

PENGUKURAN PERMEABILITAS LAPISAN TANAH DAERAH RAWAN ABRASI DI KABUPATEN BENGKULU UTARA

Halauddin¹, Suhendra², Muhammad Isa³, Layna Miska^{4*}, Zulfalina⁵, Irhamni⁶, Evi Yufita⁷, Fauzi⁸

^{1,2}Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, Indonesia

^{3,5,6,7,8}Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala, Indonesia

⁴Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Indonesia

Email : laynamiska@usk.ac.id*

(Received : November 2023 / Revised : November 2023 / Accepted : 2023)

ABSTRAK

Telah dilakukan “Pengukuran Permeabilitas Lapisan Tanah di Daerah Rawan Abrasi Kabupaten Bengkulu Utara”. Penelitian bertujuan untuk menghitung besarnya nilai permeabilitas dari suatu lapisan tanah/batuan di daerah rawan abrasi akibat pengikisan oleh gelombang laut dengan menggunakan air tawar, air laut dan penentuan litologinya pada daerah terabrasi. Hasil perhitungan permeabilitas merujuk standar ketetapan permeabilitas baku dalam Tabel Freezy dan Cherry. Pengambilan data permeabilitas dari 3 lokasi dilakukan dengan menggunakan metode *permeameter constant head*. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari lokasi target menunjukkan bahwa nilai koefisien permeabilitas yang diperoleh dengan menggunakan air tawar dan air laut yang pada *range* 10^2 - 10^6 Darcy untuk lapisan pertama dan lapisan kedua adalah *silt* (material sedimen berupa fragmen ukuran r antara 1/256 mm sampai 1/16 mm). Untuk lapisan ketiga yang berada pada *range* 10^3 - 10^7 Darcy adalah sandstone (batuan sedimen klastik berbutir sedang, terutama berukuran pasir). Nilai *range* ini berlaku untuk ketiga lokasi dan setiap lapisan menggambarkan daerah abrasi Serangai Kabupaten Bengkulu Utara.

Kata Kunci: Abrasi, permeabilitas, permeameter constant head, media pengabrasi, tabel Frezy dan Cherry.

1. PENDAHULUAN

Provinsi Bengkulu merupakan daerah pesisir, secara geografis terletak antara 20.16'-30. 31' LS dan 1010 01'-1030 41' BT. Provinsi ini berada di sebelah barat pegunungan Bukit Barisan memiliki luas wilayah 1.978.870 ha atau 19.788,7 km² dengan garis pantai sepanjang lebih kurang 433 kilometer. Panjang pantai Bengkulu, termasuk pantai sebelah Barat Pulau Sumatera merupakan tepian pantai Samudra Hindia dengan gelombang laut yang relatif kuat, sehingga berpotensi terjadinya abrasi yang menyebabkan rusaknya beberapa bagian pantai [1].

Abrasi merupakan proses alamiah yang harus dihadapi oleh seluruh masyarakat yang bermukim di sekitar pantai. Keterlambatan pengambilan tindakan pencegahan dampak abrasi pantai dapat berakibat fatal, yaitu kerugian material dan bahkan mengancam jiwa manusia. Salah satu lokasi yang mengalami dampak abrasi yang akan menjadi lokasi pengukuran dalam penelitian ini adalah daerah terabrasi di daerah Pantai Serangai di Kabupaten Bengkulu Utara, yang berbatasan langsung dengan badan jalan utama menghubungkan Provinsi Bengkulu dengan Provinsi Sumatera Barat. Metode ini mempunyai kelebihan untuk mendeteksi lapisan dangkal dan hasil yang diperoleh cukup memuaskan [2].

Gelombang laut terjadi karena adanya transfer energi dari angin ke permukaan laut. Energi yang ditransfer ini akan bergerak melintasi permukaan laut, dimana air laut sendiri bergerak dalam gerakan membundar (*circular motion*) di bawah permukaan laut. Gelombang juga dapat diakibatkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi yang disebut gelombang pasang surut. Sedangkan gaya seismik yang berupa gempa tektonik dan vulkanik akan menimbulkan tsunami yang jarang terjadi. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Gelombang merupakan faktor utama didalam penentuan tata letak pelabuhan, alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai dan sebagainya [3].

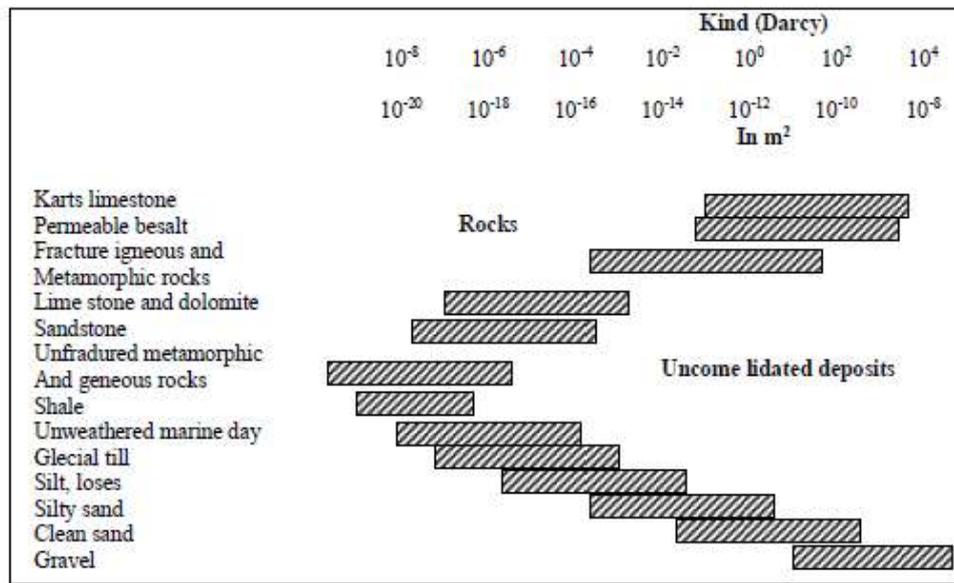
Porositas suatu medium adalah bagian dari volume batuan yang tidak terisi oleh benda padat atau perbandingan volume rongga-rongga pori terhadap volume total seluruh batuan (porositas total). Perbandingan ini biasanya dinyatakan dalam persen. Harga porositas berkisar dari nol sampai besar sekali, tetapi 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 [4].

Besaran permeabilitas tanah tergantung pada beberapa faktor, yaitu: viskositas, tekstur, struktur, kekerasan permukaan butiran tanah, dan derajat kejenuhan tanah. Pada Tabel 1.2., merupakan nilai beberapa koefisien permeabilitas untuk beberapa jenis tanah/batuan [5].

Nilai permeabilitas berdasarkan tabel Freezy dan Cherry

Nilai permeabilitas untuk berbagai jenis batuan telah ditabelkan oleh Freezy dan Chery pada Tahun 1979. Adapun tabel tersebut dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 1. Nilai permeabilitas berbagai jenis batuan (Freezy, 1979).

Nilai koefisien permeabilitas

Besaran permeabilitas tanah tergantung pada banyak penyebab seperti kekerasan permukaan butiran tanah dan derajat kejenuhan tanah. Tabel 1. menunjukkan nilai koefisien permeabilitas untuk beberapa jenis tanah.

Tabel 1. Nilai koefisien permeabilitas beberapa jenis tanah (Halauddin, 2010)

No.	Jenis Tanah	Koefisien Permeabilitas (cm/s)
1.	Kerikil Bersih	1,0
2.	Pasir Kasar Bersih	$1-10^{-2}$
3.	Pasir-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	$10^{-6} - 10^{-9}$

Kecepatan aliran dan kuantitas/debit air per satuan waktu adalah sebanding dengan gradien hidrolik [6]. Ditulis sebagai:

$$q = k.i.A \quad \text{atau} \quad v = \frac{q}{A} = k.i. \quad (1)$$

Sebagai contoh apabila tanah dengan panjang = L , luas penampang = A , beda tinggi air = h_1-h_2 , maka gradien hidrolik:

$$i = \frac{h_1 - h_2}{L} \quad \text{sehingga} \quad q = k \frac{h_1 - h_2}{L} A. \text{ Persamaan ini dapat ditulis sebagai berikut :}$$

$$k = \frac{qL}{A.\Delta h} \quad (2)$$

Karena $q = \frac{V}{t}$, maka besarnya permeabilitas tanah/batuan per satuan waktu menjadi :

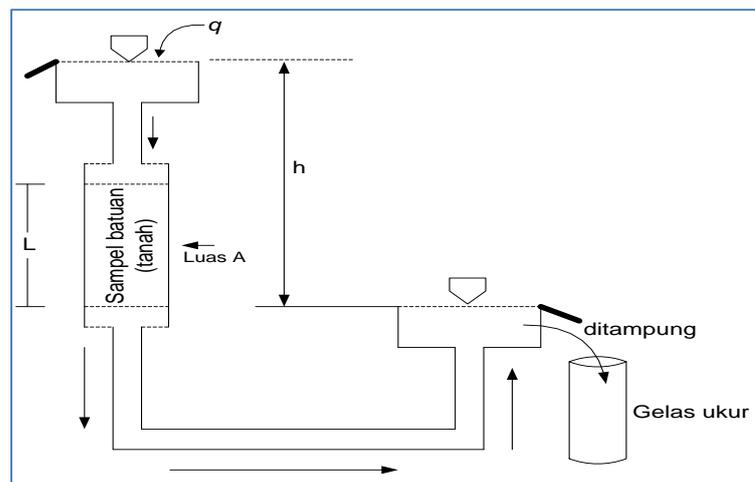
$$k = \frac{V.L}{A.\Delta h.t} \quad (3)$$

Dengan menggunakan persamaan 2 dapat ditentukan nilai permeabilitas tanah pada daerah yang rawan terjadinya abrasi terutama untuk lokasi dekat dengan sungai dan lautan

2. METODE PENELITIAN

Penentuan permeabilitas

1. Sampel tanah/pasir diambil di daerah abrasi yang berada di Pantai Sungai Hitam Bengkulu. Semua sampel yang akan diambil menggunakan ring atau paralon dengan diameter 6 cm, bertujuan agar sampel tetap utuh belum mengalami kerusakan secara mekanis.
2. 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 cm^2). Dengan menempatkan tanah/pasir 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 2.2.1), Perlakuan dimulai dengan mencatat waktu mulai hingga akhir percobaan (lama percobaan dalam detik) kemudian mencatat volume air yang tertampung dalam satuan cm^3 .



Gambar 2. Alat permeabilitas tanah metode *constant head permeability* (Soedarmo, 1993).

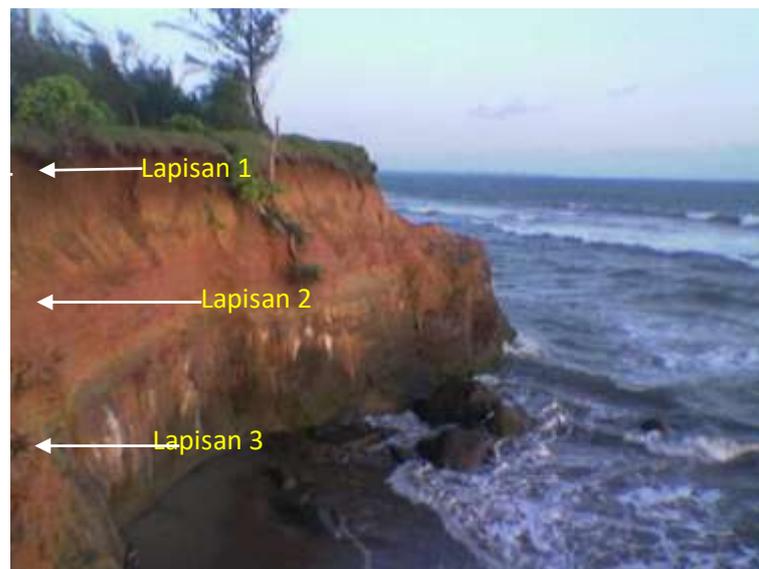
Persamaan yang digunakan untuk menentukan permeabilitas (k) dari tanah/pasir per satuan waktu adalah seperti dituliskan pada Persamaan (1.3.5) pada bagian dasar teori. Pengukuran permeabilitas untuk setiap lapisan digunakan air tawar dan air laut sebagai media pengabrasi..

3. HASIL dan PEMBAHASAN

Hasil perhitungan nilai koefisien permeabilitas untuk ketiga lokasi diperoleh tiga lapisan dan setiap lapisan menggunakan air tawar dan air laut sertakecepatan abrasi diperlihatkan pada gambar masing-masing lokasi.

Hasil pengolahan data lokasi 1

Nilai koefisien permeabilitas di lapisan 1 (Gambar 3) untuk air tawar adalah $1,13 \cdot 10^{-4}$ Darcy dan untuk air laut nilai koefisien permeabilitas adalah $8,2610 \cdot 10^{-5}$ Darcy. Waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air tawar adalah 10.279,3 detik dan waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air laut adalah 7.491,666667 detik. Volume air yang dialirkan untuk air tawar dan air laut adalah 190 cm^3 (Tabel L).



Gambar 3. Lapisan tanah/batuan di Lokasi 1

Nilai koefisien permeabilitas di lapisan 2 (Gambar 3) untuk air tawar adalah $1,37 \cdot 10^{-4}$ Darcy dan untuk air laut adalah $1,22 \cdot 10^{-4}$ Darcy, waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air tawar adalah 12.460 detik dan untuk mengalirkan air laut waktu yang dibutukan adalah 11.101 detik. Volume air yang dialirkan untuk air tawar dan air laut adalah 190 cm^3 (Tabel1).

Nilai koefisien permeabilitas di lapisan 3 (Gambar 3) untuk air tawar adalah $3,05 \cdot 10^{-4}$ Darcy dan untuk air laut nilai koefisien permeabilitas adalah $2,86 \cdot 10^{-4}$ Darcy. Waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air tawar dan air laut adalah 27.702,66667 detik dan 25.921 detik. Volume air yang dialirkan untuk air tawar dan air laut adalah 190 cm^3

Hasil pengolahan data di lokasi 2

Nilai koefisien permeabilitas di lapisan 1 (Gambar 4) untuk air tawar adalah $1,19 \cdot 10^{-4}$ Darcy dan untuk air laut nilai koefisien permeabilitas adalah $8,63 \cdot 10^{-5}$ Darcy. Waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air tawar adalah 10.813 detik dan waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air laut adalah 7.831 detik. Volume air yang dialirkan untuk air tawar dan air laut adalah 190 cm^3 (Tabel 1).



Gambar 4. Lapisan tanah/batuan di lokasi 2

Nilai koefisien permeabilitas di lapisan 2 (Gambar 4) untuk air tawar adalah $1,45 \cdot 10^{-4}$ Darcy dan untuk air laut adalah $1,35 \cdot 10^{-4}$ Darcy, waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air tawar adalah 13.188 detik dan untuk mengalirkan air laut waktu yang dibutuhkan adalah 12.236,3 detik. Volume air yang dialirkan untuk air tawar dan air laut adalah 190 cm^3 (Tabel1.).

Nilai koefisien permeabilitas di lapisan 4 untuk untuk air tawar adalah $3,26 \cdot 10^{-4}$ Darcy dan untuk air laut nilai koefisien permeabilitas adalah $4,35 \cdot 10^{-4}$ Darcy. Waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air tawar dan air laut adalah 29.520 detik dan 28.372,66667 detik. Volume air yang dialirkan untuk air tawar dan air laut adalah 190 cm^3 .

Hasil pengolahan data di lokasi 3

Nilai koefisien permeabilitas di lapisan 1 (Gambar 5) untuk air tawar rata-ratanya adalah $1,19 \cdot 10^{-4}$ Darcy dan untuk air laut nilai koefisien permeabilitas adalah $8,49 \cdot 10^{-5}$ Darcy. Waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air tawar adalah 10.782,3 detik dan waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air laut adalah 77.00 detik. Volume air yang dialirkan untuk air tawar dan air laut adalah 190 cm^3 .



Gambar 5. Lapisan batuan/tanah di lokasi 3

Nilai koefisien permeabilitas di lapisan 2 (Gambar 5) untuk air tawar adalah $1,47 \cdot 10^{-4}$ Darcy dan untuk air laut adalah $1,47 \cdot 10^{-4}$ Darcy, waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air tawar adalah 13.350,66667 detik dan untuk

mengalirkan air laut waktu yang dibutuhkan adalah 13.294 detik. Volume air yang dialirkan untuk air tawar dan air laut adalah 190 cm^3 .

Nilai koefisien permeabilitas di lapisan 3 (Gambar 5) untuk air tawar adalah $3,58 \cdot 10^{-4}$ Darcy dan untuk air laut nilai koefisien permeabilitas adalah $3,17 \cdot 10^{-4}$ Darcy. Waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air tawar dan air laut adalah 32.484,66667 detik dan 28.791,66667 detik. Volume air yang dialirkan untuk air tawar dan air laut adalah 190 cm^3 .

Interpretasi Data

Berdasarkan pengolahan data untuk ketiga lokasi di daerah abrasi Serangai Bengkulu Utara, diperoleh bahwa waktu yang dibutuhkan oleh fluida untuk melewati sampel tanah/batuan untuk kedua media pengabrasi, dalam hal ini adalah air laut dan air tawar sangat berbeda. Air laut membutuhkan waktu yang lebih kecil jika dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan oleh air tawar ketika melewati sampel tanah/batuan pada permeameter. Kondisi tersebut akan menyebabkan koefisien permeabilitas hasil perhitungan antara kedua media pengabrasi akan berbeda.

Waktu yang dibutuhkan oleh kedua media pengabrasi dengan besarnya koefisien permeabilitas adalah berbanding terbalik, sehingga dalam perhitungan ini diperoleh bahwa air laut membutuhkan waktu yang lebih kecil jika dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan oleh air tawar. Dengan demikian diperoleh bahwa koefisien permeabilitas air laut lebih besar jika dibandingkan dengan koefisien permeabilitas air tawar. Perbedaan ini disebabkan pada air laut memiliki salinitas, sedangkan air tawar tidak memiliki salinitas.

Perbandingan nilai koefisien permeabilitas antara air laut dan air tawar jika dikorelasikan dengan tabel Freezy dan Cherry masih berada pada range yang sama, sehingga jenis tanah/batuan yang diinterpretasikan menunjukkan hasil yang sama. Nilai koefisien permeabilitas yang diperoleh dengan menggunakan air tawar dan air laut yang pada range 10^{-2} - 10^{-6} Darcy untuk lapisan pertama dan lapisan kedua adalah *silt* (material sedimen yang terdiri dari fragmen berukuran butir antara 1/256 – 1/16 mm). Tetapi pada lapisan ketiga yang berada pada range 10^{-3} - 10^{-7} Darcy adalah *sandstone* (batuan sedimen klastik berbutir sedang, terutama berukuran pasir). Nilai range tersebut berlaku untuk ketiga lokasi dan untuk setiap lapisan yang berada di daerah abrasi Serangai Kabupaten Bengkulu Utara.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data diperoleh nilai koefisien permeabilitas untuk ketiga lokasi survei yang berpotensi terjadinya abrasi, dimana nilai koefisien permeabilitasnya pada range 10^{-2} - 10^{-6} Darcy dimiliki oleh lapisan pertama dan kedua, sedangkan untuk lapisan ketiga pada range 10^{-3} - 10^{-7} Darcy. Merujuk tabel Freezy dan Cherry dengan menggunakan air tawar dan air laut nilai koefisien permeabilitas pada range 10^{-2} - 10^{-6} Darcy untuk lapisan pertama dan kedua dengan litologi *silt* dan untuk lapisan ketiga pada range 10^{-3} - 10^{-7} Darcy merupakan *sandstone*.

Nilai-nilai koefisien permeabilitas dan litologi setiap lapisan pada daerah abrasi menjadi referensi dan pertimbangan dalam menetapkan daerah rawan abrasi apalagi diselaraskan dengan menggunakan metode *falling head permeability*.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas kerjasama antar program studi Fisika UNIB dan USK yang telah memberikan penulis melakukan riset bersama. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada anggota tim yang telah membantu selama proses pengambilan data ke lapangan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Freeze, R.A dan Cherry, 1979. *Groundwater*. Prentice-Hall. Inc; United State of America.
- [2] Halauddin, M. Ginting, Irfan. G dan Suhendra, 2010., *Zonasi Daerah Rawan Longsor dan Teknik Mitigasinya Dengan Menggunakan Polimer Emulsi Vinyl Acecate co Acrylic Sebagai Soil Stabilizer Serta Analisis Kekuatannya Menggunakan Uji Kuat Tekan Unaxial*, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Bengkulu
- [3] Ratu YA, Muh. IJ dan Jeffry DM, 2015., *Analisa Karakteristik Gelombang di Pantai Bulu Rerer Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa*, Jurnal Sipil Statik Volume 3 Nomor 1, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

- [4] Graha, D S, 1987., *Batuan dan Mineral*, Nova Publishing, Bandung.
- [5] Hai-hong Ding dan Wei-wei, Jiang. 2016. *Application of Geophysical Methods in Tunnel Exploration*. 5 th International Conference on Civil, Architectural and Hydraulic Engineering (ICCAHE 2016)., Atlantis Press.
- [6] Soedarmo, D.G., & Purnomo, J. E., 1993, *Mekanika Tanah I*, Universitas Brawijaya, Malang.
- [7] Halauddin, 2011., *Pengaruh Penambahan Polimer Emulsi Vinyl Acecate co Acrylic Pada Tanah Lempung Terhadap Uji Permeabilitas Melalui Constant Head Permeability Test*, Jurnal Fisika Teori, Eksperimen dan Aplikasi, Vol.14(2),