilai rata-rata, deviasi standar, dan persentase pengujian yang jatuh di luar batas nilai yang telah ditentukan dapat ditentukan. Untuk mempermudah analisis evaluasi dapat dibantu dengan menggunakan program komputer.

Tabel di bawah adalah kriteria dan spesifikasi kepadatan untuk tanah timbunan yang kohesif dan non-kohesif.

Tabel 1. Kriteria untuk kendali mutu timbunan bendungan urukan (USBR)

Type of material	Percentage of plus 4.75 mm (+No.4) fraction by dry mass of total material	Percentages based on minus 4.75 mm (-No.4) fraction					
		15 m (50 ft) or less in height			15 m (50 ft) or greater in height		
		Minimum acceptable density	Desired average density	Moisture limits, w_p-w_c	Minimum acceptable density	Desired average density	Moisture limits, w_p-w_c
Cohesive soil: Soils controlled by the laboratory compaction test	0 to 25 percent	$D_r = 85$	$D_r = 88$	-2 to +2	$D_r = 88$	$D_r = 100$	2 to 0
	26 to 50 percent	$D_r = 82.5$	$D_r = 85$	-2 to +2	$D_r = 85$	$D_r = 88$	Note ²
	More than 50 percent ¹	$D_r = 80$	$D_r = 83$	-2 to +2	$D_r = 83$	$D_r = 85$	
Cohesionless soil: Soils controlled by the relative density test	Fine sands with 0 to 25%	$D_r = 75$	$D_r = 80$	Soils should be very wet	$D_r = 75$	$D_r = 80$	Soils should be very wet
	Medium sands with 0 to 25%	$D_r = 70$	$D_r = 85$		$D_r = 70$	$D_r = 85$	
	Coarse sands and gravels with 0 to 100%	$D_r = 85$	$D_r = 80$		$D_r = 85$	$D_r = 80$	

The difference between optimum water content and fill water content of dry mass of soil is w_p-w_c , in percent.
 D_r is fill dry density divided by laboratory maximum dry density, in percent.
 D_r is relative density as defined in chapter I.

¹ Cohesive soils containing more than 50 percent gravel sizes should be tested for permeability of the total material if used as a water barrier.

² For high embankment dams, special instructions on placement moisture limits will ordinarily be prepared.

METODE PENELITIAN

Bahan material timbunan yang digunakan dalam uji coba pematatan penimbunan (*trial embankment*) adalah dari sumber yang telah dilakukan uji laboratorium.

Bahan material yang akan dipergunakan sudah dilakukan test uji laboratorium terlebih dahulu baik dari *borrow area* maupun dari *stock pile* adalah:

- Untuk menyamakan kondisi kadar air dari sumber material dengan kadar air maksimum laboratorium (OMC), agar dalam pelaksanaannya nanti hasil yang didapat sesuai dengan yang diisyaratkan dalam spesifikasi teknik.
- Pelaksanaan pengujian kadar air untuk masing-masing sumber material dilaksanakan atau dikerjakan minimal satu atau dua hari pada saat akan melaksanakan pekerjaan uji coba penimbunan (*trial embankment*), hal ini dimaksudkan apabila terjadi kondisi yang tidak sesuai dengan tes laboratorium maka bisa langsung ditangani tanpa harus menunda jadwal pelaksanaan.

Peralatan yang akan dipergunakan untuk uji coba penimbunan (*trial embankment*) adalah :

- 1) Alat berat :
 - ✓ Buldozer kapasitas 15 ton 1 unit
 - ✓ *Excavator* kapasitas 0,9 m³/1,5 m³, 1 unit
 - ✓ *Dump Truck*/Tronton kapasitas 3,5m³/10m³ 4 unit
 - ✓ *Vibratory Roller (Smooth drum)* kapasitas 12 ton 1 unit
 - ✓ *Vibratory Roller (Sheep foot Roller)* kapasitas 12 ton 1 unit
 - ✓ *Water Tank Truck* kapasitas 2000/4000 liter 1 unit
- 2) Alat Ukur
 - ✓ *Water pass* dan perlengkapannya
 - ✓ *Theodolit* dan perlengkapannya
- 3) Alat Laboratorium

Alat tes kepadatan (*field density test*), Alat tes rembesan (*permeability*) dan uji kadar air (*water content*) lapangan dan perlengkapannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Trial Embankment dan Uji Timbunan Zona 1

