

ANALISIS HUBUNGAN ANTARA ANGKA PORI (e) DENGAN WAKTU KEJUT KAPILER PADA TANAH GRANULER (SIMULASI LABORATORIUM)

¹Lutfi Hair Djunur, ²Mifta Helpiani, ³Mutvainna Octaviani

¹Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar
Email: helpianimifta@gmail.com

²Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar
Email : mutvainna@gmail.com

Abstrak

Tanah adalah kumpulan butiran mineral alami (agregat) yang bisa dipisahkan secara mekanis bila agregat tersebut diaduk dalam air. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis hubungan antara angka pori dengan waktu kejut kapiler dan tinggi kejut kapiler pada tanah granuler. Metode yang digunakan adalah metode simulasi (uji laboratorium) dalam bentuk eksperimental model (*Model Experimental Research*) mengenai analisis hubungan antara angka pori (e) dengan waktu kejut kapiler pada tanah granuler (*Silty Clayey Sand*) melalui Metode Simulasi (Uji Laboratorium) yang menggunakan hujan buatan dari alat simulasi yang telah didesain khusus (*Specific Equipment*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada model alat simulasi diperoleh nilai angka pori paling kecil pada pasir halus yang mana angka pori (e) = 0,79 dan nilai waktu kejut kapiler paling besar pada pasir halus yaitu 49 cm, begitu pula dengan jenis tanah sedang halus, sedang, sedang kasar, dan kasar menunjukkan semakin besar nilai angka pori maka waktu kejut kapilernya semakin kecil. Untuk tinggi kejut kapiler nilai angka pori paling kecil pada pasir halus nilainya adalah angka pori (e) = 0,79 dan nilai tinggi kejut kapiler paling besar pada pasir halus yaitu 7 cm, begitu pula dengan jenis tanah sedang halus, sedang, sedang kasar, dan kasar menunjukkan semakin besar nilai angka pori (e) maka tinggi kejut kapilernya semakin rendah. Dari hasil analisis penelitian dapat disimpulkan bahwa besar kecilnya nilai angka pori (e) sangat mempengaruhi waktu kejut kapiler dan tinggi kejut kapiler pada tanah granuler.

Kata kunci: angka pori, tanah granuler, tinggi kejut kapiler, waktu kejut kapiler

Abstract

Soil is a collection of natural mineral grains (aggregates) that can be separated mechanically when the aggregate is stirred in water. The purpose of this study was to analyze the relationship between void ratio and capillary shock time and capillary shock height in granular soils. The method used is a simulation method (laboratory test) in the form of an experimental model (experimental research model) regarding the analysis of the relationship between void ratio (e) and capillary shock time in granular soil (Silty Clayey Sand) through the Simulation Method (Laboratory Test) using rain. Made from simulation tools that have been specifically designed (specific equipment). The results showed that the simulation tool model obtained the smallest void ratio in fine sand, where void ratio (e) = 0.79 and the largest capillary shock time value in fine sand, which was 49 cm, as well as medium fine, medium, medium coarse, and coarse indicates the greater the value of the pore number, the smaller the capillary shock time. For high capillary shock, the smallest pore number value in fine sand is void ratio (e) = 0.79 and the highest capillary shock height value in fine sand is 7 cm, as well as medium fine, medium, medium coarse, and coarse soil types show the greater the value of the pore number, the lower the capillary shock height. From the results of the research analysis, it can be concluded that the size of the void ratio (e) greatly affects the capillary shock time and the capillary shock height in granular soils.

Keywords: granular soil, void ratio, capillary shock time, capillary shock height

PENDAHULUAN

Hujan merupakan titik-titik air yang berjatuh dari udara karena proses pendinginan. Hujan terjadi karena pendinginan suhu udara atau penambahan uap air ke udara. Hal tersebut tidak lepas dari kemungkinan akan terjadi bersamaan. Turunnya hujan akibat pengaruh kelembaban udara yang memacu jumlah

titik-titik air yang terdapat pada udara. Indonesia memiliki daerah yang dilalui garis khatulistiwa dan sebagian besar daerah di Indonesia merupakan daerah tropis, walaupun demikian beberapa daerah di Indonesia memiliki intensitas hujan yang cukup besar.

