



ANALISIS HUBUNGAN PARAMETER ANGKA PORI (e) DENGAN KECEPATAN REMBESAN PADA JENIS TANAH YANG BERBUTIR HALUS

Fadhilah Fahmi¹⁾, Ridha Adriani^{2*)}, Ir. Muhammad Syafa'at S Kuba³⁾

^{1),2)} Mahasiswa Prodi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar

³⁾ Lektor Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar

^{*)} Corresponding Author. Email : ridhaadriani2@gmail.com

Abstrak

Secara umum, Gradasi tanah dapat mempengaruhi secara langsung angka pori tanah, jika butir-butir agregat tanah memiliki ukuran yang sama, maka rasio pori tanah akan besar. Jika ukuran butir berbeda, maka volume pori kecil. Kepadatannya tinggi karena butiran kecil mengisi pori-pori di antara butiran yang lebih besar. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis pengaruh karakteristik tanah berbutir halus terhadap kecepatan rembesan aliran air serta menganalisis pengaruh perubahan angka pori (e) terhadap kecepatan rembesan aliran air terhadap berbagai jenis tanah berbutir halus. Dalam penelitian ini menggunakan 3 jenis tanah berbutir halus yaitu, lempung lanau berpasir, lempung berpasir berlanau dan lanau lempung berpasir, serta 3 jenis intensitas curah hujan yaitu intensitas kala ulan 5 tahun (I_5), 15 tahun (I_{15}) serta 25 tahun (I_{25}). Pada pengujian pertama tanah lempung lanau berpasir dengan dengan e_0 0,47, kecepatan rembesan arah horizontal yaitu 0,181 cm/menit sedangkan arah vertikal yaitu 0,264 cm/menit. Pada pengujian kedua tanah lempung lanau berpasir dengan e_0 0,51, kecepatan rembesan arah horizontal yaitu 0,182 cm/menit sedangkan untuk arah vertikal yaitu 0,286 cm/menit. Pada pengujian ketiga untuk lempung lanau berpasir dengan e_0 0,56, kecepatan rembesan arah horizontal yaitu 0,185 cm/menit sedangkan arah vertikal yaitu 0,327 cm/menit. Pada pengujian pertama tanah lempung berpasir berlanau dengan e_0 0,52, kecepatan rembesan horizontal yaitu 0,201 cm/menit sedangkan pada arah vertikal yaitu 0,270 cm/menit. Pada pengujian kedua tanah lempung berpasir berlanau dengan e_0 0,56, kecepatan rembesan horizontal yaitu 0,215 cm/menit, sedangkan untuk arah vertikal yaitu 0,297 cm/menit. Pada pengujian ketiga tanah lempung berpasir berlanau dengan e_0 0,61, kecepatan rembesan horizontal yaitu 0,231 cm/menit, sedangkan untuk arah vertikal yaitu 0,338 cm/menit. Pada pengujian pertama tanah lanau lempung berpasir dengan e_0 0,67, kecepatan rembesan horizontal yaitu 0,278 cm/menit, sedangkan arah vertikal 0,274 cm/menit. Pada pengujian kedua lanau lempung berpasir dengan e_0 0,72, kecepatan rembesan horizontal yaitu 0,305 cm/menit, sedangkan arah vertikal yaitu 0,310 cm/menit. Pada pengujian ketiga dengan e_0 0,79 kecepatan rembesan horizontal yaitu 0,347 cm/menit sedangkan arah vertikal yaitu 0,356 cm/menit. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin kecil angka pori maka semakin lambat rembesan aliran airnya, begitupun sebaliknya.

Kata Kunci : Angka Pori, Rembesan, Tanah Berbutir Halus

Abstract

In general, soil gradation can directly affect the void ratio of the soil, if the soil aggregate grains have the same size, the soil void ratio will be large. If the grain size is different, then the pore volume is small. The density is high because the small grains fill the pores between the larger grains. The purpose of this study is to analyze the effect of fine-grained soil characteristics on the speed of seepage of water flow and analyze the effect of changes in void ratio (e) on the speed of seepage of water flow on various types of fine-grained soils. In this study used 3 types of fine-grained soil, namely, sandy silt clay, silty sandy loam and silt sandy loam, as well as 3 types of rainfall intensity, namely the intensity of 5 years (I_5), 15 years (I_{15}) and 25 years (I_{25}). . In the first observation, the sandy silt clay soil with an e_0 of 0.47, the seepage speed in the horizontal direction is 0.181 cm/minute while the vertical direction is 0.264 cm/minute. In the second observation, the sandy silt clay with e_0 of 0.51, the seepage speed in the horizontal direction is 0.182 cm/minute while for the vertical direction is 0.286 cm/minute. In the third observation for sandy silt clay with e_0 0.56, the seepage speed in the horizontal direction is 0.185 cm/minute while the vertical direction is 0.327 cm/minute.



