

# Studi Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Porositas dan Konduktivitas Hidrolik Batupasir dan Batulempung (*Study of The Effect of Grain Size on Porosity and Hydraulic Conductivity of Sandstone and Claystone*)

Fadhlan Masdari\*, Shalaho Dina Devy, Agus Winarno, Windhu Nugroho, Henny Magdalena

Program Studi SI Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman<sup>1</sup>  
Fadhlanmasdari.fm@gmail.com

## Abstrak

Porositas dan konduktivitas hidrolik berhubungan langsung dengan aktivitas penambangan, di antaranya pembuatan jalan tambang (*ramp*) pada front area penambangan. Proses penambangan yang menyebabkan pori-pori tanah semakin kecil (ruang pori berkurang) sehingga porositas mengecil disebabkan pengaruh ukuran butir. Untuk mengetahui pengaruh ukuran butir terhadap porositas batupasir dan batulempung serta pengaruhnya juga klasifikasi nilai porositas dan konduktivitas hidrolik batupasir dan batulempung ini, metode yang digunakan ialah analisis ukuran butir untuk mengetahui besarnya ukuran butir dan jenis batuan menggunakan skala Wentworth (1992) kemudian pada analisis porositas menggunakan pengujian sifat fisik, dilakukan untuk mencari nilai yang berpengaruh terhadap kekuatan batuan seperti *natural density*, *dry density*, *saturated density*, *apparent specific gravity*, *true specific gravity*, *specific gravity*, *natural water content*, *saturated water content*, derajat kejenuhan, porositas dan *void ratio* (Arif, 2016). Pada ada analisis konduktivitas hidrolik digunakan alat permeameter untuk mengetahui kecepatan air dalam satuan (meter/detik) dari sampel batupasir dan batulempung dengan jumlah 10 sampel berbentuk *coring*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai ukuran butir batupasir adalah 1/8 atau 0,125 mm sedangkan batulempung adalah 1/256 atau 0,003 mm. Analisis porositas yang dilakukan pada sampel daerah penelitian menunjukkan persentase rata-rata 87,44 % untuk sampel batupasir dan 77,95 % untuk batulempung. Sedangkan dari hasil uji konduktivitas hidrolik batupasir didapatkan hasil  $5,71 \times 10^{-9}$  meter/detik dan  $5,74 \times 10^{-9}$  meter/detik.

**Kata Kunci:** Ukuran Butir, Porositas, Konduktivitas Hidrolik, Batupasir, Batulempung

## Abstract

*Porosity and hydraulic conductivity are directly related to mining activities, including the construction of a mineramp on the front of the mining area. The mining process causes the soil pores to get smaller (reduced pore space) so that the porosity decreases due to the influence of grain size. To determine the effect of grain size on the porosity of sandstones and claystones as well as its influence on the classification of porosity and hydraulic conductivity values of sandstones and claystones, the method used is grain size analysis to determine the size of grains and rock types using the Wentworth scale (1992) then porosity analysis using the Wentworth (1992) scale. Physical property testing is carried out to find values that affect rock strength such as natural density, dry density, saturated density, apparent specific gravity, true specific gravity, specific gravity, natural water content, saturated water content, degree of saturation, porosity and void ratio (Arif, 2016). In the hydraulic conductivity analysis, a permeameter was used to determine the water velocity in units (meters/second) of sandstone and claystone samples with a total of 10 coring.*

*The results showed that the value of the grain size of the sandstone was 1/8 or 0.125 mm while the claystone was 1/256 or 0.003 mm. Porosity analysis performed on the sample of the study area showed an average percentage of 87.44% for the sandstone sample and 77.95% for the claystone. Meanwhile, from the results of the hydraulic conductivity of sandstone, the results were  $5.71 \times 10^{-9}$  meters/second and  $5.74 \times 10^{-9}$  meters/second.*

**Keywords:** Grain Size, Porosity, Hydraulic Conductivity, Sandstone, Claystone

## PENDAHULUAN

Porositas dan konduktivitas hidrolis berhubungan langsung dengan aktivitas penambangan, diantaranya pembuatan jalan tambang (*ramp*) pada *front area* penambangan. Proses penambangan yang menyebabkan pori-pori tanah semakin kecil (ruang pori berkurang) sehingga porositas kecil yang menyebabkan aerasi tanah tidak baik dan pada akhirnya akan menyulitkan pertumbuhan akar tanaman. Pada penelitian ini, batuan yang digunakan sebagai sampel adalah batupasir dan batulempung. Batupasir merupakan salah satu dari batuan sedimen klastik yang mempunyai porositas cukup baik dan biasanya berfungsi sebagai reservoir atau akuifer, sedangkan butirannya yang dominan berukuran pasir. Batulempung bersifat *impermeabel* kedap air, sehingga air yang sampai dipermukaan batulempung tidak akan diteruskan lagi ke lapisan dibawahnya, akibatnya aturan yang berada diatasnya akan mudah jenuh sehingga terjadi gerakan tanah longsor (Santoso, 2002).

Kaitanya dengan aktivitas penambangan yaitu proses eksplorasi awal penambangan dimana ukuran butir, porositas dan konduktivitas hidrolis menjadi penentu besar kecilnya cadangan fluida. Selain itu, variabel ukuran butir, porositas dan konduktivitas hidrolis nilainya dibutuhkan untuk menganalisis lereng pada tambang, jalan tambang dan lokasi *coal getting*. Penelitian ini juga dibuat untuk mengetahui seberapa besar batuan yang dapat meloloskan fluida dan menghindari tidak maksimalnya kegiatan eksplorasi sehingga data yang dihasilkan dalam kegiatan eksplorasi akurat serta untuk mengetahui seberapa besar variabel ukuran butir berpengaruh terhadap porositas batupasir dan batulempung, ukuran butir dengan konduktivitas hidrolis batupasir dan batulempung, serta klasifikasi nilai porositas dan konduktivitas hidrolis batupasir dan batulempung berdasarkan tabel klasifikasi masing-masing variabel uji.

## METODOLOGI

### Metode Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu data primer yang berupa nilai nilai ukuran butir menggunakan skala *wentworth*, nilai uji porositas dan nilai uji konduktivitas batuan yang menggunakan sampel uji berbentuk *coring*.

. Pengambilan data primer dilakukan dengan mengambil sampel batuan langsung di lapangan yang kemudian diuji menggunakan metode masing-masing. Hasil pengujian sampel pada masing-masing metode pengujian akan digunakan sebagai variabel untuk mencari nilai klasifikasi uji ukuran butir, porositas dan konduktivitas hidrolis.

### Standar Pengujian

Standar pengujian yang digunakan pada uji ukuran butir adalah skala *wentworth*, pada uji porositas digunakan rumus sifat fisik (Arif, 2016) dan pada uji konduktivitas hidrolis digunakan standar pengujian ASTM D 2434 (2000).

### Metode Analisis Data

Data-data yang sudah terkumpul akan diolah dan dianalisis dengan software komputasi.

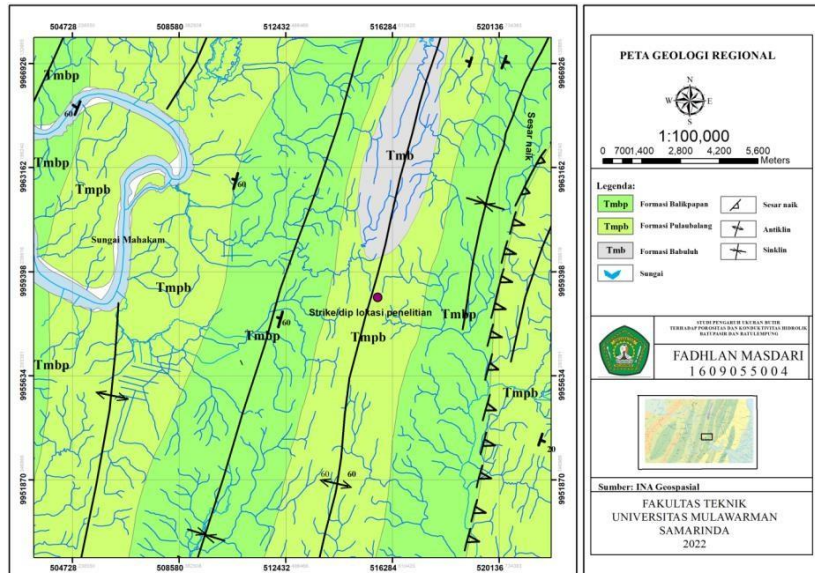
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di daerah penambangan batupasir di Samarinda, Jl DI. Panjaitan, Mugirejo, Kec. Sungai Pinang (117°8'20,33" E 0°27'3,314" S), yang terletak pada Kecamatan Sungai Pinang, Provinsi Kalimantan Timur. yang dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan hasil digitasi peta yang merujuk pada Peta Geologi Lembar Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur milik Supriyatna, dkk. (1995), lokasi penelitian terdapat dalam Formasi Pulau Balang. Formasi Pulau Balang berumur Miosen Tengah– Miosen Akhir bagian tengah Formasi ini terdiri dari perselingan batupasir kuarsa dengan sisipan batugamping, lanau, batubara dan serpih (Sukardi & Rustandi, 1995). Pada lingkungan pengendapan darat hingga laut dangkal, Formasi Pulau Balang (Tmpb) memiliki jenis batuan (litologi) berupa perselingan batupasir greywacke dan batupasir kuarsa sisipan batugamping, batulempung, batubara, dan tufa dasit. Pada formasi ini dijumpai batupasir greywacke berwarna kelabu kehijauan, padat, berketebalan lapisan antara 50 - 100 cm. Pada formasi ini juga dijumpai batupasir kuarsa berwarna kelabu kemerahan, pada formasi ini tufan dan gampingan berketebalan lapisan 15 – 60 cm, batugamping berwarna coklat muda kekuningan, mengandung foraminifera besar. Batugamping ini terdapat sebagai sisipan atau lensa dalam batupasir kuarsa, berketebalan lapisan 10 - 40 cm. Formasi Pulau Balang menunjukkan umur Miosen Tengah dengan lingkungan pengendapan di laut dangkal. Batulempung berwarna

kelabu kehitaman, tebal lapisan 1 - 2 cm, berselingan dengan batubara, ketebalan lapisan ada yang mencapai 4 m. Tufa dasit, berwarna putih merupakan sisipan dalam batupasir kuarsa. Struktur yang berkembang pada geologi regional daerah penelitian adalah sinklin, yaitu lipatan yang kedua sayapnya mempunyai arah kemiringan yang saling mendekat. Antiklin, lipatan yang kedua sayapnya mempunyai arah kemiringan yang saling menjauh (Balfas, 2015). Sesar naik, adalah bidang yang sudut kemiringannya relatif kecil. Endapan umumnya berkembang pada Formasi Pulau Balang dan Formasi Balikpapan (Anonim, 2018).



**Gambar 1.** Geologi Regional Daerah Penelitian (Geospasial & Supriatna dkk, 1995)



(117°8'20,33" E 0°27'3,314" S)

**Gambar 2.** Lokasi Penelitian

### Analisis Ukuran Butir

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Masdari (2022), hasil uji ukuran butir menggunakan skalawentworth, didapatkan hasil pengamatan dengan alat komparator batuan dimana sampel batupasir dan batulempung menghasilkan masing-masing ukuran butir yang berbeda. Analisis yang dilakukan menggunakan alat komparator batuan pada sampel batupasir dan batulempug dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Analisis yang dilakukan menggunakan alat komparator batuan pada Gambar 2, batupasir tergolong batupasir sangat halus dengan nilai ukuran butir sebesar 1/8 mm atau 0,125 mm. Hasil analisis ukuran butir

menggunakan metode skala wentworth, sampel batupasir dianalisis langsung dilapangan (*in situ*). Pemilahan (*sorting*) adalah cara penyebaran berbagai macam besar butir. Dengan demikian rongga yang terdapat diantara butiran besar akan diisi butiran yang lebih kecil lagi sehingga porositasnya berkurang (Koesomadinata, 1978).



Gambar 3. Ukuran Butir Batupasir (Masdari, 2022)



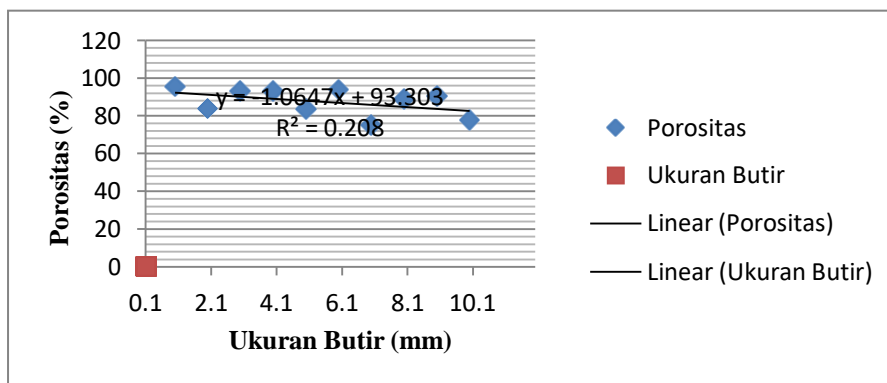
Gambar 4. Ukuran Butir Batulempug (Masdari, 2022)

Pada sampel kedua yaitu batulempug, dilakukan pengamatan yang sama dengan menggunakan metode skala *wentworth* langsung dilapangan (*in situ*). Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan menggunakan skala *wentworth*, hasil dari pengamatan menunjukkan batulempug memiliki ukuran butir 1/256 mm atau 0,003 mm dapat dilihat pada Gambar 4

**Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Porositas**

Berdasarkan uji yang dilakukan terhadap 10 sampel batupasir yang berbentuk *coring* dengan kode sampel BP 01 – BP 10, Dari hasil korelasi nilai ukuran butir batupasir dan nilai porositas batupasir pada Gambar 5, ukuran butir dan porositas batupasir memiliki hubungan pengaruh terhadap satu sama lain. Terlihat dari koefisien nilai  $r = 0,208$  yang menunjukkan adanya keterkaitan antar dua variabel.

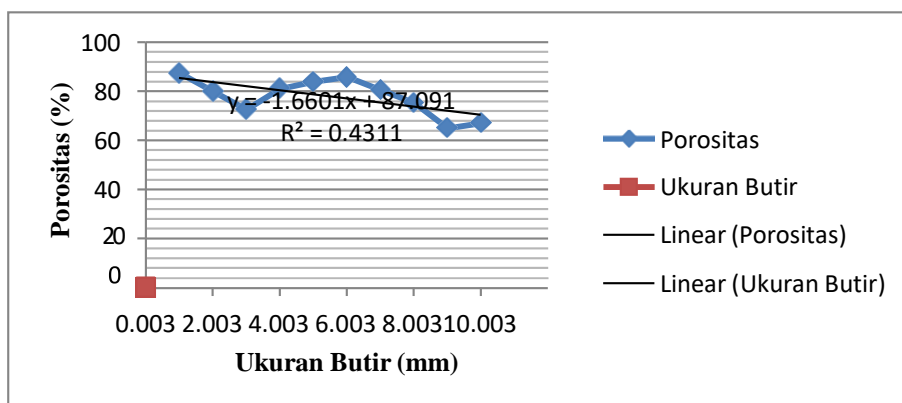
Porositas adalah kemampuan untuk menyerap fluida pada batuan formasi atau ruang-ruang yang terisi oleh fluida diantara zat-zat atau mineral pada suatu batuan (Nurwidyanto, 2005).



Gambar 5. Ukuran Butir dan Porositas Batupasir

Berdasarkan uji ukuran butir menggunakan komparator batuan yang dilakukan pada sampel batulempung dengan kode sampel BL 01 – BL 10 didapatkan hasil 0,003 mm. Sedangkan untuk nilai porositas rata-rata dari 10 sampel *coring* batulempung adalah sebesar 77,95 %.

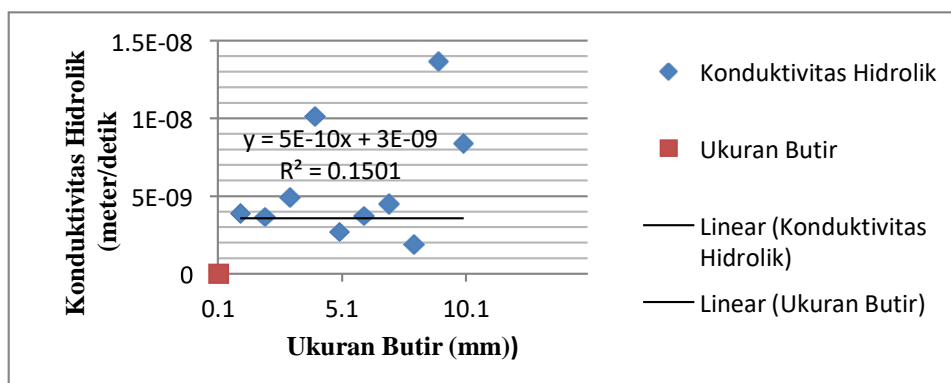
Hasil analisis menunjukkan hubungan ukuran butir terhadap porositas batulempung adalah linier. Gambar 6 memperlihatkan grafik hubungan antara ukuran butir dan porositas batulempung. Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai  $r = 0,208$  yang menunjukkan adanya keterkaitan antara ukuran butir dan porositas.



Gambar 6. Ukuran Butir dan Porositas Batulempung

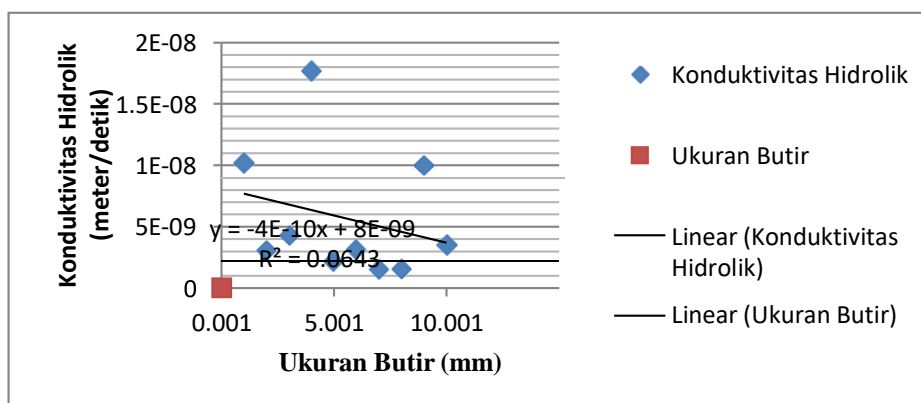
### Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Konduktivitas Hidrolik

Dua variabel yaitu ukuran butir dan konduktivitas hidrolik diwujudkan dalam grafik untuk melihat korelasi atau hubungan dari ukuran butir dan konduktivitas hidrolik batuan. Ukuran butir batupasir dengan nilai 0,125 mm di korelasikan dengan rata-rata nilai konduktivitas hidrolik batupasir dengan nilai  $5,71 \times 10^{-9}$  m/detik. Gambar 7 menunjukkan adanya pengaruh dekat antara ukuran butir dan konduktivitas hidrolik. Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai  $r = 0,150$  yang menunjukkan adanya keterkaitan antara ukuran butir dan konduktivitas hidrolik. Konduktivitas hidrolik merupakan suatu kemampuan batuan untuk mengalirkan airtanah pada kecepatan tertentu (Darcy, 1856).



Gambar 7. Ukuran Butir dan Konduktivitas Hidrolik Batupasir

Kedua sampel kemudian di wujudkan dalam bentuk grafik dua variabel untuk melihat korelasi atau hubungan dari ukuran butir dan konduktivitas hidrolik batuan. Ukuran butir batupasir dengan nilai 0,003 mm di korelasikan dengan rata-rata nilai konduktivitas hidrolik batupasir dengan nilai  $5,74 \times 10^{-9}$  m/detik. (Gambar 4.5) menunjukkan adanya pengaruh dekat antara ukuran butir dan konduktivitas hidrolik. Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai  $r = 0,064$  yang menunjukkan adanya keterkaitan antara ukuran butir dan konduktivitas hidrolik.

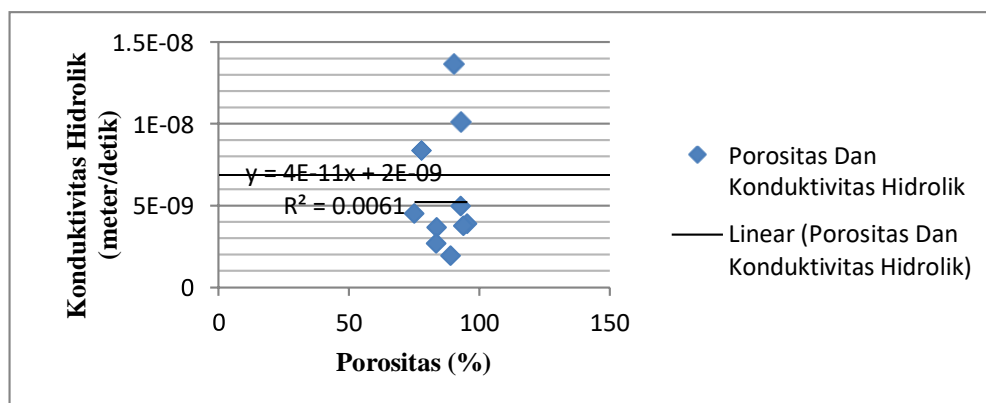


Gambar 8. Ukuran Butir dan Konduktivitas Hidrolik Batulempung

#### Pengaruh Porositas dan Konduktivitas Hidrolik

Hasil pengujian sampel yang dilakukan di Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman menunjukkan hasil bahwa porositas dan konduktivitas hidrolik memiliki hubungan yang linier. Dari sampel batupasir dan batulempung dengan kode sampel BP 01 – BP 10 untuk batupasir, dan BL 01 – BL 10 untuk batulempung.

Berdasarkan hasil dari uji porositas dan konduktivitas hidrolik batupasir, dibuat grafik Gambar 9 tentang hubungan antara porositas dan konduktivitas hidrolik pada batupasir. Data yang digunakan adalah nilai rata-rata dari porositas dan konduktivitas hidrolik batupasir. Rata-rata persentase porositas batupasir adalah 87,447 % sedangkan rata-rata nilai konduktivitas batupasir adalah  $5,71 \times 10^{-9}$  m/detik.



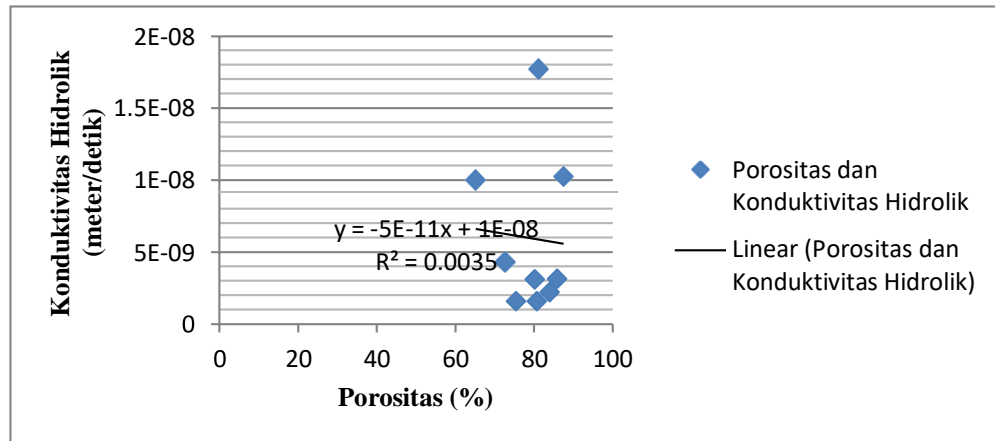
Gambar 9. Porositas dan Konduktivitas Hidrolik Batupasir

Uji konduktivitas hidrolik batulempung dilakukan pada 10 sampel coring batulempung, hasilnya menunjukkan bahwa nilai konduktivitas hidrolik terendah adalah sampel dengan kode BL 04 dengan  $1,01 \times 10^{-8}$  m/detik, sedangkan untuk nilai konduktivitas hidrolik tertinggi pada sampel BL 10 dengan nilai  $8,35 \times 10^{-9}$  m/detik. Berdasarkan 10 sampel batupasir yang diuji, nilai rata-rata konduktivitas hidrolik dari 10 sampel batulempung adalah  $5,74 \times 10^{-9}$  m/detik.

Berdasarkan hasil dari uji porositas dan konduktivitas hidrolik batupasir (Tabel 4.6), dibuat grafik tentang hubungan antara porositas dan konduktivitas hidrolik pada batulempung (Gambar 4.8). Data yang digunakan adalah nilai rata-rata dari porositas dan konduktivitas hidrolik batulempung. Rata-rata persentase



porositas batulempung adalah 77,958 % sedangkan rata-rata nilai konduktivitas hidrolik batulempung adalah  $5,74 \times 10^{-9}$  m/detik.



Gambar 10. Porositas dan Konduktivitas Hidrolik Batulempung

### KESIMPULAN

Ukuran butir sampel batupasir adalah 0,125 mm dan nilai porositas rata-ratanya 87,44 %, sedangkan sampel batulempung nilai ukuran butirnya 0,003 mm dan porositas rata-ratanya 77,95 lebih kecil dibandingkan batupasir. Hasil dari uji menunjukkan bahwa nilai konduktivitas hidrolik batupasir adalah 5,71

$\times 10^{-9}$  meter/detik sementara nilai konduktivitas hidrolik batulempung adalah  $5,74 \times 10^{-9}$  m/detik, menunjukkan bahwa kecepatan batupasir meloloskan air lebih baik daripada batulempung dan ukuran butir berpengaruh pada nilai konduktivitas hidrolik batuan. Klasifikasi porositas batupasir daerah penelitian tergolong sangat baik dan konduktivitas hidroliknya sesuai dengan klasifikasi kisaran konduktivitas hidrolik, sedangkan sampel batulempung daerah penelitian juga menunjukkan klasifikasi sangat baik dengan konduktivitas hidrolik sesuai dengan kisaran konduktivitas hidrolik.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penelitian ini, baik secara langsung maupun tidak langsung, orang tua, dosen pembimbing, dosen penguji, teman-teman terkasih dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2016. Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dan Peta Kontur. Badan Informasi Geospasial (BIG). Bogor.
- Arif, Irwandy. 2016. Geoteknik Tambang. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Ariani ASTM D 2434, 2000. *Standard Test Method for Permeability of Granular Soil (Constant Head)*.
- Balfas, M. D. 2015. Geologi Untuk Pertambangan Umum Cetakan Pertama. Graha Ilmu, Yogyakarta. Hal103. ISBN: 978-602-262-395-3.
- Darcy, H., 1856. *Les Fontaines Publiques de la Ville De Dijon*, Dalmont, Paris.
- Koesoemadinata, R. P. 1978. Geologi Minyak Bumi. Bandung. Penerbit ITB.
- Nurwidyanto, M. Irham. 2005. Estimasi Hubungan Porositas dan Permeabilitas Pada Batupasir. *Berkala Fisika* Vol. 8, No. 3, 87-88.
- Santoso, Budy. 2020. Identifikasi Bidang Gelincir Berdasarkan Parameter Fisika Batuan (Studi Kasus: Daerah Rawan Longsor di Jalan Kereta Api KM 110 Purwakarta) *JIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)* Vol. 04 No. 02 (2020): 123-130.

- Supriatna, Sukardi S dan Rustandi E. 1995. Peta Geologi Lembar Samarinda, Kalimantan. Bandung, JawaBarat. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi: 2005.
- Wentworth, C.K., 1922. *The Journal of Geology: A Scale of Grade and Class Terms for Clastics Sediments*.  
*Journal, Iowa: University of Iowa.*