Maksud dan tujuan dari pelaksanaan pekerjaan uji coba penimbunan (*trial Embankment*) adalah:

- 1) Untuk mengetahui apakah alat berat yang diusulkan atau yang akan digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan atau sesuai dengan spesifikasi teknik dalam dokumen penawaran.
- 2) Untuk mengetahui jumlah lintasan atau *passing* yang akan digunakan oleh alat berat (*vibratory roller*) untuk pemadatan timbunan hingga mencapai mutu pekerjaan yang sudah ditentukan atau yang diisyaratkan dalam spesifikasi teknik.
- 3) Untuk mengetahui penurunan timbunan (*settlement*) akibat pekerjaan pemadatan dengan menggunakan alat berat seperti (*vibratory roller/self propellend tamping roller/vibratory roller* dilapisi dengan alat *pad foot*).

Langkah Pekerjaan uji coba penimbunan (*Trial Embankment*) adalah:

1. Lokasi uji coba penimbunan (*trial embankment*) bagian permukaan tanah asli diperbaiki dengan cara dikupas (*clearing dan stripping*), kedalaman sesuai kondisi lapangan, kemudian dipadatkan dengan *vibratory roller* minimal sebanyak 6x lintasan dengan cara digetar (atau atas petunjuk dari direksi). Kemudian permukaan tanah asli dilakukan cek pengukuran untuk mengetahui elevasi dasar lokasi dengan menggunakan alat ukur *waterpass*.
2. Memasang patok-patok pembatas, agar dapat diketahui batas areal lokasi uji coba penimbunan dan batas variasi jumlah lintasan yang diusulkan, serta antara patok satu dengan yang lain diberi tali plastik sampai batas ketebalan/lebar rencana

hamparan timbunan. (zona inti tebal layer 30 cm dan zona random tebal layer 40 cm) atau atas petunjuk dari direksi.

3. Pemeriksaan kadar air asli bahan material dari *borrow area* maksudnya adalah jika dari pemeriksaan kadar air hasil yang didapatkan kurang dari kadar air optimum (OMC) dari uji laboratorium maka dilakukan penyiraman (diperiksa lagi sampai mendekati OMC)
4. Apabila kadar air material lebih dari OMC dari uji laboratorium maka dilakukan penjemuran di lokasi uji coba pemadatan sampai kadar air memenuhi, kemudian baru dilaksanakan proses uji coba pemadatan
5. Pengukuran tebal hamparan oleh surveyor untuk mengetahui tabel lapisan timbunan sudah sesuai dengan spesifikasi teknik atau belum.

Sebelum melaksanakan uji pemadatan (*trial embankment*), tim laboratorium sudah melakukan uji laboratorium untuk masing-masing sumber material yang akan dipakai sebagai bahan timbunan dan uji pemadatan lapangan.

Adapun uji laboratorium yang minimal harus dilaksanakan dalam pelaksanaan *trial embankment* adalah:

- 1) Test kadar air asli (*natural water content*) dari lokasi pengambilan *borrow area*
- 2) Test kadar air (*water content*) dari kadar air pada lokasi *trial embankment* (OMC) setelah pemadatan selesai
- 3) Test kepadatan basah tanah. γ_t (*wet density soil test*)
- 4) Test kepadatan kering tanah. γ_d (*dry density soil test*)
- 5) Test derajat kepadatan. % (*degree of compaction test*)
- 6) Test rembesan. f_k (*field permeability*)

Adapun cara pelaksanaan test *trial embankment* di lapangan adalah:

- 1) Tentukan titik/lubang lokasi tempat pengambilan test kepadatan, gali daerah yang akan dites sedalam minimal 10-15 cm (tujuan penggalian adalah untuk memeriksa kepadatan tanah bagian bawah yang berbatasan dengan lapisan/layer sebelumnya).
- 2) Untuk memastikan apakah pemadatan sudah sempurna/sinergi pemadatan merata dari permukaan yang dipadatkan sampai bagian bawah lapisan/layer yang dipadatkan seluas plat berlubang agar plat dapat sejajar dengan permukaan tanah yang dites kemudian diletakkan plat berlubang di tempat yang telah digali dan dipaku di keempat ujungnya.
- 3) Setelah itu gali di daerah lubang plat sedalam berkisar antara 12-15 cm dan tanah hasil galian