In the first observation the silty sandy clay soil with e_0 0.52, the horizontal seepage speed is 0.201 cm/minute while in the vertical direction is 0.270 cm/minute. In the second observation the silty sandy loam with e_0 0.56, the horizontal seepage speed is 0.215 cm/minute, while for the vertical direction is 0.297 cm/minute. In the third observation the silty sandy clay soil with e_0 0.61, the horizontal seepage speed was 0.231 cm/minute, while the vertical direction was 0.338 cm/minute. In the first observation, the soil was silt sandy loam with e_0 0.67, the horizontal seepage speed was 0.278 cm/minute, while the vertical direction was 0.274 cm/minute. In the second observation, the silt is sandy clay with an e_0 of 0.72, the horizontal seepage speed is 0.305 cm/minute, while the vertical direction is 0.310 cm/minute. In the third observation with e_0 0.79 the horizontal seepage speed is 0.347 cm/minute while the vertical direction is 0.356 cm/minute. The results of this study indicate that the smaller the pore number, the slower the seepage of the water flow, and vice versa

Keywords: void ratio, seepage, fine grained soil

1. PENDAHULUAN

Gradasi tanah dapat mempengaruhi secara langsung angka pori tanah, karena apabila butir-butir agregat mempunyai jenis ukuran yang sama (seragam), volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil akan mengisi pori antara butiran yang lebih besar sehingga pori-porinya menjadi sedikit dengan kata lain kemampatannya tinggi.

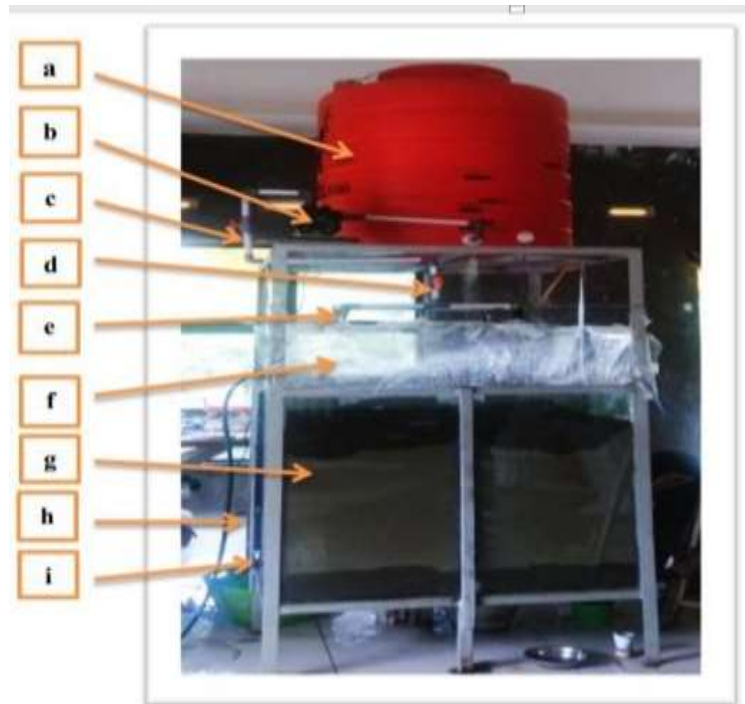
Air menutupi hampir 71% permukaan bumi terdapat 1,4 triliun kilometer kubik atau sekitar 330 juta mil³ tersedia di bumi. Seperti kita ketahui, hujan yang turun ke permukaan bumi jatuh pada permukaan tanah, permukaan air danau, sungai, laut, hutan, ladang, persawahan atau perkebunan. Air yang merembes ke dalam tanah melalui pori-pori tanah akan terus sampai kedalaman tertentu dan mencapai permukaan air tanah (*groundwater*) yang disebut perkolasi. Jika aliran tanah muncul atau keluar akan menjadi mata air (*spring*). Mata air yang keluar dengan cara rembesan disebut *seepage*.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis pengaruh karakteristik tanah berbutir halus terhadap kecepatan rembesan aliran air serta menganalisis pengaruh perubahan angka pori (e) terhadap kecepatan rembesan aliran air terhadap berbagai jenis tanah berbutir halus.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Bahan Dan Alat

Dalam penelitian ini menggunakan alat simulasi hujan yang terdapat di jalan poros Malino, Desa Lonjoboko, Kecamatan Parangloe, Kabupaten Gowa.



Gambar 1 Foto Alat Model

- 1) Komponen alat pengujian
 - a. Bak air kapasitas 600 L
 - b. Mesin air
 - c. Pipa PVC
 - d. Keran air
 - e. *Sprayer* (pipa semprot)
 - f. Gorden plastic
 - g. Bak kaca transparan
 - h. Mistar ikur
 - i. Batu pori
- 2) Alat bantu yang digunakan dalam penelitian ini :
 - a. Satu set saringan (ayakan)
 - b. Gelas ukur untuk pengujian angka pori
 - c. Stopwatch untuk mengukur durasi
 - d. Tabel isian data dan alat tulis
 - e. Kamera untuk dokumentasi
 - f. Berbagai alat pendukung lain yang dibutuhkan dalam penelitian
 - g. Tanah : jenis tanah yang digunakan adalah tanah berbutir halus



- h. Air : jenis air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang tidak terkontaminasi dengan air limbah, untuk membuat hujan buatan dengan menggunakan alat simulasi hujan

2.2 Metode Penelitian

a. Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan model penelitian eksperimental. Penelitian eksperimental adalah suatu penelitian yang didalamnya ditemukan minimal satu variabel yang dimanipulasi untuk mempelajari hubungan sebab-akibat.

b. Metode Pengumpulan Data

1. Data pra kondisi (*pre test*), yaitu parameter media (tanah) antara lain, ukuran partikel (*grain size*), angka pori (e), kadar air (w). pengambilan data tersebut dilakukan setelah pemadatan lapisan tanah (media), dan sebelum pemberian air genangan di dasar lapisan.
2. Data preliminary *test*, antara lain, pengambilan data dan kecepatan rembesan. Pengambilan data tersebut dilakukan setelah pemberian air genangan di dasar lapisan, dan diamati sampai rembesan alirannya ke ujung.
3. Data pengamatan hasil pengujian (*main test*), antara lain angka pori, kecepatan rembesan aliran air, kedalaman infiltrasi. Pengambilan data tersebut dilakukan pada setiap tahap sebelum diujani dan saat diujani.

