

KECEPATAN ALIRAN AIR TANAH PADA SUMUR PANTAU MENGUNAKAN *PAPER DISC VELOCIMETER*

Roza Wahyuni¹⁾, Rinaldi²⁾, Sigit Sutikno³⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru 28293

Email : roza.wahyuni@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Paper disc velocimeter is a device used as a gauge groundwater flow movement which includes the velocity and direction of water flow in media. Paper disc velocimeter is a measurement of groundwater flow originating from Japan, therefore for use in Indonesia there are several obstacles such as the type of paper and ink used that are not available in Indonesia, therefore replacing paper and local ink is easily obtained. The aim of this research is to test a large number of local papers in Pekanbaru to be applied to groundwater flow measuring devices using local papers materials, replacement is carried out by replacing paper types with paper in Pekanbaru, paper used totaling 3 types of paper characteristics, testing is done by conducting measurement using a velocimeter paper disc inserted into the monitoring well with a predetermined time. The test results are the equation used to find the groundwater flow velocity on the paper disc. Paper one has the characteristics of fine fibers, having velocity ranging from 0 to 0,341 cm/minute.

Keyword: Paper disc velocimeter, groundwater, material local

PENDAHULUAN

Paper disc velocimeter merupakan alat yang digunakan sebagai pengukur pergerakan aliran air tanah yang meliputi kecepatan dan arah aliran air pada suatu media. Alat ukur aliran air tersebut di patenkan oleh Prof. Koichi Yamamoto. Paper disc velocimeter memiliki 3 komponen penyusun yaitu busa yang digunakan sebagai simulasi tanah, paper disc dan tinta, dan kerangka yang merupakan tempat menyusun busa dan paper disc. Prinsip kerja paper disc velocimeter terdapat pada titik yang terdapat di tengah paper disc. Penyebaran tinta yang terdapat pada paper disc menunjukkan arah serta kecepatan aliran air tanah. Paper disc

velocimeter merupakan alat ukur aliran air tanah yang berasal dari Jepang oleh sebab itu untuk penggunaan di Indonesia terdapat beberapa hambatan seperti jenis kertas dan tinta yang digunakan tidak terdapat di Indonesia, oleh sebab itu dilakukan penggantian kertas dan tinta lokal yang mudah didapatkan.

Kertas dikenal sebagai media utama untuk menulis, mencetak serta melukis dan banyak kegunaan lain yang dapat dilakukan dengan kertas misalnya pembersih dan lainnya. Secara umum kertas dibedakan menjadi dua golongan, yaitu kertas budaya dan kertas industri. Kertas budaya meliputi kertas cetak dan kertas tulis, kertas cetak dan kertas tulis memiliki beberapa jenis kertas

antara lain kertas kitab, buku, Bristol, cover, kertas *duplicating*, Koran kertas cetak, kertas amplop, dan lain-lain. Kertas industri meliputi kertas kantong, kertas minyak kertas bangunan, dan lain-lain. Propertis kertas yang perlu diperhatikan adalah kuat Tarik dan daya serap air. Daya serap air dinyatakan sebagai kuantitas air yang diserap oleh kertas dalam waktu dan kondisi lingkungan (Lumbantu, 2008).

Tinta harus memiliki beberapa sifat yaitu kerapatan, tegangan permukaan dan viskositas. Tinta yang memiliki kerapatan yang besar, jika digunakan pada mesinpracetak dapat mengalami penyumbatan, hal tersebut disebabkan oleh ukuran dan jumlah pigmen dalam tinta. Semakin besar kerapatan tinta maka tinta akan lebih cepat mengering. Tinta tidak boleh terlalu encer maupun terlalu kental, ukuran kekentalan tinta disebut viskositas. Tingkat kekentalan tinta dapat mempengaruhi daya alir tinta. Kemampuan tinta untuk melekat pada media kertas dapat dilihat dari nilai tegangan permukaannya. Semakin kecil tegangan permukaan maka sudut kontak antara permukaan kertas dan tinta semakin kecil sehingga butiran tinta dapat menyebar dan membasahi permukaan dengan baik. Besar kecilnya tegangan permukaan dipengaruhi pula oleh massa jenis tinta. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian sifat fisik tinta tersebut. Penyebaran tinta pada kertas terbagi menjadi dua yaitu penyebaran karena konveksi dan difusi. Konveksi merupakan perpindahan partikel yang disebabkan oleh adanya aliran yang zat perantaranya ikut berpindah, sedangkan difusi

merupakan peristiwa penyebaran suatu zat yang dipengaruhi oleh zat lainnya (Andi, 2013).