- dimasukkan dalam kantong plastik untuk tes kadar air lapangan.
- 4) Setelah tergal, siapkan botol *sand cone* yang akan dipakai untuk mengetahui volume dari lubang yang telah digali dengan cara:
 - a. Siapkan botol di atas lubang yang telah digali.
 - b. Buka kran pasir, biarkan sampai pasir otawa berhenti turun (mengisi seluruh lubang).
 - c. Angkat dan timbang (sisa pasir otawa dalam botol).
 - d. Masukkan pasir otawa dalam lubang ke kantong plastik.
 - e. Tutup kembali lubang dengan tanah baru dan dipadatkan.
 - 5) Peralatan yang dibutuhkan
 - a. Tabung *sand cone*
 - b. Pasir otawa
 - c. Plat berlubang (tempat *sand cone* berdiri)
 - d. Paku (± 10 cm)
 - e. Sekop (*round scoop*)
 - f. Pahat (2 cm)
 - g. Timbangan kapasitas 20 kg dan 100 kg
 - h. Kantong plastik (tempat sampel dan pasir otawa)
 - 6) Kemudian dilanjutkan dengan pelaksanaan test kadar air (*water content*) cara pelaksanaan adalah tanah diambil secukupnya dari hasil galian lubang dan ditimbang kemudian dikeringkan dengan cara oven sampai kering/kadar air = 0 (untuk kondisi di lapangan) dan hasil oven ditimbang, setelah itu dihitung kadar airnya.
 - 7) Pengujian rembesan (*Permeability*) cara pelaksanaannya adalah:
 - a. Lubang hasil pengujian kepadatan digali sedalam 70-100 cm tujuannya adalah sambungan/*joint* antar layer dapat tercakup dalam pengujian
 - b. Setelah digali, masukkan pipa uji
 - c. Sebelum pembacaan, lubang tersebut terlebih dahulu diisi dengan air untuk dijenuhkan
 - d. Setelah jenuh, melakukan pembacaan berapa detik waktu yang dibutuhkan untuk penurunan muka air dalam 1 cm.

Pelaksanaan Timbunan inti (zona 1)

Data pengetesan timbunan inti (Zona-1) mulai dilakukan pada tanggal 27 september 2022 pada elevasi top 67.800 meter, material di lokasi *borrow area* BP1 dengan titik pengambilan TP-9, pada kondisi kadar air $\pm 29,02$ % dari uji pematatan di laboratorium diperoleh *Dry Density* (γ dry lab) = 1,508 (gr/cm³) dan kadar air maksimum (OMC) = 28,49 %, selanjutnya setiap layer dilakukan pengujian kepadatan *relative* (Rd %) sebanyak

3 titik yang ditentukan bersama-sama sama oleh direksi, konsultan dan kontraktor dengan hasil sebagai berikut: Layer 1. rata-rata kadar air (*water content*) 29.055 % dan *Relative Density* 98.64 %. Hasil test *Permeability* rata-rata = 0.000000999 cm/dt.

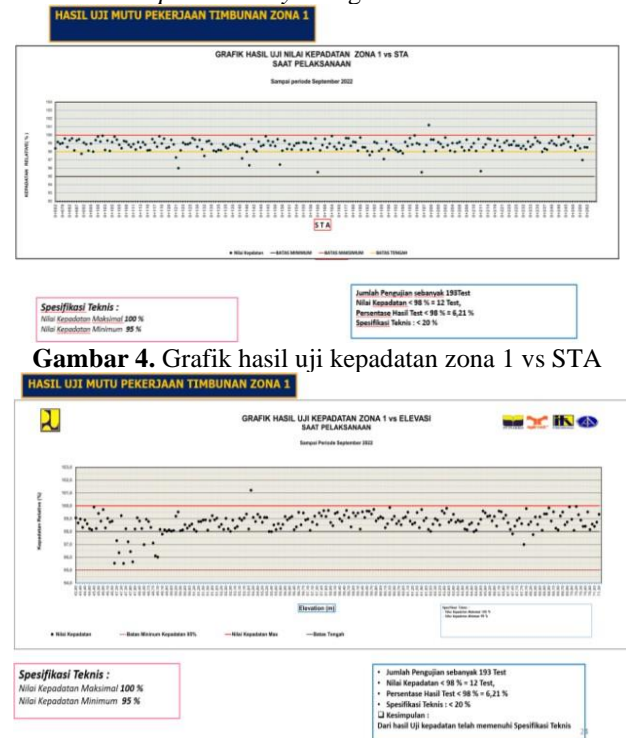
Tabel 2. Uji mutu kepadatan timbunan zona

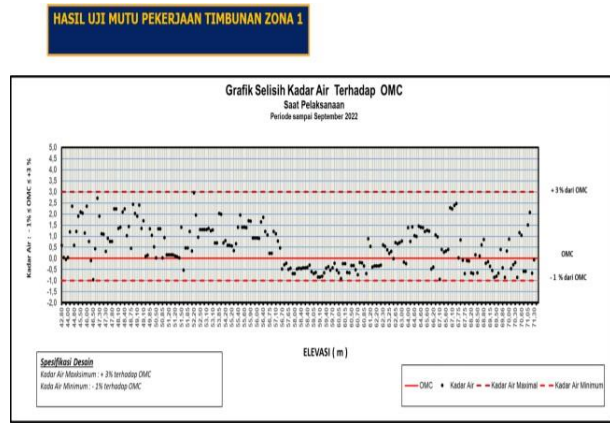
Titik	Tanggal	Elevasi	Sta.	OMC (%)	γ dry Lab	WC (%)	γ dry	Rd (%)
1	27 September 2022	67.800	0+145	28.49	1.508	29.15	1.491	98.87
2		67.800	0+105	28.49	1.508	28.96	1.493	99.03
3		67.800	0+085	28.49	1.508	29.04	1.478	98.02
Rata - Rata						29.055	1.487	98.64

Tabel 3. Uji permeabilitas timbunan zona 1

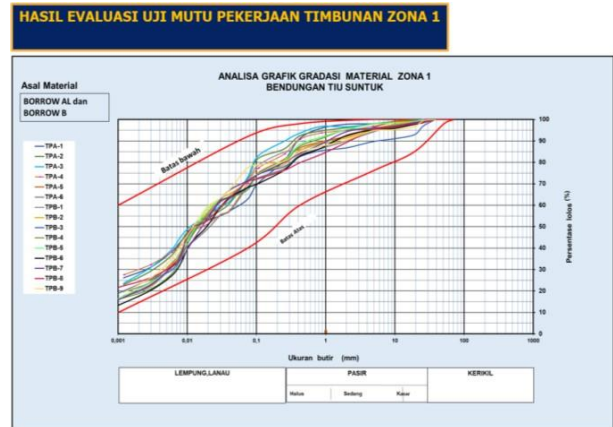
Layer	Tanggal	Elevasi	Sta.	Permeability (k)	Debit (cc/dtk)
96	27 September 2022	67.800	0+120	0.0000009995	0.00355992318

Selanjutnya data harian uji mutu setiap layer diperlihatkan dalam bentuk grafik relative density (Rd), kadar air dan *permeability* sebagai berikut :





Gambar 6. Grafik selisih kadar air terhadap OMC



Gambar 9. Analisa grafik gradasi material zona 1 Bendungan Tiu Suntuk



Gambar 7. Grafik hasil uji permeabilitas zona 1

PARAMETER DESAIN DAN PELAKSANAAN MATERIAL ZONA 1	
Spesifikasi Teknis:	<ul style="list-style-type: none"> Plasticity Index : 15 - 45 % Liquid Limit : 37 - 60 % Lolos Saringan No 4 (4,75 mm) : 95 - 100 % Lolos Saringan No 200 (0,074 mm) : 50 - 85 % Berat Isi Kering (Pd) : 1,411 - 1,644 gr/cm³
PARAMETER DESAIN DAN PELAKSANAAN MATERIAL ZONA 1	
Spesifikasi Teknis:	
Plasticity Index	15 - 45 %
Liquid Limit	37 - 60 %
Lolos Saringan No 4 (4,75 mm)	95 - 100 %
Lolos Saringan No 200 (0,074 mm)	50 - 85 %
Berat Isi Kering (Pd)	1,411 - 1,644 gr/cm ³

Gambar 8. Parameter desain dan pelaksanaan material zona 1

Tabel 4. Uji mutu laboratorium timbunan zona 1

No.	Uraian	Sat.	Spesifikasi Teknik	Hasil	Keterangan
	Moisture Content	%	-1% dan +3%	-1% dan +2%	Memenuhi syarat
	Dry Density	gr/cm ³	1.411-1.644	1.403-1.625	Baik
	Relative Density	%	95 - 98	98.64	Rata-rata baik
	Plasticity Index	%	15 - 45	15.42 - 40.79	Memenuhi syarat
	Liquid Limit	%	37 - 60	40.07 - 66.35	Memenuhi syarat
	Lolos saringan No.4 (4.75 mm)	%	95 - 100	>95	Memenuhi syarat
	Lolos saringan No.200 (0.075 mm)	%	50 - 85	Rata - rata 70	Memenuhi syarat
	Permeability (k)	cm/sec		2.29 x 10 ⁻⁶	Rata-rata baik

KESIMPULAN

Pekerjaan timbunan zona 1 atau timbunan inti berfungsi sebagai pencegah rembesan air, sehingga diperlukan kontrol uji material dan timbunan sesuai spesifikasi teknik/syarat yang ada, adapun hasil material timbunan bendungan tiu suntuk sebagai berikut: 1) Pelaksanaan timbunan *contatc clay* yang tidak bisa terjangkau dengan *hand stamper*, maka pemadatan menggunakan palu kayu, 2) Penghamparan timbunan inti (zona 1) memiliki tebal 30 cm pada setiap layernya sebelum dipadatkan, dari hasil *trial embankment* diperoleh nilai *passing* 8 kali, dan hasil pengujian timbunan setiap layer memiliki nilai uji OMC -1%~+2%, nilai permeabilitas $2,29 \times 10^{-6}$ cm/detik, PI berkisar antara 15.42%-40.79%, LI berkisar antara 40.07%-66.35%, berdasarkan hasil analisa gradasi material yang lolos saringan no.4 >70%, yang lolos saringan 200 rata-rata 70%, *relative dry density* (Rdd) rata-rata 98,64% dan semua hasil uji tersebut telah memenuhi batas dan spesifikasi yang disyaratkan. Diharapkan penulisan ini memberikan manfaat bagi para pembaca. Penelitian ini belum mencakup semua variabel yang harus dipertimbangkan dalam pembangunan bendungan utama. Berdasarkan kesimpulan di atas, maka disarankan agar material zona 1 (zona inti/zona kedap air) harus memenuhi persyaratan teknis penting, antara lain: 1) Ditinjau dari stabilitas bendungan, kepadatan dan kuat geser harus memadai, 2) Permeabilitas tanah harus memenuhi persyaratan yang diperlukan (orde 10^{-6} cm/s), 3) Indeks kompresi kecil, 4) Indeks plastisitas antara 15-35%, batas cair <70%, 5) Mudah dikerjakan di lapangan (tahap penggalian, pengolahan, pengangkutan, penimbunan dan pemadatnya), 6) Pemadatan disarankan dilakukan pada *wet side*, bila dipadatkan pada *dry side*, saat *impounding*, setelah terjadi penjenjuran tanah timbunan akan mudah mengalami keretakan arah memanjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Sosrodarsono suyono & Kensaku Takeda. Jakarta: Penerbit Pradinya Paramita (2002), Bendungan type urugan.
- Peraturan menteri pekerjaan umum dan perumahan rakyat Republik Indonesia. Nomor 27/PRT/M/2015, tentang bendungan.
- Balai wilayah sungai nusa tenggara I (2019), Spesifikasi teknik pekerjaan pembangunan bendungan tiu suntuk di kabupaten sumbawa barat.
- PT. Indra karya persero tahun 2019, Laporan utama sertifikasi design bendungan tiu suntuk di kabupaten sumbawa barat.
- Modul pelatihan operasai dan pemeliharaan bendungan dan embung. Mataram 2013.
- Modul diklat pengawasan konstruksi bendungan urugan tingkat dasar. Yogyakarta 2019.
- Modul Bimtek OP Bendungan Tanju dan Bendungan Mila, Dompu 2019.
- Modul diklat bimbingan Teknik pengisian awal waduk. Bogor 2022.
- Afandi, D. (2014). Kriteria Material Konstruksi Untuk Bendungan Urugan (Studi Kasus Bendungan Sindangheula). Bandung: Puslitbang Sumber Daya Air.
- Riadi, M. Pengertian, Fungsi, Manfaat dan Jenis Bendungan. <https://www.kajianpustaka.com.html>. 2018.