Tanah terbentuk berlapis-lapis karena proses fisik, kimia dan biologi yang meliputi transformasi bahan tanah. Tanah

adalah kumpulan butiran mineral alami (agregat) yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanis bila agregat tersebut diaduk dalam air. Tanah terdiri dari tiga fase elemen yaitu : butiran padat, air, dan udara. Hubungan yang umum dipakai untuk suatu elemen tanah salah satunya adalah angka pori (e).

Angka pori sebagai perbandingan antara besarnya volume ruang kosong dan volume butir padat. Semakin besar nilai angka pori maka daya dukung tanah semakin kecil. Besar kecilnya angka pori sangat mempengaruhi tekanan kapiler pada tanah sehingga menyebabkan penurunan muka air tanah yang dinamakan kejut kapiler

Tekanan kapiler dapat timbul karena adanya tarikan lapisan tipis permukaan bagian atas. Kejadian ini disebabkan oleh adanya pertemuan antara dua jenis material yang berbeda sifatnya. Pada prinsipnya, tarikan permukaan adalah hasil perbedaan gaya tarik antara molekul - molekul pada bidang singgung pertemuan dua material yang berbeda sifatnya. Tekanan kapiler (P_c) didefinisikan sebagai perbedaan tekanan yang ada antara permukaan dua fluida yang tidak tercampur (cairan - cairan atau cairan - gas) sebagai akibat dari terjadinya pertemuan permukaan yang memisahkan mereka. Tekanan kapiler dapat timbul karena adanya tarikan lapisan tipis permukaan air sebelah atas. Kejadian ini disebabkan oleh adanya pertemuan antara dua jenis material yang berbeda sifatnya. Pada prinsipnya, tarikan permukaan adalah hasil perbedaan gaya tarik antara molekul - molekul pada bidang singgung pertemuan dua material yang berbeda sifatnya.

Jenis tanah granular dalam konsistensinya bisa dalam bentuk kerikil, pasir atau lanau. Karakteristik tanah granuler yang digambarkan oleh distribusi ukuran butiran, susunan, serta kerapatan butiran, akan sangat mempengaruhi berbagai parameter tanah seperti angka pori, porisitas, berat volume, kohesi, dan sudut geser dalam tanah. Parameter yang

sangat penting diketahui dari lapisan tanah granular adalah kerapatan relative (D_r), Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara angka pori dan waktu kejut kapiler pada tanah granular. yang mana kejadiannya memberikan kejutan karena bertolak belakang dengan adanya hujan, justru air tanah jenuh permukaannya mengalami penurunan (degradasi). Hal ini sangat urgen untuk menjadi perhatian, dalam pengembangan konsep ilmiah tentang pergerakan air kapiler pada saat-saat tertentu.

Tanah adalah kumpulan (agregat) butiran mineral alami yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat termasuk diaduk dalam air (Terzaghi dan peck, 1987). Dan yang dimaksudkan oleh para ahli geologi sebagai tanah hanyalah bagian kerak bumi yang menopang tumbuhan (Darwis 2018). Sedangkan menurut ahli pertanian bahwa yang dimaksud dengan tanah adalah medium alam tempat tumbuhnya tumbuhan dan tanaman yang tersusun dari bahan-bahan padat, gas dan cair. Tanah terdiri dari tiga fase elemen yaitu : butiran padat, air, dan udara. Hubungan yang umum dipakai untuk suatu elemen tanah salah satunya adalah angka pori (void ratio). (As Muntohar)

Pori tanah adalah bagian yang tidak terisi bahan padat tanah (terisi oleh tanah dan air). Angka pori diartikan sebagai salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kuat geser tanah pasir, jika nilai angka pori rendah maka nilai kuat geser x akan tinggi. Semakin kecil nilai angka pori maka semakin padat tanahnya.

Volume pori adalah selisih antara volume total tanah dan air dengan volume hasil yang didapatkan setelah pencampuran tanah dan air. Volume butiran padat adalah selisih antara volume tanah dengan volume pori.