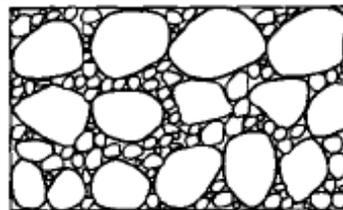
Keberagaman jenis kertas yang terdapat di Pekanbaru menyebabkan perlu dilakukannya kajian untuk menentukan jenis kertas yang mampu mengalirkan tinta dengan baik. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan jenis variasi kertas lokal yang dapat digunakan pada *paper disc velocimeter* yang dilakukan pada media pasir.

TINJAUAN PUSTAKA

Aliran pada Pasir

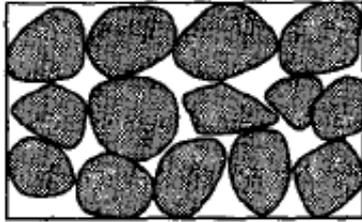
Pasir merupakan material yang memiliki diameter ukuran butiran 0,06-2 mm, pasir merupakan salah satu material yang memiliki akuifer yang baik atau penghantar aliran air yang baik. Klasifikasi pasir dibedakan menjadi beberapa sesuai dengan ukuran butiran pasir.

Menurut Kodoatie (2012), kondisi material tanah untuk berbagai keperluan seperti pondasi, pemadatan, dan lainnya, kondisi material yang digunakan beragam (gradasi baik) seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1 Material Pasir Gradasi Baik
Sumber. Kodoatie (2012)

Sedangkan untuk material pasir bergradasi buruk dapat dilihat pada Gambar 2.

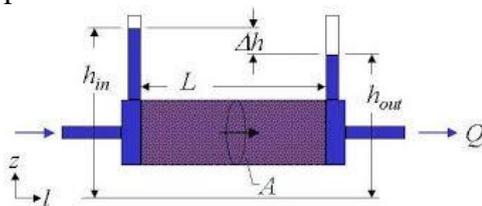


Gambar 2 Material Pasir Gradasi Baik
Sumber. Kodoatie (2012)

Hukum Darcy

Henry Darcy merupakan seorang pakar hidrolik dari Perancis, pada tahun 1856 mempublikasikan hasil percobaannya di Laboratorium tentang aliran air melalui pasir. Hasil analisis percobaan ini dapat dijadikan sebagai hukum empiris yang dikenal dengan nama Hukum Darcy (Kodoatie, 2012).

Darcy dalam eksperimennya menemukan hubungan proporsional antara debit aliran (Q) yang melalui pasir dengan luas penampang aliran air (A) dan kehilangan energi. Berikut penggambaran bentuk diagram Hukum Darcy dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram Percobaan Darcy
Sumber. Nuristyan (2010)

Berdasarkan percobaan di atas didapat rumus kecepatan menggunakan percobaan darcy, rumus kecepatan Darcy dapat dilihat pada Ruuus 1 di bawah ini

$$V = -K \frac{\Delta h}{\Delta l} = -K \frac{dh}{dl} = -Ki \quad (1)$$

Konduktivitas Hidrolik

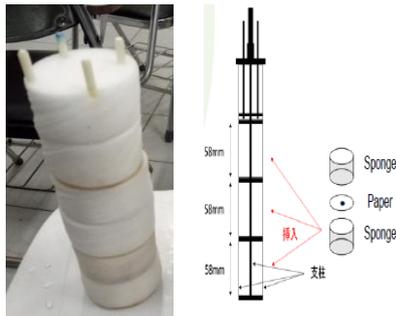
Konduktivitas hidrolik tanah merupakan sifat penting dalam kaitannya dengan mobilitas fluida dalam media berpori (Syahrudin, 2014). Konduktivitas hidrolik, K

(sering juga disebut sebagai permeabilitas atau koefisien permeabilitas) merupakan tingkat diaman air tanah mengalir melalui satuan luas akuifer atau akuifer di bawah gradien untuk hidrolik (Kusnandar, 2012).

