

## **PENGARUH PENAMBAHAN POLIMER EMULSI VINYL ACECATE CO ACRYLIC PADA TANAH LEMPUNG TERHADAP UJI PERMEABILITAS MELALUI CONSTANT HEAD PERMEABILITY TEST**

**Halauddin dan Suhendra**

Jurusan Fisika, Fakultas MIPA - Universitas Bengkulu

e-mail : [halauddin@yahoo.com](mailto:halauddin@yahoo.com)

### **Abstract**

Permeability is rate of movement an fluid in soil through a media have relation pore micro and macro way, happen of vertical and horizontal. Permeability of soil depend on pore mean size measure influenced by particle size measure distribution, viscosity, particle form and soil structure. Smaller soil particle size measure, smaller also pore size measure and progressively lower ability of the soil to overcome fluid. This research aim to know the level of permeability coefficient value of soil residing in gristle area slide by pass Bengkulu Kepahiang by using method permeameter of permeability head constant by comparing given by permeability value is emulsion polymer and do not give by type emulsion polymer of poly vinyl acetate co acrylic (PVA).

This research have done in laboratory have the character of pure experiment and conducted sometime. From result of research, obtained that: value permeability of biggest soil before given by emulsion polymer of PVA there are at location III equal to  $8,62.10^{-3}$  cm/s, and value permeability of smallest soil before given by emulsion polymer there are at location I equal to  $3,87.10^{-3}$  cm/s. While value permeability of biggest soil after given by emulsion polymer of PVA there are at location V equal to  $0,96.10^{-3}$  cm/s, and value permeability of smallest soil after given by emulsion polymer there are at location IX equal to  $0,10.10^{-3}$  cm/s.

Keywords: Permeability, constant head permeability, pore of size, polymer of emulsion and poly vinyl acetate co acrylic (PVA).

### **Abstrak**

Permeabilitas adalah laju pergerakan suatu fluida di dalam tanah melalui suatu media berpori-pori yang berhubungan, makro maupun mikro baik daerah vertikal maupun horizontal. Permeabilitas dari tanah menunjukkan sifat bahan tanah untuk dapat meloloskan fluida melalui pori-pori yang berhubungan. Koefisien permeabilitas tanah sangat tergantung pada ukuran rata-rata pori yang dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel, viskositas, bentuk partikel dan struktur tanah. Semakin kecil ukuran partikel tanah, semakin kecil pula ukuran pori dan semakin rendah kemampuan tanah tersebut untuk melewatkan fluida. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai koefisien permeabilitas dari tanah lempung di daerah rawan longsor Bengkulu Kepahiang dengan menggunakan metode permeameter constant head permeability untuk membandingkan nilai permeabilitas yang diberi polimer emulsi dan yang tidak diberi polimer emulsi poly vinyl acetate co acrylic (PVA).

Penelitian ini merupakan penelitian laboratorium bersifat eksperimen murni (true experimental) dan dilakukan sekali waktu (cross sectional). Dari hasil penelitian, diperoleh bahwa: nilai permeabilitas tanah paling tinggi sebelum diberi polimer emulsi berada pada lokasi III dengan nilai  $8,62.10^{-3}$  cm/s, dan nilai permeabilitas tanah paling rendah sebelum diberi polimer emulsi berada pada lokasi I dengan nilai  $3,87.10^{-3}$  cm/s. Sedangkan nilai permeabilitas tanah paling tinggi setelah diberi polimer emulsi berada pada lokasi III dengan nilai  $8,62.10^{-3}$  cm/s, dan nilai permeabilitas tanah paling rendah yang diberi polimer emulsi berada pada lokasi V dengan nilai  $0,96.10^{-3}$  cm/s, nilai permeabilitas tanah paling tinggi setelah diberi polimer emulsi berada pada lokasi IX sebesar  $0,10.10^{-3}$  cm/s.

Katakunci: Permeabilitas, permeabilitas tinggi konstan, ukuran pori, polimer emulsi poly vinyl acetate co acrylic (PVA).

## PENDAHULUAN

Pada suatu daerah yang rawan longsor, jika banyak memiliki agregat dengan komposisi tanah lempung lebih banyak akan lebih stabil, namun kekuatan suatu batuan atau tanah ditentukan juga oleh sifat fisika dan kimianya. Salah satu sifat fisika yang sangat penting untuk dipelajari adalah permeabilitas tanah dari bahan tersebut. Karakteristik lain dari tanah lempung adalah mempunyai butir yang sangat kecil yakni 425  $\mu\text{m}$  dan mempunyai sifat reaktif pada bagian permukaan akibat fraksinya sangat halus dan mempunyai kemampuan adsorpsi yang sangat kuat karena tanah lempung mengandung muatan elektronegatif.

Permeabilitas dari tanah menunjukkan sifat bahan tanah untuk dapat meloloskan fluida melalui pori-pori yang berhubungan. Koefisien permeabilitas tanah sangat tergantung pada ukuran rata-rata pori yang dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel, viskositas, bentuk partikel dan struktur tanah. Semakin kecil ukuran partikel tanah, semakin kecil pula ukuran pori dan semakin rendah kemampuan tanah tersebut untuk melewati fluida. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai koefisien permeabilitas dari tanah lempung dengan menggunakan metode permeameter *constant head permeability* [1].

Besaran permeabilitas ini mengindikasikan bahwa tanah yang mempunyai permeabilitas kecil mempunyai kekuatan yang lebih kokoh jika dibandingkan dengan tanah yang mempunyai permeabilitas lebih besar. Perlunya pengukuran permeabilitas dapat bermanfaat untuk-untuk hal-hal seperti memprediksi kerawanan terjadinya longsor dan erosi tepi sungai, sebagai standarisasi untuk menguji kuat atau tidaknya digunakan sebagai bahan batu bata.

Salah satu jenis polimer yang dapat digunakan untuk memperbaiki struktur, dan tekstur tanah adalah polimer emulsi jenis *poly vinyl acetate co acrylic* (PVA). Polimer jenis ini berfungsi sebagai *soil stabilizer*, karena memiliki karakteristik-karakteristik yaitu memiliki pH yang sesuai dengan pH tanah dan memiliki viskositas yang rendah. Polimer jenis ini akan meningkatkan ikatan partikel-partikel tanah sehingga akan mencegah pergerakan dari partikel-partikel tersebut serta akan mencegah terdispersinya partikel-partikel tanah oleh air dan udara.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Porositas dan permeabilitas

Porositas suatu medium adalah bagian dari volume batuan yang tidak terisi oleh benda padat atau perbandingan volume rongga-rongga pori terhadap volume total seluruh batuan (porositas total). Perbandingan ini biasanya dinyatakan dalam persen. Harga porositas berkisar dari nol sampai besar sekali, tetapi pada umumnya pada range 5 % sampai 40 %. Sedangkan permeabilitas adalah sifat yang menyatakan laju pergerakan suatu fluida di dalam tanah melalui suatu media berpori-pori yang berhubungan, makro maupun mikro baik daerah vertikal maupun horizontal. Besaran permeabilitas  $k$  dinyatakan dalam Darcy. Suatu material dikatakan mempunyai nilai permeabilitas jika pori-porinya saling berhubungan satu sama lain (porositas efektif), dinyatakan dalam satuan Darcy atau  $\text{m}^2$  dalam satuan SI [2].

Harga permeabilitas 1 Darcy menyatakan perbedaan tekanan sebesar 1 atmosfer yang menghasilkan aliran volume fluida 1  $\text{cm}^3$ /detik dengan viskositas 1 centipoise yang melewati luas permukaan sebesar 1  $\text{cm}^2$ , maka:

$$1 \text{ darcy} = \frac{1(\text{cm}^3/\text{s})1(\text{cP})}{1(\text{cm}^2)(\text{atm}/\text{cm})} = 0,987 \times 10^{-12} \text{ m}^2 \quad (1)$$

Besaran permeabilitas tanah tergantung pada beberapa faktor, yaitu: viskositas, tekstur, struktur, kekerasan permukaan butiran tanah, dan derajat kejenuhan tanah. Pada Tabel 1., ditunjukkan nilai beberapa koefisien permeabilitas untuk beberapa jenis tanah [3].

Tabel 1. Nilai koefisien permeabilitas beberapa jenis tanah [3]

No.	Jenis Tanah	Koefisien Permeabilitas (cm/s)
1.	Kerikil Bersih	1,0
2.	Pasir Kasar Bersih	$1 \cdot 10^{-2}$
3.	Pasir Campur Lempung, lanau	$10^{-2} - 5 \times 10^{-2}$
4.	Pasir Halus	$5 \times 10^{-2} - 10^{-3}$
5.	Pasir Kelanauan	$2 \times 10^{-3} - 10^{-4}$
6.	Lanau	$5 \times 10^{-4} - 10^{-5}$
7.	Lempung	$10^{-6} - 10^{-9}$

Jenis tanah yang bersifat lolos air (*permeable*) bebas mengalir melalui ruang-ruang kosong (pori-pori) yang ada di antara butiran-butiran tanah. Tekanan pori diukur relatif terhadap tekanan atmosfer dan permukaan lapisan tanah yang tekanannya sama dengan tekanan atmosfer dinamakan muka air tanah atau permukaan freasik. Tanah diasumsikan jenuh walaupun sebenarnya tidak demikian karena ada rongga-rongga udara. Besarnya laju/kecepatan air untuk setiap tanah disebut harkat permeabilitas tanah yang menyatakan kelas (tingkat) kecepatan permeabilitas dari masing-masing tanah [3].

Tabel 2 Harkat permeabilitas tanah [3]

No.	Tingkat kecepatan permeabilitas tanah	Harkat
1.	Sangat lambat ( < 0,5 cm/jam)	6
2.	Lambat (0,5 – 2,0 cm/jam)	5
3.	Lambat sampai sedang (2.0 – 6,3 cm/jam)	4
4.	Sedang (6,3 – 12,7 cm/jam)	3
5.	Sedang sampai cepat (12,7 – 25,4 cm/jam)	2
6.	Cepat (> 25,4/jam)	1

### Hukum Darcy dan persamaan permeabilitas

Hukum pengaliran fluida melalui tanah pertama kali diselidiki oleh Darcy (1856) yang mendemonstrasikan eksperimennya untuk aliran laminar dalam kondisi tanah jenuh. Kecepatan aliran dan kuantitas/debit air per satuan waktu adalah sebanding dengan gradien hidrolik [4], ditulis sebagai:

$$v = k.i.A \quad (2)$$

atau

$$v = \frac{V}{A} = k.i. \quad (3)$$

Dengan :

$V$  = Volume air (cm<sup>3</sup>)

$K$  = Koefisien permeabilitas (cm<sup>2</sup>)

$i$  = Gradien hidrolik

$A$  = Luas penampang tanah (cm<sup>2</sup>)

$v$  = Kecepatan aliran (cm/det)

Maka besarnya permeabilitasnya:

$$k = \frac{V}{i.A.t}, \quad \text{jika : } i = \frac{h}{L}$$

$$k = \frac{V.L}{A.h.t} \quad (4)$$

Dengan:

$L$  = Panjang sampel batuan/tanah (cm)

$h$  = Ketinggian (cm)

$t$  = Waktu selama percobaan (detik)

### Polimer emulsi

Polimer atau kadang-kadang disebut sebagai makromolekul, adalah molekul besar yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia yang kecil dan sederhana. Kesatuan-kesatuan berulang itu setara dengan monomer, yaitu bahan dasar pembuat polimer (Tabel 3). Akibatnya molekul-molekul polimer umumnya mempunyai massa molekul yang sangat besar. Sebagai contoh, polimer poli (feniletena) mempunyai harga rata-rata massa molekul mendekati 300.000. Hal ini yang menyebabkan polimer tinggi memperlihatkan sifat sangat berbeda dari polimer bermassa molekul rendah, sekalipun susunan kedua jenis polimer itu sama.

Tabel 3. Pembentukan polimer [5]

Polimer	Monomer	Keatuan berulang
Poli (etena)	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	$-(\text{CH}_2 - \text{CH}_2)-$
Poli (kloroetena)	$\text{CH}_2 = \text{CHCl}$	$-(\text{CH}_2 - \text{CHCl})-$
Selulosa	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	$-(\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_5)-$

### Metodologi penelitian

#### Alat dan bahan yang digunakan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 unit permeameter *constant head permeability*; 1 buah tempat penampung air pada permukaan; 1 buah *Stopwatch*; sampel tanah dari sepuluh titik lokasi rawan longsor di Jalur Lintas Bengkulu-Kepahiang; dan air tawar.

### Pengukuran permeabilitas

Sampel tanah diambil di daerah rawan longsor yang berada di Jalur Lintas Bengkulu-Kepahiang. Semua sampel akan diambil, lalu dimasukkan ke dalam plastik supaya sampel tetap utuh atau sampel sama dengan yang aslinya.