Angka pori adalah perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat, yang dapat dirumuskan sebagai berikut (Darwis, 2018):

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana : e adalah angka pori
 V_v adalah volume pori
 V_s adalah volume butiran padat

Istilah kejut kapiler (capillary shock) adalah turunnya muka air tanah yang terjadi pada awal musim penghujan (beginning of rainy season) (Darwis et al., 2014). Menurut Darwis (2017), bahwa gejala kejut kapiler disebabkan meningkatnya tekanan kapiler akibat mengecilnya pori tanah pada vedose zone. Vedose zone berfungsi terutama sebagai wilayah yang menghubungkan zona di dekat permukaan tanah sehingga air tanah yang berada pada saturated zone akan terhisap (tertarik) ke lapisan tanah unsaturated, oleh karena mengecilnya pori yang kosong di dalam tanah sebagai dengan yang di dekat permukaan air, disini tempat air mengalir secara vertikal ke bawah, akibat dari terisnya air hidroskopik dari infiltrasi air hujan, maka tekanan kapiler dari lapisan tanah pada zona kapiler akan meningkat, sehingga akan menghisap air dari zona freatis. Dengan demikian permukaan air freatis akan terdegradasi, karena air yang terinfiltrasi di awal musim hujan belum sampai ke zona freatis, tetapi justru air freatis terhisap ke lapisan kapiler karena tingginya tekanan kapiler yang timbul akibat mengecilnya pori tanah pada lapisan tanah di zona funikuler dan penduler, sehingga menurunkan muka air tanah yang signifikan.

Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi milimeter (mm) diatas permukaan horizontal. Hujan juga dapat diartikan sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir (Suroso, 2006).

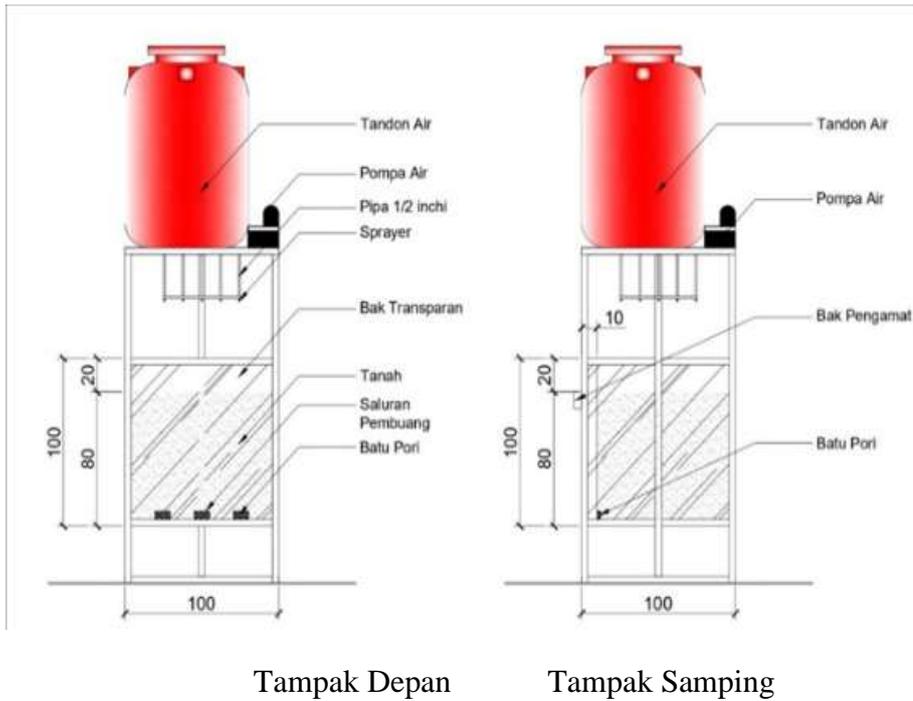
Dari penelitian sebelumnya dengan judul perbaikan tanah pada tanah granuler dengan *vibrocompaction* diperoleh hasil

yaitu metode perbaikan yang cocok untuk tanah berbutir atau tanah tak berkoheksi adalah metode pemadatan; manfaat metode pemadatan dengan teknik *vibrocompaction*, yaitu: menambah berat volume tanah dalam kondisi lembab maupun jenuh dan meningkatkan sudut geser dalam, sehingga daya dukungnya bertambah, penurunan pondasi berkurang karena meningkatnya modulus kompresibilitas yang dihasilkan dari pra-tegangang sebelum pembebanan, tahan terhadap likuifaksi bertambah ketika angka pori berkurang dan *confining pressure* bertambah. Metode pemadatan ini umumnya dilaksanakan pada tanah untuk mengurug dasar laut/reklamasi. (Dyah Pratiwi Kusumastuti, 2016). Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis hubungan antara angka pori (e) dengan waktu kejut kapiler dan tinggi kejut kapiler pada tanah granuler dimana besar kecilnya angka pori (e) sangat mempengaruhi waktu kejut kapiler dan tinggi kejut kapiler pada tanah granuler.

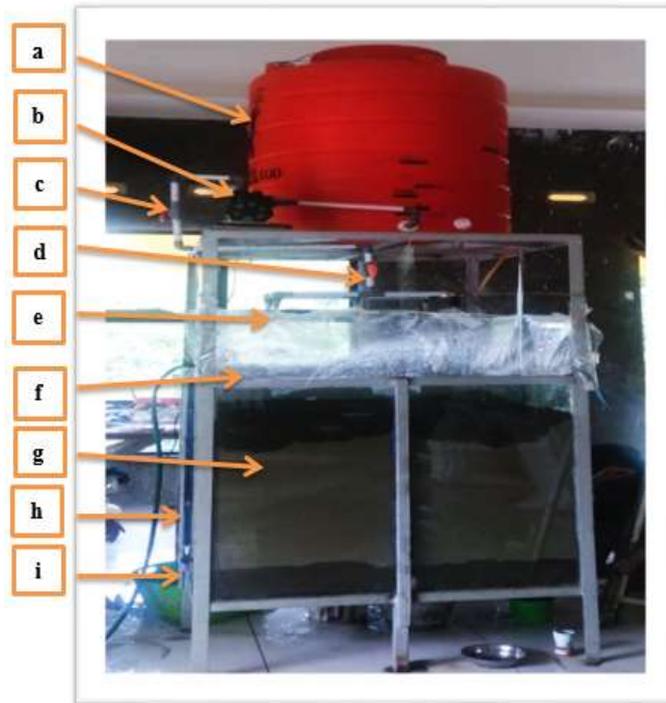
BAHAN DAN METODE

Lokasi dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan dua lokasi yaitu pengujian karakteristik tanah dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar dan pengujian model dilakukan di Desa Lonjoboko, Kecamatan Parangloe, Kabupaten Gowa. Untuk lokasi pengambilan sampel dilakukan di beberapa lokasi berbeda yaitu Sungai Barombong, Sungai Parigi, Sungai Jenelata, Bendungan Bissua, dan Bendungan Bili-Bili. Metode yang digunakan adalah metode simulasi (uji laboratorium) dalam bentuk eksperimental model (*Model Experimental Research*) mengenai analisis hubungan antara angka pori (e) dengan waktu kejut kapiler pada tanah granuler (*Silty Clayey Sand*) melalui metode Simulasi (Uji Laboratorium) yang menggunakan hujan buatan dari alat simulasi yang telah didesain khusus (*Specific Equipment*).



Gambar 1. *Sketsa Alat Model*



Gambar 2. *Foto Alat Model*

Komponen Alat Pengujian:

Bak Air Kapasitas 600 L
 Mesin Air

Keran Air
 Pipa PVC
 Sprayer yang Dilengkapi dengan Motor
 Penggerak,

Gorden Plastik
 Bak Transparan (Kaca),
 Mistar Pengukur
 Batu Pori
 Prosedur Pengujian
 Prosedur dan Pemeriksaan

Metode Pengumpulan Data

Karakteristik Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada lokasi yang sama di sungai jenelata, selanjutnya sampel dikumpulkan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Muhammadiyah Makassar untuk menguji karakteristik tanah yang ditentukan dengan pengujian analisa saringan, kemudian sampel tanah yang sesuai dikeringkan dan dijemur dibawah sinar matahari.

Kalibrasi Alat

Sebelum prosedur pengujian model simulasi hujan (*rainfall simulator*), perlu dilakukan kalibrasi alat terlebih dahulu. Alat (*rainfall*) simulasi disesuaikan dengan intensitas curah hujan yang telah ditentukan.

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini, terdiri atas: Data (*preliminary test*), yaitu angka pori awal (e_0), Pengambilan data tersebut dilakukan sebelum pemberian air genangan di dasar lapisan. Dimana, sampel tanah yang diambil sebanyak 50 ml kemudian

dihitung menggunakan rumus yang telah ditentukan. Data (*main test*), antara lain volume air semprotan, waktu kejut kapiler, dan tinggi kejut kapiler. Pengambilan data tersebut dilakukan pada saat proses penghujanan (simulasi hujan) selama satu jam, dan dihentikan setelah muka air tanah tidak berubah lagi.

Analisis Data

Data hasil pengamatan akan diolah dengan metode statistik deskriptif, baik dalam perhitungan numerik maupun dalam penggambaran fluktuasi level zona air tanah. Dari hasil pengolahan data selanjutnya akan dilakukan analisis empirik sehingga dapat dirumuskan formulasi hubungan antar parameter yang dihasilkan dari pengolahan data hasil penelitian. Korelasi parameter yang ingin dilihat dalam penelitian ini, antara lain; Hubungan antara angka pori dengan waktu kejut kapiler yang diamati sesaat setelah dihujani sampai mencapai kondisi stabil. Hubungan angka pori dengan tinggi kejut kapiler yang diamati sesaat setelah dihujani sampai mencapai kondisi stabil.

HASIL

Dari hasil pengamatan sampel tanah dengan uji analisa saringan didapatkan hasil klasifikasi pasir halus, pasir sedang halus, pasir sedang, pasir sedang kasar, dan pasir kasar. Dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 1. Hasil Rekapitulasi Analisa Saringan (Hasil Analisis Peneliti, 2021)

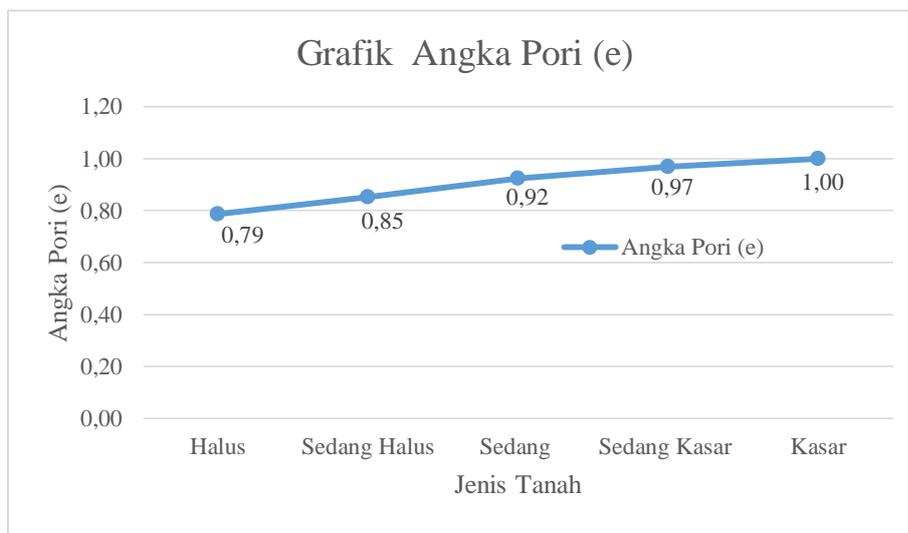
No	Tempat Pengambilan Sampel	Jenis Sampel	Hasil Rekapitulasi		
			Kasar	Sedang	Halus
1	Sungai Barombong	Halus	2,9 %	7,9 %	89,2%
2	Sungai Parigi	Sedang halus	5,6 %	61,1 %	32,3 %
3	Sungai Jenelata	Sedang	0,5 %	75,0 %	23,5 %
4	Bendungan Bissua	Sedang Kasar	50,7 %	43,4 %	9,9 %
5	Bendungan Bili-bili	Kasar	53,7 %	41,5 %	4,2 %

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai angka pori sangat berpengaruh terhadap waktu kejut kapiler dan tinggi kejut kapiler pada jenis tanah granuler, dimana semakin halus jenis tanah granuler yang diuji maka semakin rapat pori suatu

tanah, sehingga waktu dan tinggi kejut kapiler pada tanah sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya nilai angka pori yang terjadi pada jenis tanah granuler. Hasil penelitian dapat dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini ;

Tabel 2 hasil pengamatan angka pori (e) pada 5 jenis tanah (Hasil Analisis Peneliti, 2021)

Jenis tanah	Angka pori (e)
Halus	0,79
Halus sedang	0,85
Sedang	0,92
Kasar sedang	0,97
Kasar	1,00

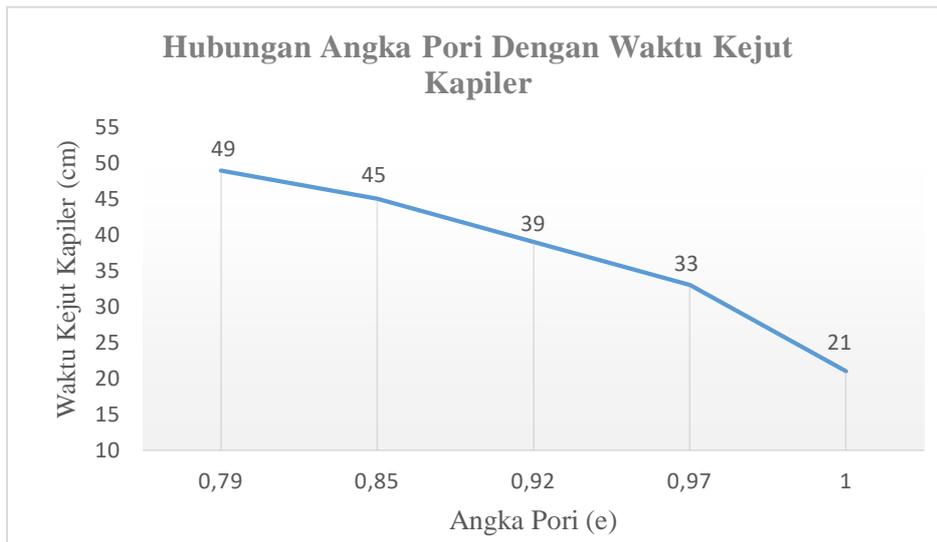


Gambar 1. Grafik hasil pengamatan angka pori (Hasil Analisis Penelitian, 2021)

Hubungan Angka Pori dengan Waktu Kejut Kapiler

Tabel 3. Hubungan Angka Pori dengan waktu kejut kapiler (Hasil Analisis Penelitian, 2021)

Jenis Tanah	Angka Pori (e)	Waktu Kejut Kapiler (cm)
Halus	0,79	49
Sedang Halus	0,85	45
Sedang	0,92	39
Sedang Kasar	0,97	33
Kasar	1,00	21

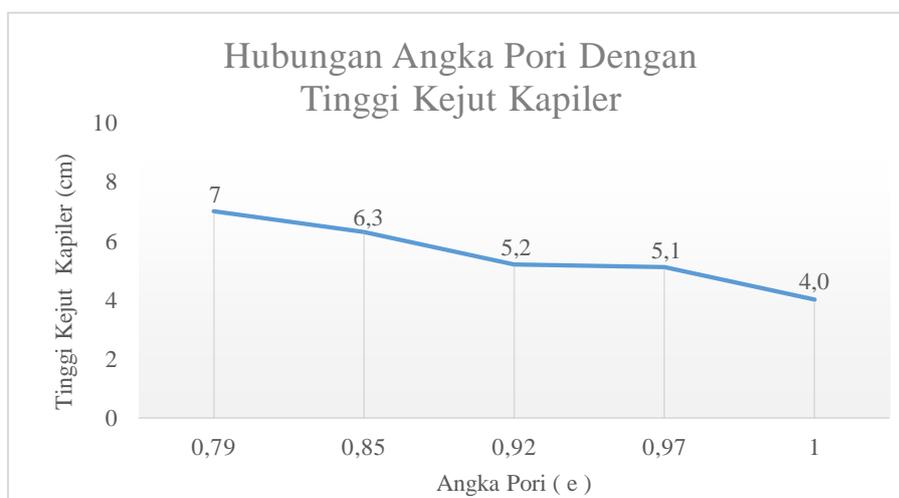


Gambar 2. Grafik Hubungan Angka Pori (e) dengan Waktu Kejut Kapiler (Hasil Analisis Penelitian, 2021)

Hubungan Angka Pori (e) dengan Tinggi Kejut Kapiler

Tabel 4. Hubungan Angka Pori (e) dengan tinggi kejut kapiler (Hasil Analisis Penelitian, 2021)

Jenis Tanah	Angka Pori (e)	Tinggi Kejut Kapiler (cm)
Halus	0,79	7
sedang halus	0,85	6,3
Sedang	0,92	5,2
kasar sedang	0,97	5,1
Kasar	1,00	4,0



Gambar 3. Grafik Hubungan Angka Pori (e) dengan Tinggi Kejut Kapiler (Hasil Analisis Penelitian, 2021)

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan sampel tanah dengan uji analisa saringan dapat dilihat pada **tabel 1** di atas. Menunjukkan, Sungai Barombong jenis sampelnya dikategorikan sebagai pasir halus. Dimana, nilai persentase yang didapatkan pada pasir kasar = 2,9%, pasir sedang = 7,9%, pasir halus = 89,2%. Sungai Parigi dikategorikan sebagai pasir sedang halus dimana nilai persentase yang didapatkan pasir kasar = 5,6%, pasir sedang = 61,1%, pasir halus = 32,3%. Sungai Jenelata dikategorikan sebagai pasir sedang di mana nilai yang didapatkan pasir kasar = 0,5%, pasir sedang = 75,0%, pasir halus = 23,5%. Bendungan Bissua dikategorikan sebagai pasir sedang kasar dimana nilai persentase yang didapatkan pasir kasar = 50,7%, pasir sedang = 43,4%, pasir halus = 9,9%, dan Bendungan Bili-Bili dikategorikan sebagai pasir kasar dimana nilai persentase yang didapatkan pasir kasar = 53,7%, pasir sedang = 41,5%, pasir halus = 4,2%.

Pada **table 2** dan **gambar 1** diatas menunjukkan bahwa nilai angka pori (e) yang diperoleh dari hasil pengujian yaitu pasir halus = 0,79 ; pasir sedang halus = 0,85 ; pasir sedang = 0,92 ; pasir sedang kasar = 0,97 ; pasir kasar = 1,00. Sehingga, dapat dinyatakan bahwa semakin halus jenis pasir yang diuji. Maka, semakin rapat pori suatu tanah. Sebaliknya semakin kasar jenis pasir yang diuji. Maka semakin renggang pori suatu tanah.

Pada **tabel 3** dan **gambar 2** dapat dinyatakan bahwa semakin kecil angka pori (e) tanah. Maka, semakin lama pula terjadinya waktu kejut kapiler. Semakin besar angka pori (e) tanah. Maka, semakin cepat terjadinya waktu kejut kapiler. Pada model alat simulasi menunjukkan nilai angka pori (e) paling kecil pada pasir halus yang mana angka pori (e) = 0,79 dan nilai waktu kejut kapiler paling besar pada pasir halus yaitu 49 cm, begitu pula dengan

jenis tanah sedang halus, sedang, sedang kasar, dan kasar menunjukkan semakin besar nilai angka pori (e). Maka, waktu kejut kapilernya semakin kecil.

Pada **tabel 4** dan **gambar 3** dapat dinyatakan bahwa semakin kecil angka pori (e) tanah. Maka, kejut kapilernya akan semakin tinggi. Semakin besar angka pori (e) tanah. Maka, kejut kapilernya akan semakin rendah. Pada model alat simulasi menunjukkan nilai angka pori (e) paling kecil pada pasir halus yang mana nilainya adalah angka pori (e) = 0,79 dan nilai tinggi kejut kapiler paling besar pada pasir halus yaitu 7 cm, begitu pula dengan jenis tanah sedang halus, sedang, sedang kasar, dan kasar menunjukkan semakin besar nilai angka pori (e). Maka tinggi kejut kapilernya semakin rendah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Cepat lambatnya waktu kejut kapiler yang terjadi pada tanah sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya angka pori (e). Semakin kecil nilai angka pori (e) suatu tanah maka waktu kejut kapiler yang terjadi akan semakin lama, sebaliknya semakin besar nilai angka pori (e) suatu tanah maka semakin cepat pula waktu kejut kapiler yang terjadi. Tinggi kejut kapiler yang terjadi pada tanah granuler dipengaruhi oleh besar kecilnya angka pori (e), semakin halus jenis pasir yang diujani maka semakin tinggi kejut kapilernya, dan sebaliknya semakin kasar jenis pasir yang diujani maka semakin rendah kejut kapilernya.

Dalam penelitian ini dilakukan simulasi *rainfall* dimana alat yang digunakan terbuat dari kaca bening setebal 12 mm, disarankan untuk tidak memakai dinding alat yang terbuat dari kaca karena rentan pecah, sebaiknya memakai alas dan dinding yang terbuat dari fiber dan berukuran lebih tebal. Dalam penelitian ini digunakan intensitas curah hujan I_5 dengan menggunakan jenis tanah yang berbeda, untuk mengetahui terjadi atau tidaknya

fenomena kejut kapiler, disarankan pada penelitian selanjutnya menghasilkan solusi tentang fenomena kejut kapiler yang lebih intensif. Untuk pengukuran angka pori sebaiknya sampel yang digunakan di ambil langsung dari lokasi asli. Hasil penelitian kejut kapiler di laboratorium akan berbeda dengan hasil uji kejut kapiler di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andi alfian nur dan Nita anugrah jupriadi, 2019. *Analisis Tingkat Kejut Kapiler Muka Air Tanah Pada Tanah Lanau Berlempung Berpasir (Sandy Clayey Silt) dengan Metode Simulasi (Uji Laboratorium)*.
- Darwis et al, 2014. *Pengaruh Jumlah Bambu - Rongga Sebagai Alat Pengimbuh Terhadap Durasi Kejut Kapiler dan Waktu Pemulihan Muka Air Tanah Pada Periode Awal Musim Penghujan*.
- Darwis, 2018. *Dasar-Dasar Mekanika Tanah*. Yogyakarta. Pena Indis.
- Darwis, 2018. *Kejut Kapiler Pengaruh Jumlah Bambu - Rongga Sebagai Alat Pengimbuh Terhadap Durasi Kejut Kapiler dan Waktu Pemulihan Muka Air Tanah Pada Periode Awal Musim Penghujan*.
- Darwis, H. *Dasar-dasar Teknik Perbaikan Tanah*. Yogyakarta: Pustaka AQ (2017). *Karakteristik tanah granuler*.
- Kusumastuti Dyah Pratiwi, 2016. *Perbaikan Tanah Pada Tanah granuler dengan Vibrocompaction*.
- Muntohar, A.S. (2009). *Mekanika Tanah*. Yogyakarta: LP3M UMY.
- Suroso. 2006. *Analisis Curah Hujan untuk Membuat Kurva Intensity Duration Frequency (IDF) di Kawasan Rawan Banjir Kabupaten Banyumas*. *Jurnal Teknik Sipil Vol. 3*.
- Terzaghi, K., Peck, R. B. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Penerbit Erlangga, Jakarta.