Nilai konduktivitas hidrolik tergantung dari jenis media berpori serta fluida yang melewatinya dengan dimensi yang sama dengan kecepatan (Simaremare, 2015). Nilai konduktivitas dapat dihitung pada sampel yang tidak terganggu dengan dua jenis peralatan laboratorium yaitu *constant head permeameter* dan *falling head permeameter*

Alat Ukur Aliran Air Tanah

Pengujian alat ukur aliran air tanah pada tanah bermanfaat untuk mengukur tinggi muka air serta pola pergerakan air tanah. Pengukuran aliran air tanah pada tanah menggunakan alat *velocimeter*. Berbagai *velocimeter* air tanah yang digunakan untuk mengukur aliran air tanah dikembangkan, namun karna mahalnya *velocimeter* konvensional yang membutuhkan tenaga listrik perlu pengembangan alat ukur aliran air tanah yang menggunakan biaya rendah. *Paper disc velocimeter* merupakan alat hasil pengembangan alat ukur aliran air tanah yang murah dan tidak memerlukan listrik dalam penggunaannya. Prinsip dasar dari *paper disc velocimeter* adalah terletak pada tinta yang di titikan di tengah *paper disc*. *Paper disc velocimeter* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 *Paper Disc Velocimeter*
Sumber. Yamamoto, Ono, Kanno, & Sekine
(2017)

Paper disc velocimeter terdiri dari beberapa komponen alat antara lain.

1. Paper Disc

Paper disc jenis titik tunggal yang berukuran 61 mm dengan diameter titik yang dititikan di tengah kertas berukuran 3 mm. Berikut gambar *paper disc* yang telah dikembangkan sebelumnya oleh (Koichi Yamamoto, Fumiya Ono, 2016) dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Paper Disc

2. Busa yang digunakan dalam *paper disc velocimeter* memiliki ukuran diameter 5 cm dan tinggi 3 cm. Berikut gambar busa yang dipakai dalam pengujian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Busa

3. Kerangka

Kerangka pada alat ukur aliran air tanah ini berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan benda uji *paper disc* dan busa. Berikut gambar dari kerangka yang digunakan pada alat ukur aliran air tanah yang telah dikembangkan sebelumnya. Kerangka alat uji dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Kerangka PDV

PROSEDUR PENGUJIAN

Lokasi Penelitian

Pelaksanaan pengujian dalam penelitian dilakukan di Laboratorium Hidroteknik Universitas Riau dan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Riau.

Alat dan Bahan

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Flume

Penggunaan *flume* pada pengujian ini bertujuan menciptakan simulasi aliran air tanah pada gambut dengan membuat model *flume* yang terbuat dari bahan akrilik dengan ukuran panjang 247 cm, lebar 40 cm dan tinggi 40 cm dengan elevasi tempat *flume* diletakkan diasumsikan datar, adapun gambar yang akan digunakan dalam pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 *Flume* Penelitian

2. Sumur Pantau

Sumur pantau yang disimbolkan sebagai SP merupakan sumur yang terbuat dari pipa paralon yang berfungsi untuk mengetahui tinggi muka air pada tanah. Sumur pantau memiliki lubang-lubang kecil yang berfungsi sebagai tempat masuknya aliran air. Sumur pantau yang digunakan dalam penelitian terdiri dari 2 yaitu sumur pantau 1 (SP 1) dan sumur pantau 2 (SP 2). Sumur pantau dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Sumur Pantau

3. Tongkat *Paper Disc Velocimeter*

Tongkat *paper disc velocimeter* merupakan tongkat aluminium yang berfungsi memasukan *paper disc velocimeter* ke dalam sumur pantau. Tongkat *paper disc velocimeter* dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 Tongkat *Paper Disc Velocimeter*

4. *Paper Disc Velocimeter* (PDV)

PDV yang digunakan dalam pengujian terdiri dari 2 jenis PDV yaitu PDV 1 dan PDV 2, dimana PDV 1 merupakan PDV hasil pengembangan sebelumnya dan PDV 2 merupakan PDV yang baru akan dikembangkan. PDV terdiri dari beberapa komponen.

5. Printer

Printer pada penelitian digunakan untuk mencetak titik pada *paper disc*. Pencetakan *paper disc* sebaiknya dilakukan sesaat sebelum melakukan pengujian untuk menghindari keringnya tinta pada *paper disc*. Printer yang digunakan pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Printer

6. *Peristaltic Pump*

Peristaltic pump merupakan modifikasi pompa yang berfungsi untuk mengatur debit aliran air tanah, prinsip kerja *peristaltic pump* adalah terletak pada dua buah selang yang berfungsi sebagai pengatur air keluar dan air masuk dalam aliran. *Peristaltic pump* dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Peristaltic Pump

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Kertas yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut.
 - a. Kertas 1
Karakteristik kertas 1 yang disimbolkan sebagai K1 merupakan kertas memiliki satu sisi yang agak licin dan sedikit mengkilap (*coated*), sedangkan bagian lainnya bertekstur *doff*. Kertas ini memiliki varian gramatur dari 200 gram hingga 350 gram.
 - b. Kertas 2
Kertas 2 yang disimbolkan sebagai K2 merupakan kertas yang memiliki permukaan halus, licin dan memiliki tekstur seperti guratan kayu.
 - c. Kertas 3
Kertas 3 yang disimbolkan sebagai K3 merupakan kertas memiliki ciri-ciri permukaan licin, halus dan memiliki tekstur seperti kain pada permukaan depan. Kertas ini memiliki ketebalan 240 gsm.

Metodologi Penelitian

Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Persiapan *Flume*

Persiapan *flume* meliputi memastikan tidak ada kebocoran

yang terjadi pada *flume* yang dapat memengaruhi aliran air tanah. Persiapan *flume* dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13 Persiapan *Flume*

2. Pengujian Debit Air

Pengujian pada debit aliran air bertujuan untuk melakukan trial debit dan skala pompa. Pengujian pada adalah dengan cara menampung air menggunakan gelas ukur dengan waktu tertentu. Pengujian pada media air dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14 Pengukuran Debit

3. Pengujian Menggunakan Media Pasir.

- a. Persiapan sumur pantau
Persiapan sumur pantau dapat dilihat pada Gambar 15.

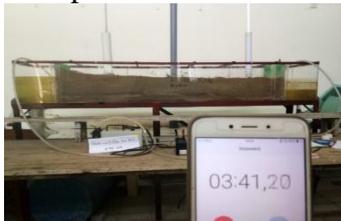


Gambar 15 Persiapan Sumur Pantau

- b. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setelah memastikan kondisi

muka air tanah di hulu dan hilir memiliki ketinggian yang sama, kemudian langkah selanjutnya adalah menghidupkan *peristaltic pump*, prosedur selanjutnya adalah memasukan PDV kedalam sumur pantau, kemudian dilakukan pengambilan data dengan waktu yang telah ditentukan. Proses pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16 Proses Pengukuran Kecepatan Aliran Air Tanah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Propertis Pasir

Propertis pasir yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Propertis Pasir

Nomor Saringan	Ukuran lubang		Berat Tertahan (gram)	Persentase tertahan (%)	Persentase lolos (%)	Persentase tertahan (kumulatif)	Persentase lolos (kumulatif)
	Ayakan						
	Mm	inc					
1 1/2	36,1		0	0	100	0	0
1	25,4		0	0	100	0	0
3/4	20		0	0	100	0	0
1/2	12,5		0	0	100	0	0
No. 3/8	9,5		0	0	100	0	0
No. 1/4	6,3		0	0	100	0	0
4	4,75		2	0,4	99,6	0,4	0,4
8	2,3		17	3,4	96,2	3,8	3,8
16	1,19		39	7,8	88,4	11,6	11,6
30	0,6		132	26,4	62	38	38
60	0,3		307	61,4	0,6	99,4	99,4
100	0,15		2	0,4	0,2	99,8	99,8

Nomor Saringan	Ukuran lubang		Berat Tertahan (gram)	Persentase tertahan (%)	Persentase lolos (%)	Persentase tertahan (kumulatif)	Persentase lolos (kumulatif)
	Ayakan						
	Mm	inc					
1 1/2	36,1		0	0	100	0	0
200	0,075		1	0,2	0	100	100
wadah			500	Tot			253,00
Fine Modulus (FM1) = Total / 100 =							2,53

Berdasarkan hasil analisa saringan yang dilakukan didapatkan gradasi butiran material yang digunakan merupakan pasir bergradasi kasar.

Kecepatan Darcy

Kecepatan Darcy didapatkan dari hasil perhitungan yang dilakukan berdasarkan Persamaan 1, hasil kecepatan Darcy pada pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Kecepatan Darcy

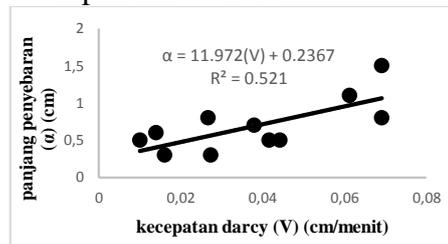
Benda Uji	Pengujian 1		
	Q (cm/menit)	A (cm ²)	V _{Darcy} (cm/menit)
SP 1	5,739	768	0,007
PD1 Q1 K1 p1	5,739	392	0,015
PD1 Q1 K1 p2	5,739	652	0,009
PD1 Q1 K1 p3	5,739	0	0,000
SP 2	5,739	658	0,009
PD2 Q1 K1 p1	5,739	411,6	0,014
PD2 Q1 K1 p2	5,739	570,5	0,010
PD2 Q1 K1 p3	5,739	0	0,000
SP 1	10,459	680	0,015
PD1 Q2 K1 p1	10,459	392	0,027
PD1 Q2 K1 p2	10,459	652	0,016
PD1 Q2 K1 p3	10,459	0	0,000
SP 2	10,459	540	0,019
PD2 Q2 K1 p1	10,459	392	0,027
PD2 Q2 K1 p2	10,459	652	0,016
PD2 Q2 K1 p3	10,459	0	0,000

SP 1	15,600	714	0,022
Pengujian 1			
Benda Uji	Q (cm/m enit)	A (cm ²)	V _{Darcy} (cm/men it)
PD1 Q3 K1 p1	15,600	411,6	0,038
PD1 Q3 K1 p2	15,600	570,5	0,027
PD1 Q3 K1 p3	15,600	0	0,000
SP 2	15,600	571	0,027
PD2 Q3 K1 p1	15,600	411,6	0,038
PD2 Q3 K1 p2	15,600	570,5	0,027
PD2 Q3 K1 p3	15,600	0	
SP 1	25,223	640	0,039
PD1 Q4 K1 p1	25,223	411,6	0,061
PD1 Q4 K1 p2	25,223	570,5	0,044
PD1 Q4 K1 p3	25,223	0	0,000
SP 2	25,223	450	0,056
PD2 Q4 K1 p1	25,223	411,6	0,061
PD2 Q4 K1 p2	25,223	570,5	0,044
PD2 Q4 K1 p3	25,223	0	0,000
SP 1	27,091	776	0,035
PD1 Q5 K1 p1	27,091	392	0,069
PD1 Q5 K1 p2	27,091	652	0,042
PD1 Q5 K1 p3	27,091		0,000
SP 2	27,091	654	0,041
PD2 Q5 K1 p1	27,091	392	0,069
PD2 Q5 K1 p2	27,091	652	0,042
PD2 Q5 K1 p3	27,091	0	
SP 1	27,113	750	0,036
PD1 Q4 K1 p1	27,113	392	0,069
PD1 Q4 K1 p2	27,113	652	0,042
PD1 Q4 K1 p3	27,113	0	0,000
SP 2	27,113	445	0,061
PD2 Q4 K1 p1	27,113	392	0,069
PD2 Q4 K1 p2	27,113	652	0,042
PD2 Q4 K1 p3	27,113	0	0,000

Persamaan Kecepatan PDV

Persamaan Kecepatan PDV ditentukan berdasarkan grafik hubungan kecepatan Darcy dengan panjang penyebaran tinta. Grafik hubungan kecepatan Darcy dengan

panjang penyebaran tinta dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17 Grafik Hubungan Kecepatan Darcy dengan Panjang Penyebaran Tinta

Berdasarkan gambar di atas didapat persamaan kecepatan PDV yang dapat dilihat pada Persamaan 2 dibawah ini.

$$V = \frac{\alpha - 0,2367}{11,972} \quad (2)$$

PEMBAHASAN

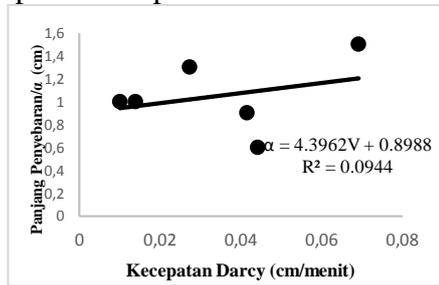
Gradasi Butiran Pasir Terhadap Konduktivitas Hidrolik

Berdasarkan gradasi butiran material didapat nilai Cu yaitu 1,28, maka gradasi dari pasir merupakan jenis pasir yang bergradasi pasir kasar, hal tersebut menunjukkan bahwa material yang digunakan merupakan material yang porus atau memiliki rongga yang besar. Material yang memiliki nilai Cu yang besar akan mempengaruhi nilai konduktivitas hidrolik yang besar juga, nilai konduktivitas yang besar akan berpengaruh terhadap kemampuan media mengalirkan air yang besar juga.

Hubungan Panjang Penyebaran dengan Kecepatan Darcy Terhadap Karakteristik Kertas.

Perbandingan panjang penyebaran dengan kecepatan Darcy mendapatkan persamaan yang menunjukkan karakteristik dari jenis kertas yang digunakan dalam pengujian. Berikut grafik hasil

perbandingan panjang penyebaran tinta dengan kecepatan Darcy yang dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18 Grafik Hubungan Kecepatan Darcy dengan Panjang Penyebaran

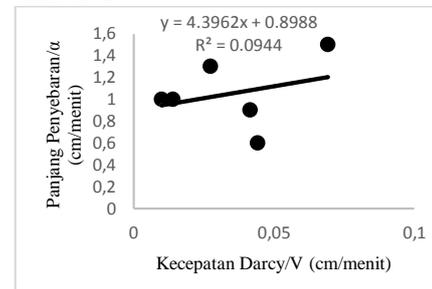
Berdasarkan persamaan di atas didapat bahwa jika tidak ada kecepatan pada saat pengujian maka, minimal penyebaran yang terjadi pada kertas merupakan sebesar 0,8988 cm, namun pada saat pengujian banyak didapatkan tinta yang tidak mengalami proses difusi maupun konveksi yang seharusnya terjadi pada kertas, hal tersebut bisa dipengaruhi oleh beberapa seperti di bawah ini.

- a. Pada saat melakukan pengujian tinta yang digunakan untuk pengujian telah dibiarkan terlalu lama sehingga mengalami pengeringan.
- b. Terjadi gangguan selama pengujian juga mempengaruhi hasil penyebaran tinta pada kertas.
- c. Tekstur serat kertas yang memiliki tingkat kekasaran yang rendah sehingga kemampuan untuk mengalirkan tinta juga kecil.

Hubungan Panjang Penyebaran dengan Kecepatan Darcy

Grafik panjang penyebaran tinta dengan kecepatan Darcy menunjukkan nilai minimal penyebaran tinta sehingga menghasilkan kecepatan dan juga untuk membuktikan

terjadinya fungsi difusi tinta pada kertas, grafik perbandingan kecepatan Darcy dengan panjang penyebaran dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19 Grafik Hubungan Kecepatan Darcy dengan Panjang Penyebaran Tinta

KESIMPULAN

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah.

- 1) Gradasi pasir yang digunakan pada penelitian adalah pasir yang bergradasi kasar, hal tersebut berpengaruh terhadap nilai konduktivitas pasir, material yang memiliki nilai C_u yang tinggi akan memiliki nilai konduktivitas hidrolis yang besar juga, hal tersebut berpengaruh terhadap kemampuan material mengalirkan air akan lebih besar juga.
- 2) Minimal penyebaran tinta pada saat pengujian dengan nilai kecepatan nol adalah sebagai berikut.
 - a. Pada pengujian 1, PDV 1 memiliki nilai penyebaran minimal yaitu 0,898 cm. sedangkan untuk PDV 2 adalah 0,237 cm
- 3) Kecepatan maksimal yang dapat digunakan pada PDV adalah sebagai berikut.
 - a. Pada pengujian 1, PDV 1 memiliki nilai kecepatan maksimal yaitu 0,431 cm/menit, sedangkan untuk PDV 2 adalah 0,341 cm/menit.

SARAN

Saran pada penelitian ini adalah Tinta yang digunakan pada penelitian sebaiknya digunakan yang masih dalam kondisi basah atau tinta yang belum mengalami pengeringan, sehingga kemampuan tinta untuk terjadi fenomena difusi dan konveksi akan semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA.

J.Kodoatie, R. (2012). Tata Ruang Air Tanah. Andi Yogyakarta.

Kusnandar, H. (2012). Prediksi Potensi Cadangan Air Tanah Menggunakan Persamaan Darcy Di Kota Tangerang Selatan, Provinsi Banten. 5, 13–15.

Simaremare, S. (2015). Analisis Aliran Air Tanah Satu Dimensi (Kajian Laboratorium). Teknik Sipil Dan Lingkungan, 3(1), 783–794.

Yamamoto, K., Ono, F., Kanno, A., & Sekine, M. (2017). *Development Of The Single Dot Type Paper Disk Grondwater Velocimeter*. Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic E