

PENGUJIAN PINHOLE DAN ANALISIS ERODIBILITAS PADA TANAH LEMPUNG UNTUK BAHAN TIMBUNAN DEKAT SUNGAI

Agus Mahmudi^[1], Tri Wardoyo^[2], Anis Suryaningrum^[3]

^{[1],[2],[3]}Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya
Email: agusmahmudi@ubhara.ac.id

ABSTRAK

Yang dapat mempengaruhi tanah mengalami erosi diantaranya adalah sifat dispersive dan erodibilitas tanah. Tingkat erodibilitas tanah ditentukan berdasarkan struktur, tekstur, permeabilitas, dan kandungan bahan organik tanahnya. Material yang diuji pada pengujian pinhole dalam hal ini adalah material lempung yang akan dipakai sebagai bahan timbunan untuk proyek PLTGM merauke, Papua. Pengujian ini mempunyai maksud untuk mengklasifikasikan apakah material tersebut termasuk kategori lempung dispersive (D) atau nodispersive (ND), sedang tujuannya adalah untuk mencari harga koefisien erodibilitas K, Pengujian ini menggunakan metode SNI-03-3405. Yang diamati pada pengujian ini adalah debit air, dan kekeruhan air yang keluar dari alat uji dimaksud. Dari uji laboratorium dan analisis hasil pengujian yang telah dilakukan, menghasilkan harga $K = 0.19$, sedangkan klasifikasi tanah tersebut termasuk kategori lempung D2

Kata kunci : *Dispersive dan erodibilitas tanah.*

ABSTRACT

Things that can influence soil to experience erosion include the nature of the distribution and erodibility of the soil. The level of soil erodibility is determined based on the structure, texture, permeability and organic matter content of the soil. The material tested in the pinhole testing in this case is clay material which will be used as embankment material for the Merauke PLTGM project, Papua. This test aims to classify whether the material is included in the dispersive (D) or nodispersive (ND) clay category, while the aim is to determine the value of the erodibility coefficient K. This test uses the SNI-03-3405 method. What is observed in this test is the water discharge and turbidity of the water coming out of the testing equipment. From laboratory tests and analysis of the test results that have been carried out, the value of $K = 0.19$ is obtained, while the soil classification is in the D2 clay category.

Keywords: *diversive and Erodibility*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Indonesia memiliki banyak sungai dan dari sungai tersebut banyak dijumpai mengalami erosi yang disebabkan oleh curahan air hujan yang mengalir di sungai. Erosi adalah proses hilangnya atau terkikisnya tanah atau sebagian tanah dari suatu tempat yang diangkut oleh air atau angin ke tempat lain (Arsyad,1989). Erosi juga merupakan salah satu proses geomorfologi yang berperan dalam perkembangan bentuk lahan. Peristiwa erosi tidak terlepas dari pengaruh faktor-faktor lain, salah satu diantaranya adalah erodibilitas tanah.

Erodibilitas tanah merupakan kepekaan tanah untuk tererosi atau mudah tidaknya tanah terkena erosi. Kartasapoetra, et al., (2000). Semakin besar nilai erodibilitas tanah, tanah akan semakin peka

terhadap erosi atau semakin mudah tanah tererosi, sehingga semakin banyak tanah yang hilang apabila terjadi hujan.

Nilai erodibilitas tanah ditentukan oleh komposisi fisik tanah (tekstur), struktur, permeabilitas tanah dan kandungan bahan organik dalam tanah. Faktor erodibilitas tanah menunjukkan resistensi partikel tanah terhadap pengelupasan dan transportasi partikel-partikel tanah oleh adanya energi kinetik air hujan.

Tanah yang bersifat dispersive memiliki daya tahan terhadap erosi sangat rendah sehingga mudah tererosi. Tanah lempung yang bersifat dispersive mudah tererosi baik dipermukaan maupun di dalam timbunan tanah. Knodel (1991) menyatakan bahwa sifat dispersive suatu tanah dapat diketahui salah satunya dengan uji pinhole (pinhole test).

Urugan adalah usaha menyusun massa tanah secara buatan dan berkesinambungan sehingga diperoleh suatu kondisi yang lebih baik dari pada keadaan aslinya, stabil dan tangguh terhadap pengaruh cuaca, pengaruh fisik maupun mekanis.

Penggunaan tanah lempung sebagai urugan berfungsi untuk memperkecil rembesan air yang melalui urugan. Air sangat mempengaruhi sifat tanah lempung, karena butiran dari tanah lempung sangat halus sehingga luas permukaan spesifikasinya menjadi lebih besar. Pertemuan antara molekul air dan partikel lempung akan menimbulkan lekatan yang sangat kuat, disebabkan air akan tertarik secara elektrik dan air akan berada disekitar partikel lempung yang disebut air lapisan ganda, dan lapisan air ini yang menimbulkan gaya tarik menarik antar partikel lempung. Tanah lempung bersifat kedap air dan mempunyai koefisien permeabilitas yang kecil, sangat sensitive terhadap perubahan tingkat kadar air yang terkandung di dalamnya, sehingga karakteristik mekaniknya mudah berubah.

1.2. Identifikasi masalah

Pada lokasi di muara Sungai Merauke, dilakukan penimbunan tanah (urugan) akan difungsikan untuk didirikan bangunan didekat muara sungai Merauke. Berdasarkan variasi morfologi Sungai Merauke ini tentunya akan berpengaruh terhadap kondisi tanah setelah diurug, sehingga menarik untuk mengetahui erodibilitas tanah lempung yang akan digunakan sebagai tanah urug.

Dari latar belakang tersebut di atas penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai tingkat erodibilitas tanah terkait dengan kondisi geomorfologi serta besarnya erosi di daerah penelitian.



Gambar 1. Bentuk Morfologi Sungai Merauke

1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud pengujian material ini adalah untuk mengetahui apakah tanah tersebut termasuk kategori potensial erosi tinggi, sedang atau potensial erosi rendah. Sedangkan tujuan penelitian adalah untuk mengetahui apakah tanah lempung yang digunakan sebagai tanah timbunan termasuk dispersive atau non dispersive.

2. TEORI

Dalam menganalisis tingkat erodibilitas tanah terkait dengan kondisi geomorfologi serta memprediksi besarnya erosi menggunakan alat uji untuk melakukan pengujian terhadap sifat fisik tanah lokasi penelitian. Diantara pengujian tanah tersebut adalah, uji volgraf, uji koefisien permeabilitas tanah untuk mengetahui kadar air dan nilai (k), Analisa saringan dan hydrometer untuk pembuktian bahwa tanahnya adalah tanah lempung dengan metode tekstur, dan uji pinhole.

a. Volgraf dan Koefisien Permeabilitas.

Tujuan dari pengujian ini untuk menentukan kadar air suatu tanah, berat volume tanah, angka pori tanah, porositas dan nilai berat jenis tanah. Angka pori mengindikasikan bahwa kondisi tanah itu padat atau longgar, dan kadar air memberi gambaran tanah mengandung cukup kelembapan. Sedangkan permeabilitas adalah ukuran kemampuan tanah untuk menyalurkan air melalui pori-porinya. Sifat ini perlu diketahui dalam masalah-masalah drainase.

Tabel 1. Nilai n , e , w , γ_d dan γ_b untuk tanah keadaan asli di lapangan

Macam Tanah	n (%)	e	w (%)	γ_d (kN/m ³)	γ_b (kN/m ³)
Pasir seragam, tidak padat	46	0,85	32	14,3	18,9
Pasir seragam, padat	34	0,51	19	17,5	20,9
Pasir berbutir campuran, tidak padat	40	0,67	25	15,9	19,9
Pasir berbutir campuran, padat	30	0,43	16	18,6	21,6
Lempung lunak sedikit organik	66	1,90	70	-	15,8
Lempung lunak sangat organik	75	3,00	110	-	14,3

Tabel 2. Berat Jenis (G_s) berbagai jenis tanah

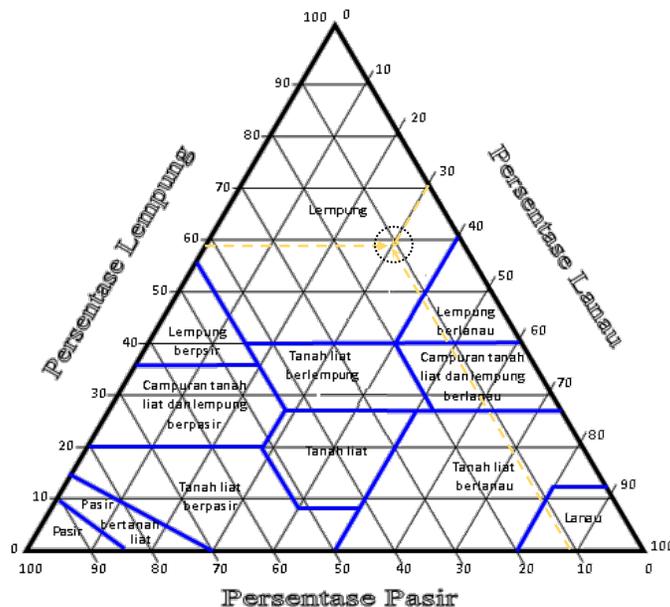
Jenis Tanah	Berat Jenis (G_s)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau Anorganik	2,62 – 2,68
Lempung Organik	2,58 – 2,65
Lempung Anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

Tabel 3. Harga koefisien rembesan (k) pada tanah umumnya adalah sebagai berikut

Jenis tanah	k	
	(cm/detik)	(ft/menit)
Kerikil bersih	1,0–100	2,0–200
Pasir kasar	1,0–0,01	2,0–0,02
Pasir halus	0,01–0,001	0,02–0,002
Lanau	0,001–0,00001	0,002–0,00002
Lempung	kurang dari 0,000001	kurang dari 0,000002

- b. **Analisa saringan** dan Analisa hydrometer, metode mengelompokkan butiran tanah menjadi kelompok kerikil, pasir, debu, dan lempung, yakni dengan cara mengayak memakai beberapa ukuran ayakan dan akan didapatkan jumlah partikel pada masing-masing ayakan. Dari jumlah partikel tersebut dapat dihitung prosentase partikelnya. Partikel pasir berdiameter 0,05 mm sampai 2 mm, partikel debu berdiameter 0,0002 sampai 0,05 mm, sedangkan partikel lempung diameternya kurang dari 0,002 mm.
- c. **Klasifikasi tanah** metode tekstur, yakni menganalisa tanah untuk mendapatkan gambaran bahwa tanah masuk dalam kelompok pasir, debu, dan atau lempung. Data tanah yang diteliti harus membuktikan dominan terhadap partikel lempung. Data yang dibutuhkan untuk mengklasifikasi tanah adalah hasil dari Analisa ayakan.

Metode tekstur tanah adalah keadaan permukaan tanah yang bersangkutan. Tekstur tanah dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada didalam tanah. Pada umumnya tanah asli merupakan campuran dari butir-butir yang mempunyai ukuran yang berbeda-beda. Dalam system klasifikasi tanah berdasarkan tekstur, tanah diberi nama atas dasar komponen utama yang dikandungnya, misalnya lempung berpasir (sandy clay), lempung berlanau (silty clay), dan seterusnya.



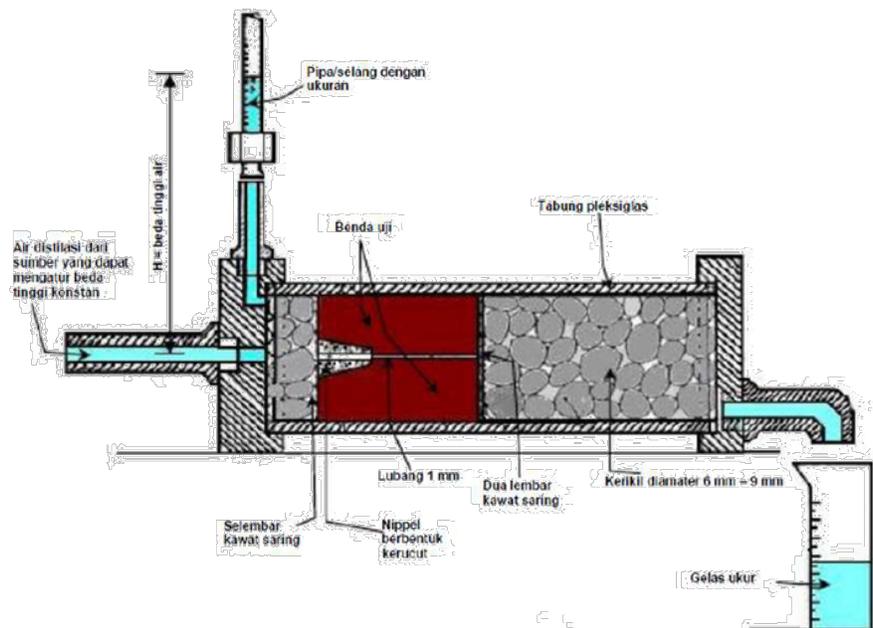
Gambar 2. Klasifikasi tanah berdasarkan tekstur

d. **Uji pinhole** (SNI-03-3405) untuk mengidentifikasi tanah lempung. Dari hasil klasifikasi tanah, tanah harus masuk katagori tanah lempung, dan tanah tersebut diuji di alat pinhole untuk mengetahui sifat tanah apakah tanah mudah tergerus atau tidak.

Tujuan uji *pinhole* adalah untuk mengidentifikasi tanah lempung yang diuji apakah bersifat mudah tergerus atau tidak. Tanah lempung yang mudah tergerus disebabkan karena proses pelarutan dan dikategorikan sebagai lempung bersifat khusus yang disebut sebagai tanah dispersif (*dispersive clays*).

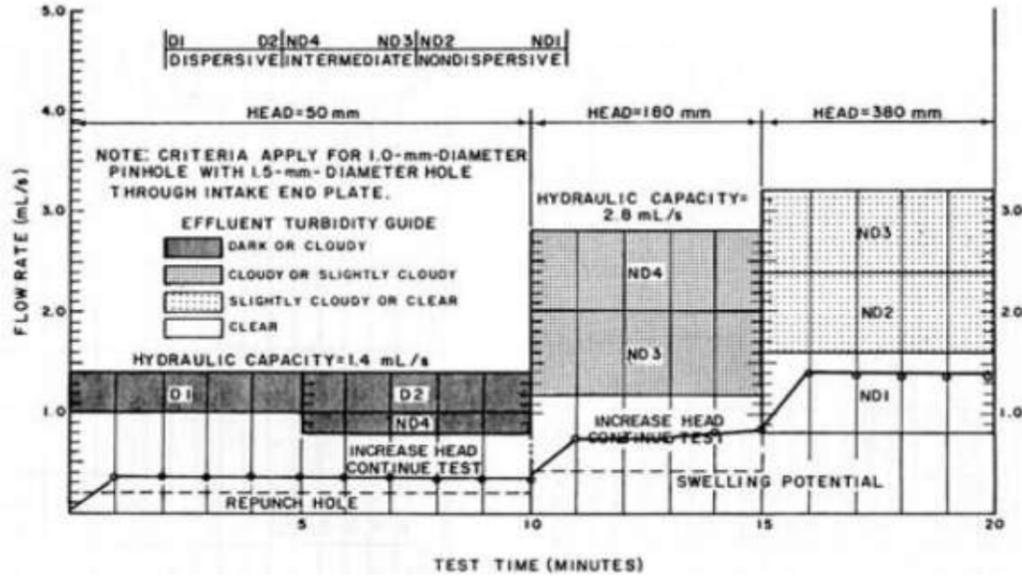
Uraian dan penjelasan uji adalah sebagai berikut :

- 1) Dilakukan baik pada contoh tanah lempung tidak terganggu maupun cetak ulang. Contoh tanah lolos saringan no.10 dicetak dengan bentuk silinder berdiameter 34 mm dan tinggi 38 mm, bagian tengah bendah uji diberi lubang berdiameter 1 mm.
- 2) Benda uji ditempatkan dalam alat *uji pinhole* seperti diperlihatkan pada Gambar 3. Kemudian di aliri air dengan menjaga tinggi tekanannya secara konstan yaitu secara berurutan dengan beda tinggi 50; 180; 380 dan 1020 mm.
- 3) Ukur jumlah air yang mengalir ke dalam gelas ukur dalam waktu tertentu dan amati warna air dari dua arah yaitu dari samping dan dari atas gelas ukur.
- 4) Pada umumnya lempung dispersif tergerus dengan cepat pada beda tinggi di bawah 50 mm disertai keruhnya air yang keluar. Banyaknya air yang keluar dalam waktu 3 sampai 5 menit berkisar antara 1,0 sampai 1,4 ml/detik. Untuk tanah lempung dispersif lubang akan membesar > 2 kali diameter dan jenis tanah ini tergolong sangat dispersif D1.
- 5) Bila pengaliran pada beda tinggi 50 mm air yang keluar sedikit keruh dan debit aliran tidak melebihi 1,00 ml/detik setelah lima menit, lanjutkan pengujian sampai 10 menit. Jika air masih keruh, hentikan pengujian dan ukur lubang *pinhole*. Klasifikasi tanah adalah D2 jika debit aliran antara 1,0 sampai 1,4 ml/detik dan ukuran lubang *pinhole* 1,5 kali diameter lubang semula.



Gambar 3. skema pengujian pinhole

- 6) Bila (4) dan (5) tidak menunjukkan adanya tanda-tanda kekeruhan air dalam gelas ukur, pengujian dapat dilanjutkan pada beda tinggi yang 180, 380 dan 1020 mm untuk memperoleh klasifikasi ND1, ND2, ND3 dan ND4 (lempung non dispersif tingkat 1, 2, 3 dan 4).



Gambar 4. Grafik Tingkat dispersivitas tanah dari uji pinhole
 Sumber : Acciardi, 1985

Tabel 4. Kriteria Untuk Evaluasi Hasil Pengujian Pinhole

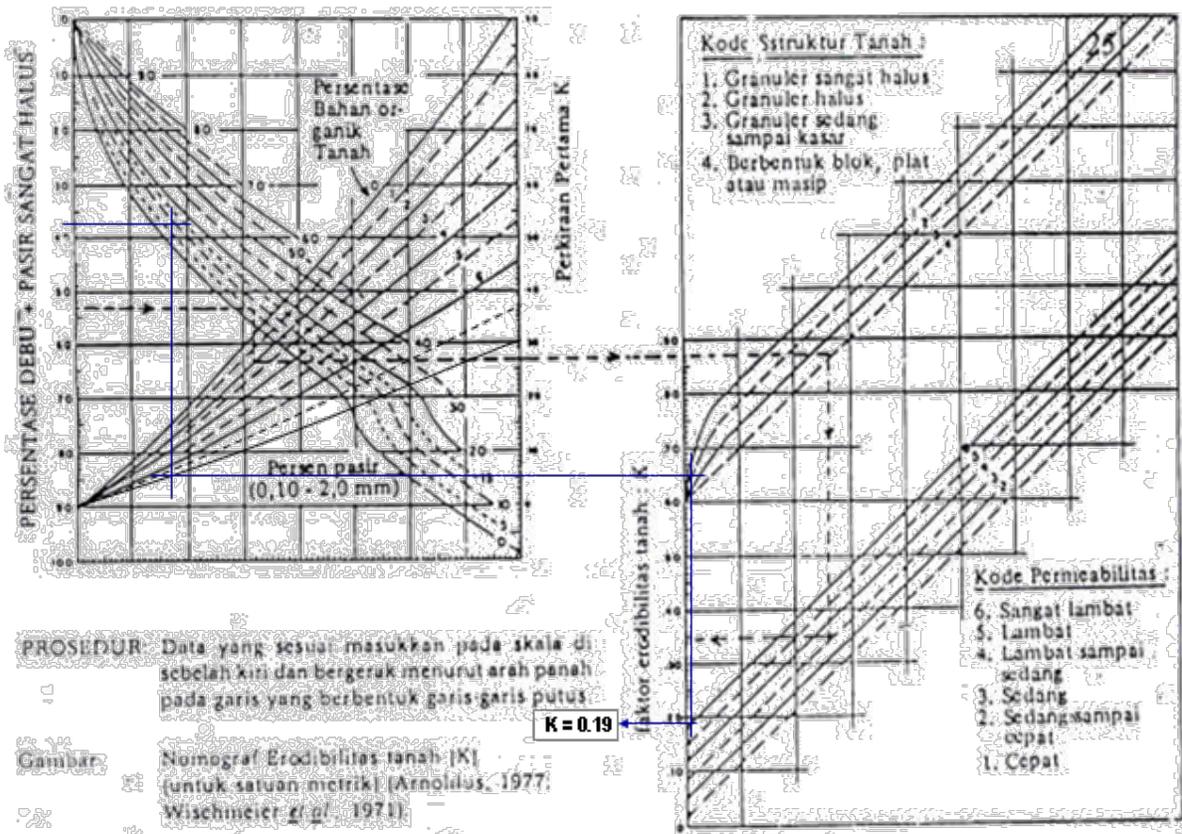
Kalisifikasi dispersif	Beda tinggi air (head); (mm)	Waktu pengujian (menit)	Debit aliran yang keluar (ml/s)	Keadaan akhir pengujian		Ukuran lubang sesudah pengujian(d); (mm)
				Dari samping	Dari atas	
D1	50	5	1,0 - 1,4	keruh (dark)	sangat keruh (very dark)	≥ 2,0
D2	50	10	1,0 - 1,4	keruh sedang (moderately dark)	keruh (dark)	> 1,5
ND4	50	10	0,8 - 1,0	agak keruh (slightly dark)	keruh sedang (moderately dark)	≤ 1,5
ND3	180	5	1,4 - 2,7	hampir tidak keruh (barely visible)	agak keruh (slightly dark)	≥ 1,5
	380	5	1,8 - 3,2			
ND2	1020	5	> 3,0	jemih (clean)	hampir tidak keruh (barely visible)	< 1.5
ND1	1020	5	> 3,0	jemih sekali (perfectly clean)	jemih sekali (perfectly clean)	1,0

Sumber : SNI 3405, 2011

e. **Harga koefisien erodibilitas K** dianalisa dengan menggunakan Nomogram Erodibilitas dari Arnoldus 1977, dan Wischmeier, 1971. Data yang diperlukan untuk menganalisa nilai erodibilitas adalah data dari hasil Analisa ayakan. Dari data tersebut dilakukan pengeplotan pada nomogram erodibilitas dan didapatkan nilai koefisien erodibilitas (K). Hasilnya dapat memberikan petunjuk tentang kemampuan (ketahanan) partikel tanah terhadap erosi dan pengangkutan partikel tanah dipermukaan tanah. Semakin tinggi erodibilitas tanah, semakin tererosi tanah tersebut (Purwantara & Nursa'ban, 2012).

Cara untuk mengetahui nilai erodibilitas tanah (K) dengan menggunakan nomograf dari Wischemeler dan Smith adalah sebagai berikut :

- Hasil penjumlahan antara persentase debu dengan persentase pasir halus dimasukkan pada skala di sebelah kiri dari nomograf erodibilitas tanah tersebut, kemudian ditarik garis ke arah kanan sampai memotong pada garis yang menunjukkan persentase pasir atau pasir kasar (0,10-2,0 mm).
- Setelah diketahui titik potong dari garis yang menunjukkan persentase pasir atau pasir kasar (0,10-2,0 mm), kemudian ditarik garis ke arah bawah hingga memotong garis yang menunjukkan prosentase bahan organik tanah.



Gambar 5. Nomogram Erodibilitas Tanah (K) dari Arnoldus 1977, dan Wischmeier, 1971

- Setelah diketahui titik potong dari garis yang menunjukkan persentase bahan organik tanah, kemudian ditarik garis ke arah kanan hingga memotong garis yang menunjukkan kode struktur tanah. Adapun klasifikasikan tingkat erodibilitas tanah menurut USDA 1973 seperti yang tercantum pada Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi Nilai K Tanah (Sumber : Arsyad,2010)

Kelas	Nilai K	Tingkat Erodibilitas
1	0,00-0,10	Sangat rendah
2	0,11-0,21	Rendah
3	0,22-0,32	Sedang
4	0,33-0,44	Agak tinggi
5	0,45-0,55	Tinggi
6	0,56-0,64	Sangat tinggi

3. METODE PENELITIAN

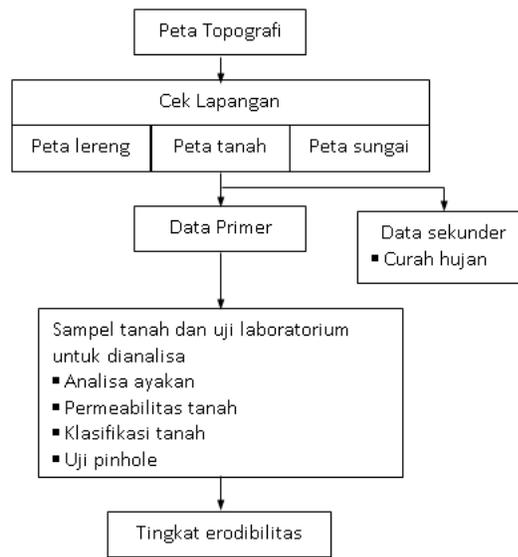
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengujian di laboratorium, data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang dikumpulkan berupa sifat-sifat tanah meliputi data volumetri dan gravimetri, permeabilitas, analisa saringan, dan pinhole.

Sampel tanah merupakan tanah lempung, untuk membuktikan kebenaran tanah adalah tanah lempung dilakukan identifikasi dengan melakukan pengujian berupa analisa ayakan. Hasil dari analisa ayakan dilakukan pengelompokan berdasarkan diameter butiran, yaitu dikelompokkan menjadi kelompok pasir butiran dengan diameter 2,0 sampai dengan 0,05 mm, kemudian kelompok lanau butiran dengan diameter 0,05 sampai dengan 0,002 mm, dan kelompok Lempung butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm. Selanjutnya dari kelompok tanah tersebut diplotkan pada gambar 2, akan didapatkan hasil klasifikasinya. Hasil ayakan juga dianalisa terhadap kandungan materialnya diantaranya persen kandungan pasir sangat halus, tanah pasir, dan kandungan organisanya.

Pengujian berikutnya adalah uji permeabilitas tanah (k) untuk menentukan harga k dengan melakukan uji rembesan dengan metode uji tinggi jatuh (falling head), untuk membuktikan bahwa tanah masuk katagori tanah lempung. Hasil pengujian dapat dikategorikan berdasarkan tabel 3.

Pengujian volumetri dan gravimetri dilakukan untuk tujuan mendapatkan nilai kadar air tanah, berat volume tanah asli, berat volume tanah kering, angka pori tanah, porositas tanah dan berat jenis tanah yang akan digunakan sebagai tanah timbunan.

Selanjutnya setelah melakukan pembuktian di laboratorium dan membuktikan bahwa tanah masuk kategori tanah lempung, maka dilanjutkan dengan melakukan pengujian uji pinhole untuk mengidentifikasi sifat tanah apakah tanah mudah tergerus atau tidak. Dan yang terakhir dilakukan Analisa untuk mencari harga koefisien erodibilitas K dengan menggunakan Nomogram Erodibilitas.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Laboratorium

Cepat lambatnya permeabilitas tanah dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, tekstur tanah dan struktur tanah. Tanah yang bertekstur pasir akan lebih cepat permeabilitasnya dibanding tanah yang bertekstur debu dan lempung.

Tabel 6. Volumetri dan gravimetri+koefisien permeabilitas

Gs	Wc (%)	γ_t (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	Angka - pori <i>e</i>	Porositas (<i>n</i>)	Koefisien Permeabilitas <i>k</i> (cm/sec)
2.641	21.69	1.676	1.378	0.917	47.84	3.55×10^{-6}

Pada Tabel 6 menampilkan hasil pengujian Volumetri & gravimetri dalam kondisi padat, tampak bahwa angka pori tanah dengan nilai 0.917 menunjukkan tanah bersifat kohesif (lengket apabila basah) dan masuk katagori tanah lempung (Braja M.Das, (1988)), kadar air sebesar 21.69% masuk katagori tanah lempung, nilai G_s 2.64 masuk katagori tanah lempung (table 2), dan harga koefisien permeabilitasnya $k = 3.55 \times 10^{-6}$ cm/sec berdasarkan table 3 adalah termasuk kelompok tanah lempung. Dari hasil uji laboratorium volgraf dan uji permeabilitas maka tanah urug adalah termasuk tanah lempung.

Tabel 7. Analisa saringan + Hydrometer

Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
3.24	10.43	29.04	57.29

Pada Tabel 7. menampilkan hasil pengujian analisa saringan+hydrometer, pada tabel tersebut menunjukkan bahwa material yang diuji di laboratorium mempunyai kandungan gravel (kerikil) = 3.24%, sand (pasir) = 10.43%, silt (lanau) = 29.04%, dan lempung (clay) = 57.29%. Untuk system klasifikasi tanah berdasarkan tekstur tidak mencantumkan adanya gravel, karena hasil Analisa ayakan

terdapat gravel maka perlu dilakukan koreksi. Setelah dikoreksi hasilnya berubah menjadi sand = 10.78%, silt = 30.01%, dan clay = 59.21%. Dari angka prosentase tersebut kemudian diplot ke gambar 2, hasilnya bahwa material tersebut mempunyai deskripsi *tanah lempung*. Sehingga dari hasil uji Analisa ayakan maka tanah urug adalah termasuk tanah lempung.

Tabel 8. rekap hasil Uji pinhole

Diameter lubang =		1	mm	Laborant : M. Umar B, Cs	
No	h (mm)	t	q (ml/det)	Pengamatan air	Lubang pinhole (mm)
1	50	3	1.25	Agak keruh	-
2	50	5	1.29	keruh	-
3	50	10	1.34	Keruh	1.48

h = tinggi tekanan (mm)

t = waktu dalam menit

q = debit air ml/sec

Pada Tabel 8 adalah rekapitulasi hasil pengujian pinhole, tampak bahwa ketika aliran dikenakan pada sample, dalam selang waktu 3 menit air yang tertampung 1.25 ml/detik dan agak keruh. Kemudian pengujian dilanjutkan hingga 5 manit, air yang tertampung pada gelas ukur mempunyai debit 1.29 ml/detik, setelah itu pengujian dilanjutkan hingga 10 menit, hasil pengamatan air pada gelas ukur tetap keruh, kemudian pengujian dihentikan, dan sample dilakukan pembongkaran, lubang pinhole yang semula 1 mm, setelah di aliri air menjadi 1.48 mm dalam selang waktu 5 menit. Maka dari tabel-4 dapat disimpulkan bahwa tanah tersebut termasuk kategori tanah lempung *dispersive D2*. Berarti tanah akan mudah tergerus.

4.2 Mencari harga koefisien erodibilitas K

Dengan menggunakan metode Wischmeier dan Smith (1978) yang mempertimbangkan faktor-faktor debu, pasir halus dan pasir kasar, struktur tanah, bahan organik dan permeabilitas tanah, maka diperoleh nilai kepekaan tanah terhadap erosi (K) pada tanah yang diuji. Klasifikasi tingkat erodibilitas tanah menggunakan klasifikasi Arsyad (2010).

Untuk mencari koefisien erodibilitas K, dapat digunakan Nomogram Erodibilitas dari Arnoldus 1977, dan Wischmeier, 1971. Mengenai nomogram yang digunakan untuk menghitung koefisien erodibilitas dapat dilihat pada Gambar 5.

Dari hasil analisa ayakan dan hydrometer, didapatkan kandungan material sebagai berikut :

Kerikil (gravel)	= 3.25 %	
Pasir (sand)	= 10.43 %	
Lanau (Silt)	= 29.04 %	
Lempung (clay)	= 57.29%	
Kandungan pasir sangat halus diameter < 1mm,		= 8%
Jadi kandungan pasir sangat halus (fine sand)+lanau(silt)		= 29.04+8 = 37.04%
Prosentase tanah pasir (0.10 – 2.0 mm)		= 95 – 88 = 7%
Dari hasil pengujian organic, kandungan organis		= 8.01%,

Dengan harga atau kandungan material tersebut, maka dari perlakuan pada nomogram seperti pada Gambar 5, didapat harga koefisien erodibilitas $K = 0.19$. Berdasarkan table 5 nilai $K = 0.19$. masuk katagori tingkat erodibilitasnya rendah.

5. SIMPULAN

Dari hasil pengujian laboratorium seperti yang telah di uraikan di atas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Tanah urug merupakan tanah lempung, dan tanah lempung tersebut termasuk ketegori tanah lempung dispersive D2, yang mengindikasikan tanahnya mudah tergerus.
- Tanah urug memiliki harga koefisien erodibilitas $K = 0.19$, menunjukkan bahwa Tingkat kepekaan partikel tanahnya terhadap erosi rendah.

REFERENSI

- A'yunin Q. 2008. *Prediksi Tingkat Bahaya Erosi Dengan Metode USLE di Lereng Timur Gunung Sindoro*. Surakarta : Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret.
- Arnoldus FAO Soil Bulletin 34 *Assessing soil degradation: Methodology used to determine the maximum average soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco*. Rome Available at:(1977)
- Arsyad, S. 2000. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press. Bogor
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. *Cara Uji Sifat Tanah Dispersif Dengan Alat Pinhole*. Jakarta :Badan Standardisasi Nasional.
- Das,B. 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik)* Jilid 1. Surabaya : Erlangga.
- Ekaputri, Erlinda. 2003. *Menentukan Kerusakan Resapan Secara Kuantitatif Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung dengan Metode Analisa Resesi Aliran Dasar (Base Flow Resession Analysis)*. Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor.
- Hasan H, Pahlevi R S. 2017. *Zonasi Tingkat Erodibilitas Tanah Pada Area Reklamasi Tambang PT. Bharinto Ekatama Kabupaten Kutai Barat Kalimantan Timur*. Samarinda: Fakultas Teknik Universitas Mulawarman.
- Hendrawan, H. 2004. *Aplikasi Sistem Informasi Geografi (SIG) Untuk Pendugaan Erosi dengan Pendekatan USLE (Universal Soil Loss Equation) di Sub- DAS Cimuntur, Ciamis*. Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor.
- Kartasapoetra, et al., (2000). *Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. Edisi II, Rineka Cipta, Jakarta
- Knodel, P. C. (1991) “*Characteristics and problems of dispersive clay soils*” United States Departement of the Interior, Colorado
- Pedoman penyelidikan tanah BSN No. 9 tahun 2000, *Departement Pekerjaan Umum*, 7 Oktober tahun 2004
- Purwantara, S., & Nursa'ban, M. 2012. *Pengukuran Tingkat Bahaya Bencana Erosi Di Kecamatan Kokap*. Jurnal Geomedia, 10(1), 111–128.

Suraj, B., Kumaraperumal, R., Kannan, B., & Ragunath, K. P. (2019). *Soil erodibility estimation and its correlation with soil properties in Coimbatore district*. International Journal of Chemical Studies, 7(3), 3327–3332.

Wischmeier WH, Johnson CB, Cross BV. *Soil erodibility nomograph for farmland and construction sites*. J Soil Water Conserv. 1971;26:189-93.