Sebelum prosedur pengujian model alat simulasi hujan dilaksanakan, terlebih dahulu dilakukan pemadatan tanah pada bak uji. Adapun tinggi sampel yang di rencanakan sekitar 80 cm.

- 1) Tanah yang sudah kering dimasukkan kedalam bak tanah dengan ketebalan lapisan tanah sekitar 80 cm.
- 2) Tanah yang telah dimasukkan kedalam bak tanah kemudian dikondisikan untuk mendeteksi kondisi lapangan.
- 3) Pengambilan data angka pori dilakukan sebelum dan setelah tanah diujani
- 4) Pengambilan data rembesan aliran air dilakukan sebelum diujani bak air tanah diisi setinggi 20 cm.
- 5) Mengamati dan mengukur kecepatan rembesan horizontal sebelum diujani.
- 6) Mengamati dan mengukur kecepatan rembesan vertikal saat tanah sedang diujani

Adapun pengujian angka pori adalah sebagai berikut :



- 1) Tanah yang telah direkondisikan dalam bak diambil sebanyak 50 ml menggunakan gelas ukur.
- 2) Tanah yang telah diambil kemudian dicampur dengan air hujan sebanyak 70 ml
- 3) Tanah yang telah tercampur dengan air kemudian didiamkan sampai tanah tersebut jenuh.
- 4) Setelah tanah jenuh selanjutnya dapat dilakukan pengukuran angka pori.

c. Analisis Data

Data hasil pengamatan akan diolah dengan metode statistic biasa, baik dalam perhitungan numerik maupun dalam penggambaran perubahan angka pori. Dari hasil pengolahan data selanjutnya akan dilakukan analisis empiris sehingga dapat dirumuskan formulasi hubungan antar parameter yang dihasilkan dari pengolahan data hasil penelitian. Korelasi parameter yang ingin dilihat dalam penelitian ini antara lain:

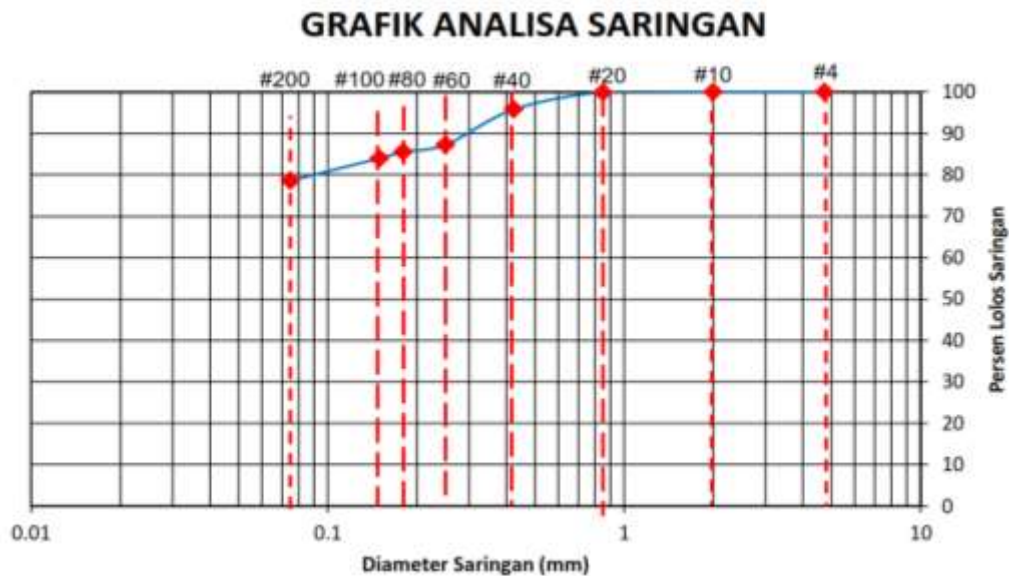
1. Hubungan antara angka pori dengan jenis tanah berbutir halus yang diamati sebelum dan sesaat setelah hujan sampai mencapai kondisi stabil
2. Hubungan antara angka pori dengan kecepatan rembesan aliran yang diamati sebelum dan setelahn tanah dihujani sampai mencapai kondisi stabil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

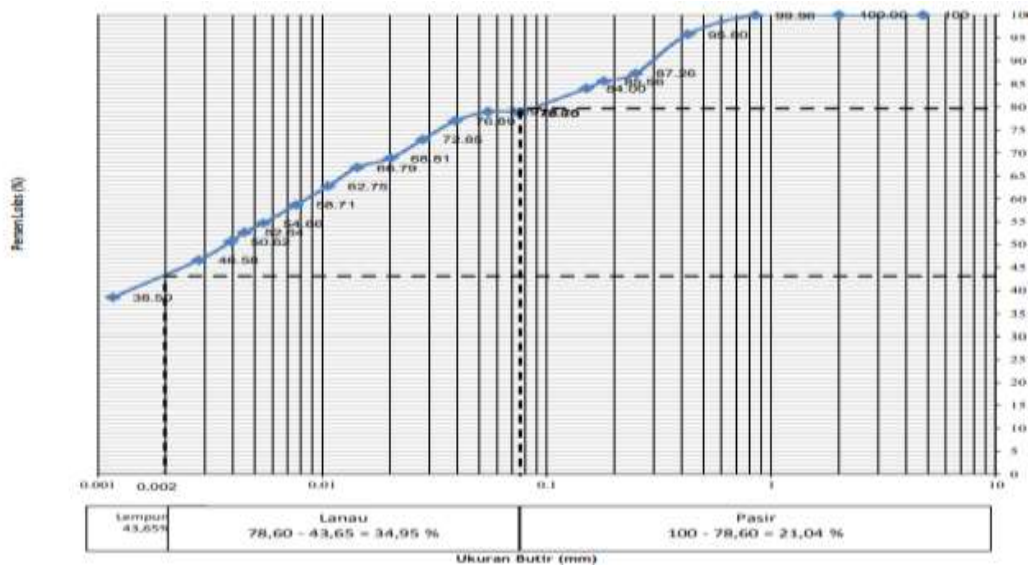
3.1 Hasil Pengujian Karakteristik Tanah

Pada penelitian ini dilakukan preliminary test berupa pengujian gradasi tanah. Hal ini dilakukan untuk mengidentifikasi jenis tanah berbutir halus sesuai dengan topik penelitian

a. Lempung Lanau Berpasir (*sandy Silt Clay*)



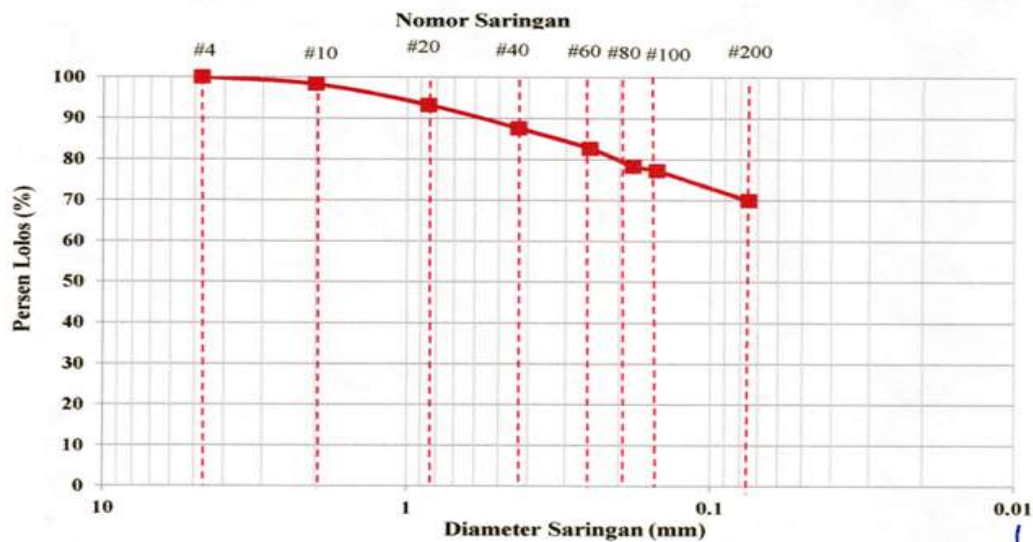
Gambar 2 Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan (Lempung Lanau Berpasir)



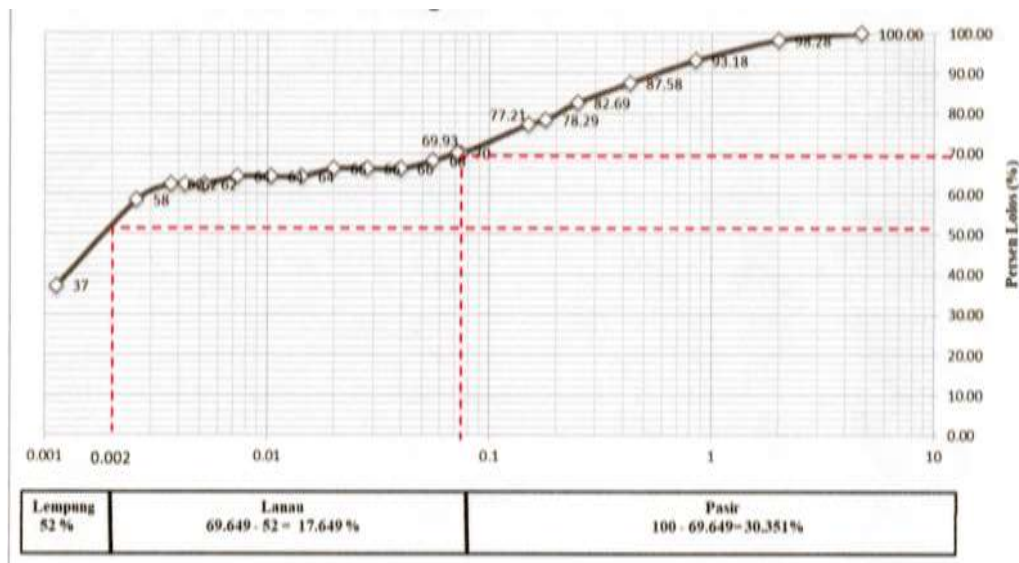
Gambar 3 Grafik Distribusi Pembagian Butir Berdasarkan Hasil Pengujian Hidrometer (Lanau Lempung Berpasir)

Dari Gambar 3 Grafik pembagian butir analisa hidrometer menunjukkan bahwa persentase ukuran butiran lempung adalah 43,65%, Lanau adalah 34,95% dan pasir adalah 21,04%. Hal ini menunjukkan adanya dominan Lempung secara signifikan dibandingkan pada kandungan lanau ditambah dengan kandungan pasir.

b. Lempung Berpasir Berlanau (*Silty Sandy Clay*)



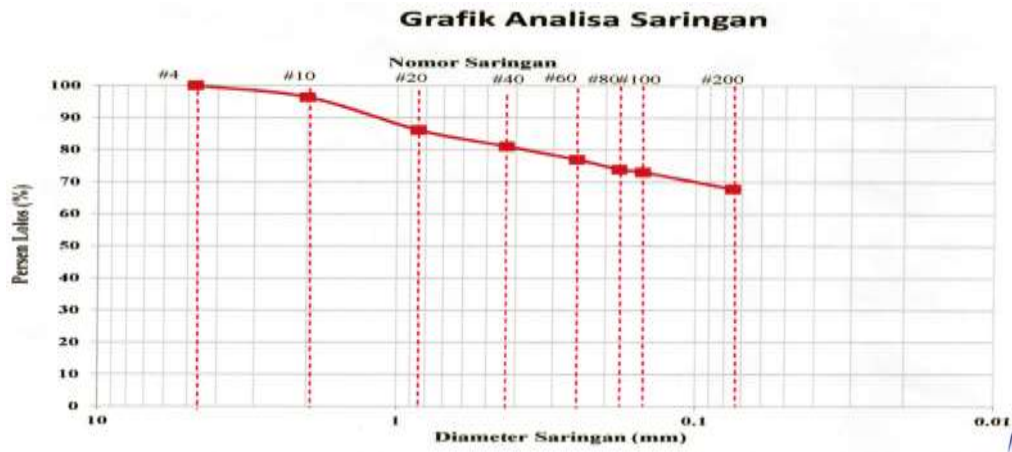
Gambar 4 Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan (Lempung Berpasir Berlanau)



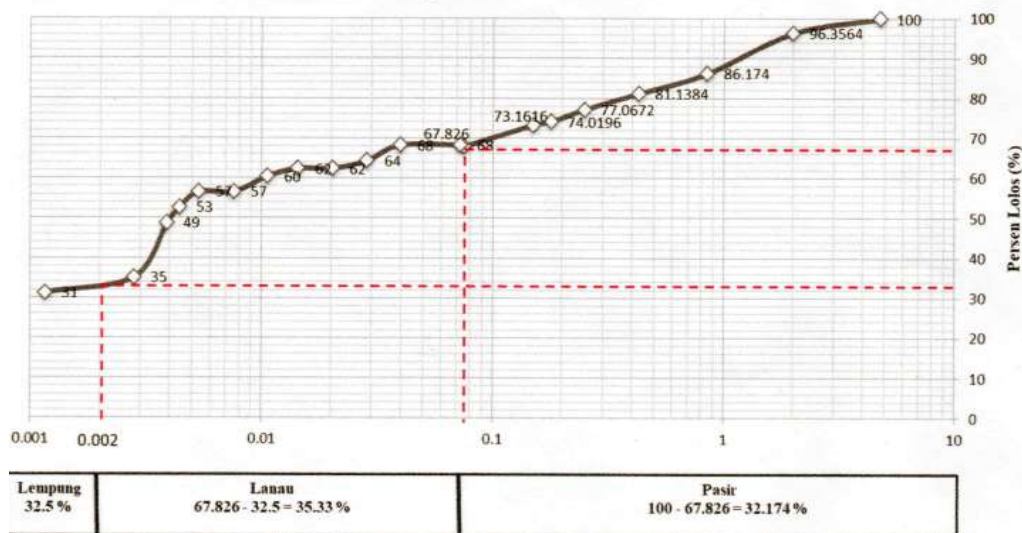
Gambar 5 Grafik Distribusi Pembagian Butir Berdasarkan Hasil Pengujian Hidrometer (Lempung Berpasir Berlanau)

Dari Gambar 5 Grafik pembagian butir Analisa hidrometer menunjukkan bahwa persentase ukuran butiran Lempung adalah 52,00%, pasir adalah 30,35% dan Lanau adalah 17,65%. Data ini memberikan gambaran jenis tanah yang mirip dengan sampel pertama, dengan tingkat dominan yang sangat signifikan pada kandungan lempung. Diikuti dengan beberapa kandungan pasir dan kandungan lanau sangat sedikit.

c. Lanau Lempung Berpasir



Gambar 6 Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan (Lanau Lempung Berpasir)



Gambar 7 Grafik Distribusi Pembagian Butir Berdasarkan Hasil Pengujian Hidrometer (Lanau Lempung Berpasir)

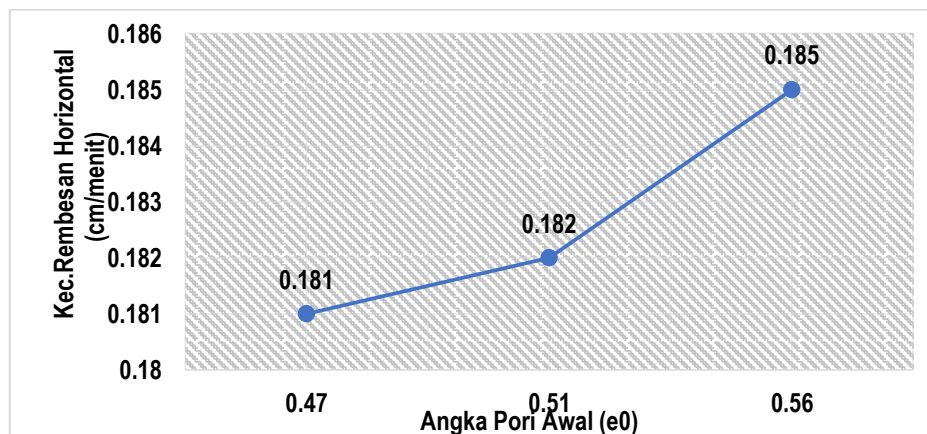
Dari Gambar 7 grafik pembagian butir Analisa hydrometer menunjukkan bahwa persentase ukuran bitran Lanau adalah 35,33%, Lempung adalah 32,50% dan Pasir adalah 32,17%. Dengan melihat hasil persentase pembagian butiran tanah tersebut, menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan pada setiap kandungannya. Akan tetapi kandungan Lanau tetap dominan dibandingkan dengan kandungan lempung dan pasir. Sedangkan pada kandungan lempung dan pasirnya hanya memiliki selisih 0,3%



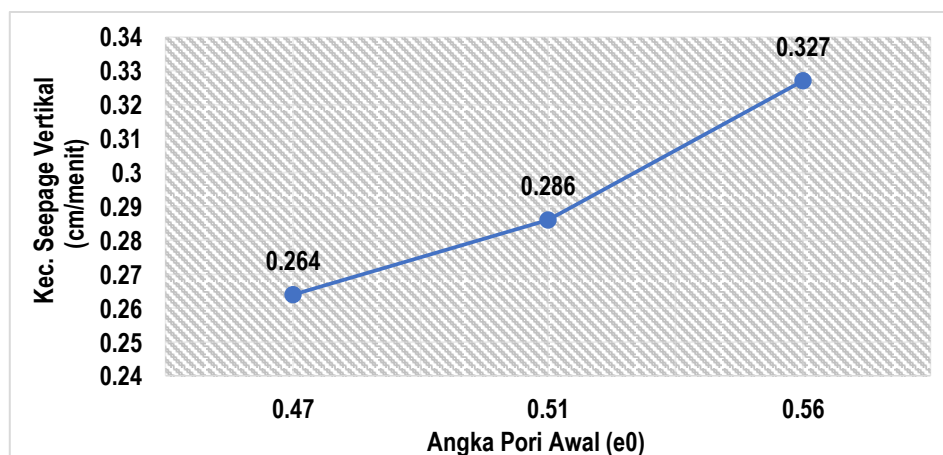
3.2 Hubungan Angka Pori Dengan Kecepatan Rembesan Horizontal Dan Seepage Vertikal

Tabel 1. Hub. Angka Pori Dengan Kec. Rembesan Pada Tanah Lempung Lanau Berpasir

Angka Pori Awal (e_0)	Kec. Rembesan Horizontal (cm/menit)	Kec. Seepage Vertikal (cm/menit)
0,47	0,181	0,264
0,51	0,182	0,286
0,56	0,185	0,327



Gambar 8. Grafik Hub. Angka Pori Dengan Kec. Rembesan Horizontal Pada Tanah Lempung Lanau Berpasir

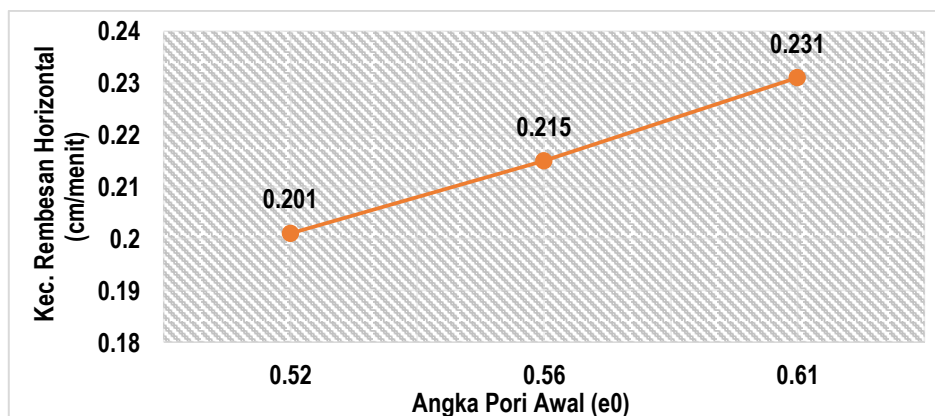


Gambar 9. Grafik Hub. Angka Pori Dengan Kec. Seepage Vertikal Pada Tanah Lempung Lanau Berpasir

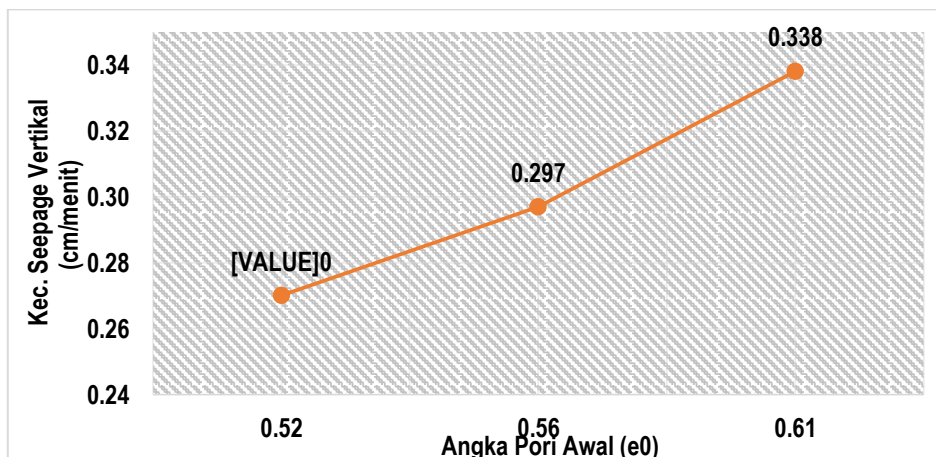


Tabel 2. Hub. Angka Pori Dengan Kec. Rembesan Pada Tanah Lempung Berpasir Berlanau

Angka Pori Awal (e_0)	Kec. Rembesan Horizontal (cm/menit)	Kec. <i>Seepage</i> Vertikal (cm/menit)
0,52	0,201	0,270
0,56	0,215	0,297
0,61	0,231	0,338



Gambar 10. Grafik Hub. Angka Pori Dengan Kec. Rembesan Horizontal Pada Tanah Lempung Berpasir Berlanau



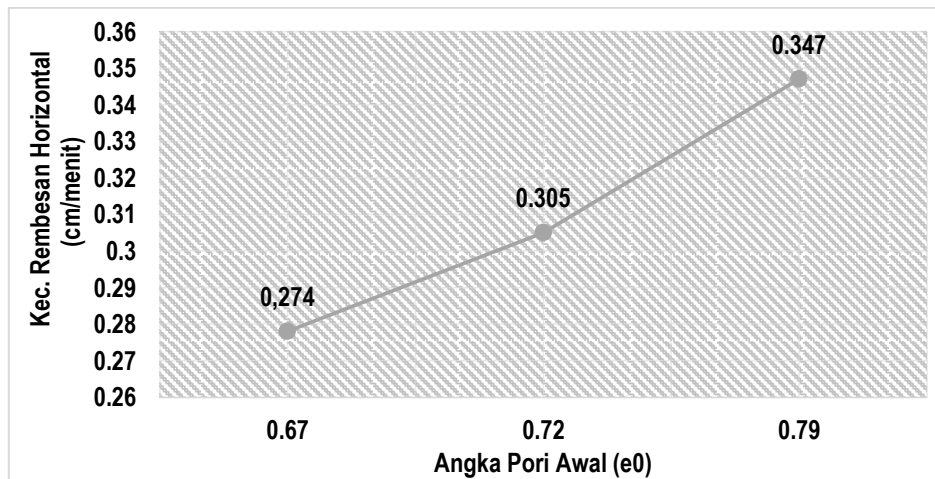
Gambar 11. Grafik Hub. Angka Pori Dengan Kec. *Seepage* Vertikal Pada Tanah Lempung Berpasir Berlanau

Tabel 3. Hub. Angka Pori Dengan Kec. Rembesan Pada Tanah Lanau Lempung Berpasir

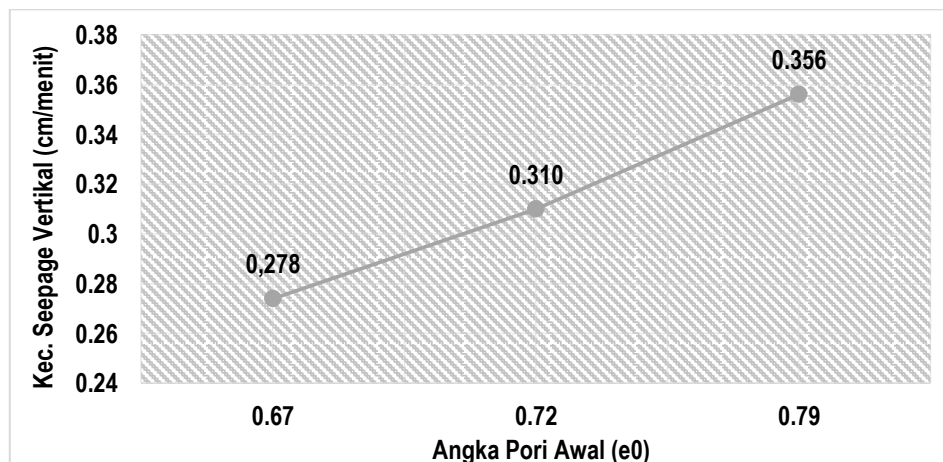
Angka Pori Awal (e_0)	Kec. Rembesan Horizontal	Kec. <i>Seepage</i> Vertikal



	(cm/menit)	(cm/menit)
0,67	0,274	0,278
0,72	0,305	0,310
0,79	0,347	0,356



Gambar 12. Grafik Hub. Angka Pori Dengan Kec. Rembesan Horizontal Pada Tanah Lanau Lempung Berpasir



Gambar 13. Grafik Hub. Angka Pori Dengan Kec. Seepage Vertikal Pada Tanah Lanau Lempung Berpasir

3.3 Pembahasan

Angka pori adalah perbandingan volume rongga (V_v) dengan volume butiran (V_s). Gradasi tanah dapat mempengaruhi secara langsung angka pori tanah, karena apabila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama, maka volume pori akan besar. Sebaliknya bila



ukuran butiran agregatnya bervariasi, akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil akan mengisi pori antara butiran yang lebih besar sehingga pori-porinya menjadi sedikit dengan kata lain kemampatannya tinggi.

Berdasarkan hasil pengamatan angka pori dan kecepatan rembesan pada 3 jenis tanah menunjukkan bahwa semakin besar angka pori maka semakin cepat rembesan aliran airnya, sebaliknya semakin kecil angka pori maka semakin lambat rembesan aliran airnya. Dalam penelitian ini tanah lempung lanau berpasir dan lempung berpasir berlanau memiliki angka pori yg lebih kecil sehingga kecepatan rembesannya menjadi lambat, sedangkan pada jenis tanah lanau lempung berpasir memiliki angka pori yang lebih besar sehingga kecepatan rembesannya lebih cepat.

Pada pengujian pertama tanah lempung lanau berpasir dengan e_0 0,47, kecepatan rembesan arah horizontal yaitu 0,181 cm/menit sedangkan arah vertikal yaitu 0,264 cm/menit. Pada pengujian kedua tanah lempung lanau berpasir dengan e_0 0,51, kecepatan rembesan arah horizontal yaitu 0,182 cm/menit sedangkan untuk arah vertikal yaitu 0,286 cm/menit. Pada pengujian ketiga untuk lempung lanau berpasir dengan e_0 0,56, kecepatan rembesan arah horizontal yaitu 0,185 cm/menit sedangkan arah vertikal yaitu 0,327 cm/menit. Pada pengujian pertama tanah lempung berpasir berlanau dengan e_0 0,52, kecepatan rembesan horizontal yaitu 0,201 cm/menit sedangkan pada arah vertikal yaitu 0,270 cm/menit. Pada pengujian kedua tanah lempung berpasir berlanau dengan e_0 0,56, kecepatan rembesan horizontal yaitu 0,215 cm/menit, sedangkan untuk arah vertikal yaitu 0,297 cm/menit. Pada pengujian ketiga tanah lempung berpasir berlanau dengan e_0 0,61, kecepatan rembesan horizontal yaitu 0,231 cm/menit, sedangkan untuk arah vertikal yaitu 0,338 cm/menit. Pada pengujian pertama tanah lanau lempung berpasir dengan e_0 0,67, kecepatan rembesan horizontal yaitu 0,278 cm/menit, sedangkan arah vertikal 0,274 cm/menit. Pada pengujian kedua lanau lempung berpasir dengan e_0 0,72, kecepatan rembesan horizontal yaitu 0,305 cm/menit, sedangkan arah vertikal yaitu 0,310 cm/menit. Pada pengujian ketiga dengan e_0 0,79 kecepatan rembesan horizontal yaitu 0,347 cm/menit sedangkan arah vertikal yaitu 0,356 cm/menit



4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. Karakteristik tanah berbutir halus mempengaruhi kecepatan rembesan aliran dalam tanah, pada pengujian tiga jenis tanah dapat disimpulkan bahwa semakin besar gradasi tanah, maka semakin cepat pula rembesan aliran air di dalam lapisan tanah.
2. Nilai angka pori awal mempengaruhi kecepatan rembesan aliran air pada tanah berbutir halus pada pengujian terhadap tiga jenis tanah dengan angka pori yang berbeda. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar angka pori (e) pada tanah maka semakin cepat rembesan aliran airnya.

4.2 Saran

Dari penelitian ini kami menyarankan dilakukan pengecekan atau perawatan secara berkala terhadap alat model, sehingga pada penelitian selanjutnya tidak ada kendala-kendala yang dapat menghambat penelitian.

Ucapan Terimakasih

Dengan segala ketulusan serta keikhlasan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada Ayahanda dan Ibunda tercinta yang telah mendukung penuh tahap pendidikan kami, Kepala Laboratorium Mekaniak Tanah Universitas Bosowa Makassar beserta staf, dan Kepala Laboratorium Mekankika Tanah Politeknik Ujung Pandang beserta seluruh staf, serta pembimbing penelitian yang telah memberikan bimbingan dan arahan sehingga terwujudnya penelitian ini. Tak lupa pula kami ucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang banyak membantu kami selama dalam melakukan penelitian ini, semoga semua jerih payah dan bantuan yang diberikan dapat bernilai ibadah di sisi Allah Swt.

Referensi

1. Arsyad, S. 2008. *Penyelamatan Air, Tanah dan Lingkungan*. Yayasan Obor Indonesia dan Crestpent Press. Jakarta Bogor.
2. Asdak, C. 2014. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
3. Bowles, J. E. 1989. *Sifat-sifat fisis dan geoteknis tanah*. Erlangga. Jakarta.
4. Bowles, J. E. Johan K. H. 1991. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika tanah)*. PT. Erlangga, Jakarta.
5. Christady, Hary Hardiyatmo. 2012. *Tanah Longsor dan Erosi*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
6. Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah (Jilid 1) Terjemahan*. Jakarta: Erlangga
7. Das, Braja, M., 1998, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid-1*, Erlangga, Jakarta



8. Hardiyatmo, Hary Christady (2002), *Mekanika Tanah 1*. Edisi-3. Gajah Mada University Press. Bulaksumur. Yogyakarta.
9. Hardjowigeno, S. 1993. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Edisi Pertama. Akademika Pressindo. Jakarta.
10. Hendarsin, Shirley L. *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Jurusan Teknik Sipil. Politeknik Negeri Bandung, Bandung. 2000.
11. Luknanto, Djoko, 2000. Aliran Air tanah, Diklat Kuliah Aliran Air Tanah, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
12. Panguriseng, Darwis. 2014. *Mekanika Tanah Dasar (1)*. Makassar: Pena Indis.
13. Sumantri, Arif 2010, Kesehatan Lingkungan, Kencana Prenada Media Group, Jakarta.
14. Suyono, S dan Takeda. 1980. Hidrologi untuk Pengairan. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
15. Wesli, Ir., 2008, *Drainase Perkotaan*, Yogyakarta: Graha Ilmu.