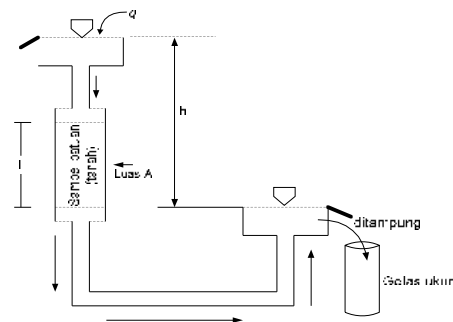
Sebelum melakukan pengambilan data terlebih dahulu ukur ketinggian ( $h$  dalam cm), panjang contoh tanah ( $L$  = dalam cm) dan diameter tabung tempat meletakkan sampel ( $A$  dalam  $\text{cm}^2$ ). Tempatkan batuan (tanah) dalam permeameter yang dibatasi dengan plat poros setelah itu air diisi ke dalam tabung  $A$ , sehingga beda tinggi muka air dalam tabung  $A$  dan  $B$  adalah  $h$  (lihat Gambar 1), Perlakuan dimulai dengan mencatat waktu mulai hingga akhir percobaan (lama percobaan dalam detik) kemudian dicatat volume air yang tertampung dalam satuan  $\text{cm}^3$ . Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan, kemudian dirata-ratakan. Penentuan permeabilitas dari tanah/batuan dihitung berdasarkan Persamaan 2.2.3, yang telah dikemukakan di tinjauan pustaka.



Gambar 1. Permeameter jenis *constant head permeability* dan polimer emulsi



Gambar 2. Pembuatan *core sample* dan pengambilan sampel tanah longsor untuk pengukuran permeabilitas di laboratorium



Gambar 3. Alat permeabilitas tanah menggunakan metode *constant head permeability* [4].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil penelitian

Tabel 4. Data perhitungan permeabilitas ( $k$ ) di 10 titik rawan longsor tanpa polimer PVA

Lokasi	V(cm <sup>3</sup> )	L(cm)	A(cm <sup>2</sup> )	h(cm)	t(det)	k(cm/det)
1	150	10,2	21,23	100	186	$3,87 \cdot 10^{-3}$
2	80	10,2	21,23	100	195	$1,97 \cdot 10^{-3}$
3	210	10,2	21,23	100	117	$8,62 \cdot 10^{-3}$
4	88	10,2	21,23	100	90	$4,69 \cdot 10^{-3}$
5	100	10,2	21,23	100	90	$5,34 \cdot 10^{-3}$
6	96	10,2	21,23	100	104	$4,43 \cdot 10^{-3}$
7	87	10,2	21,23	100	94	$4,45 \cdot 10^{-3}$
8	93	10,2	21,23	100	96	$4,65 \cdot 10^{-3}$
9	176	10,2	21,23	100	124	$6,82 \cdot 10^{-3}$
10	170	10,2	21,23	100	98	$8,33 \cdot 10^{-3}$

Tabel 5. Data perhitungan permeabilitas di 10 titik rawan longsor diberi polimer PVA

Lokasi	V(cm <sup>3</sup> )	L(cm)	A(cm <sup>2</sup> )	h(cm)	t(det)	k(cm/det)
1	30	10,2	21,23	100	155	$0,93 \cdot 10^{-3}$
2	25	10,2	21,23	100	181	$0,66 \cdot 10^{-3}$
3	50	10,2	21,23	100	140	$0,17 \cdot 10^{-3}$
4	28	10,2	21,23	100	160	$0,04 \cdot 10^{-3}$
5	33	10,2	21,23	100	166	$0,96 \cdot 10^{-3}$
6	43	10,2	21,23	100	170	$0,12 \cdot 10^{-3}$
7	29	10,2	21,23	100	186	$0,75 \cdot 10^{-3}$
8	32	10,2	21,23	100	176	$0,87 \cdot 10^{-3}$
9	40	10,2	21,23	100	185	$0,10 \cdot 10^{-3}$
10	34	10,2	21,23	100	185	$0,88 \cdot 10^{-3}$

### Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, besarnya kecepatan permeabilitas yang terjadi di setiap lokasi berbeda-beda karena setiap lapisan memiliki porositas dan struktur tanah yang berbeda. Permeabilitas suatu tanah merupakan kemampuan dari tanah tersebut untuk dapat melewati suatu fluida. Besarnya koefisien permeabilitas tergantung ukuran rata-rata pori yang dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel, bentuk partikel, dan struktur tanah. Secara umum makin kecil ukuran partikel maka makin kecil pori-pori antar partikel sehingga makin rendah koefisien permeabilitasnya.

Daerah penelitian pada lokasi 2 memiliki nilai koefisien permeabilitas yang rendah  $k = 1,97 \times 10^{-3}$  cm/det, yang berarti ukuran partikelnya kecil, maka makin kecil pula pori-pori antar partikelnya, sehingga daya ikat atau kekuatan pada tanah tersebut semakin besar. Sedangkan daerah penelitian pada lokasi 3 memiliki nilai koefisien permeabilitas yang besar  $k = 8,62 \times 10^{-3}$  cm/det, yang berarti ukuran partikelnya besar, maka makin besar pula pori-pori antar partikelnya, sehingga daya ikat atau kekuatan pada tanah tersebut semakin kecil. Nilai permeabilitas yang didapat bisa memprediksi daerah atau lokasi yang paling rawan terhadap erosi atau longsor. Jika dilihat dari nilai kecepatan permeabilitasnya, maka dari kesepuluh titik yang rawan longsor di Jalur Lintas Bengkulu Kepahiang, daerah yang sangat rentan dan mempunyai kecepatan terjadinya longsor adalah titik yang berada pada lokasi 3. Begitu juga sebaliknya, daerah yang sangat berpeluang agak lambat mempunyai kecepatan terjadinya longsor adalah titik yang berada pada lokasi 2. Interpretasi secara geologi, kedua daerah ini mempunyai harkat permeabilitas paling kecil yaitu 1, sehingga dapat ditarik kesimpulan

bahwa kedua lokasi sangat rawan terjadi longsor dibanding lokasi lainnya.

Pada perlakuan pemberian polimer emulsi PVA untuk melihat nilai kecepatan permeabilitas untuk kesepuluh titik longsor diperoleh bahwa daerah yang mempunyai nilai kecepatan permeabilitas paling besar adalah titik yang berada pada lokasi 5, sedangkan daerah yang mempunyai nilai kecepatan permeabilitas paling kecil adalah titik yang berada pada lokasi 9. Tidak terdapat relevansi hasil yang signifikan nilai kecepatan permeabilitas sebelum dan sesudah pemberian polimer emulsi PVA mempunyai peluang yang sama terjadi untuk lokasi yang sama juga. Secara analisa geologi, ketidaksignifikanan ini terjadi disebabkan oleh kemampuan dari masing-masing tanah lempung untuk mengikat struktur polimer emulsi PVA, dimana sebelum pemberian polimer emulsi PVA, partikel-partikel dan porositas tanah pada dasarnya tidak terikat dengan kuat antara satu dan lainnya. Pengujian nilai koefisien permeabilitas tanah untuk kesepuluh lokasi ini adalah sama semuanya yaitu 4, berdasarkan nilai harkat yang tersebut, maka tingkat kecepatan permeabilitas untuk kesepuluh lokasi rawan longsor adalah lambat sampai sedang.

### KESIMPULAN

Dari kegiatan yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan antara lain:

1. Polimer emulsi *Vinyl Acetate Co Acrylic* (PVA) sangat berpengaruh terhadap kecepatan permeabilitas yang dapat dimanfaatkan sebagai *soil stabilizer* untuk mengikat struktur, tekstur, dan porositas tanah di daerah rawan longsor.
2. Nilai permeabilitas tanah terbesar sebelum diberi polimer emulsi PVA terdapat pada lokasi 3 sebesar  $8,62 \cdot 10^{-3}$  cm/det, dan nilai permeabilitas tanah terkecil sebelum

diberi polimer emulsi terdapat pada lokasi 1 sebesar  $3,87 \cdot 10^{-3}$  cm/det. Sedangkan nilai permeabilitas tanah terbesar setelah diberi polimer emulsi PVA terdapat pada lokasi 5 sebesar  $0,96 \cdot 10^{-3}$  cm/det, dan nilai permeabilitas tanah terkecil setelah diberi polimer emulsi terdapat pada lokasi 9 sebesar  $0,10 \cdot 10^{-3}$  cm/det.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Koentjoro, Hurijanto, 1992, *Permeabilitas Sebagai Salah Satu Metode Pengujian Ketahanan Beton*, Universitas Kristen, Petra, Yogyakarta.
- [2] Graha, D S. 1987. *Batuan dan Mineral*. Nova, Bandung.
- [3] Halauddin, Supiyati dan Uswatun Khairah., 2007, *Menentukan Permeabilitas Lapisan Batuan (Tanah) Di Daerah Terabrasi Dengan Menggunakan Metode Permeameter Tinggi Tetap (Constant Head Permeameter Methods)*, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Bengkulu.
- [4] Soedarmo, D.G., & Purnomo, J. E. 1993. *Mekanika Tanah* 1. Malang.
- [5] Didin, 2007., *Polimer Pencegah Erosi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta

