

KAJIAN HITUNGAN DEBIT ALIRAN MELALUI PIPA BERPORI TERHADAP KAPASITAS: MEDIA POROUS, PORI PIPA, DAN ORIFICE

Edy Sriyono

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta
Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 57 Yogyakarta 55231
E-mail : edysriyono@gmail.com

ABSTRACT

Water intake through porous pipes for shrimp farming purposes can be done through the water springs, water seepage, and sea water retrieval. This study aims to calculate the discharge capabilities through porous pipe compared with the ability of porous media, pore capacity of the pipe, and the pipe full capacity in the discharge pass.

This study was conducted by calculating discharge through a porous pipe based on existing formulas, and then compare it with porous media capacity, pore capacity of the pipe, and full capacity of the pipe in the discharge pass.

Findings showed that the greater of the value of the ratio between the size of the pores with wide circumferential pipe when not perforated (A_f/A), then the value of the discharge coefficient

$C_D = \frac{Q}{A_f \cdot \sqrt{g \cdot h}}$ will be smaller, while the value of discharge (Q) will be even greater. Then the amount of

discharge through porous pipes are under the capacity of porous media capacity, pore pipes capacity, and orifice pipe flow capacity. Thus, it can be concluded that the discharge occurred is discharge based on the porous pipe capacity formula.

Keywords: *Discharge, porous pipe, porous media, pore pipes, and orifice.*

PENDAHULUAN

Masih banyak potensi pemanfaatan aliran melalui pipa berpori untuk pengambilan sumber daya air secara lebih teratur dan terkontrol tetapi belum dikembangkan, diantaranya adalah pada: mata air-mata air, air rembesan, dan pengambilan air laut untuk keperluan tambak udang. Mata air-mata air sudah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat dengan membuat sumur-sumur gali standar dan juga oleh perusahaan atau instansi dengan membuat sumur-sumur dalam. Pengambilan dengan sistem sumur gali tersebut perlu dikontrol dan diketahui kuantitas pengambilannya karena berdasarkan UU SDA, untuk tujuan keberlanjutan sumber daya air, maka debit pengambilan harus tidak boleh melebihi debit potensialnya (Anonim, 2004). Oleh karenanya perlu diketahui suatu sistem dan formula debit pengambilan air melalui pipa berpori. Sehingga diperlukan

pendayagunaan dan konservasi sumber-sumber air yang berupa mata air-mata air, air rembesan, dan pengambilan air laut untuk keperluan tambak udang tersebut agar pengambilannya dapat terukur.

Layne (2008) mengemukakan bahwa pipa berpori dapat digunakan untuk mengambil resapan air laut dengan beberapa keuntungan yaitu: suplai air sepanjang garis pantai tetap stabil, bangunan berdampak minimal pada perubahan bentuk garis pantai, resapan alami memberikan kualitas air sangat bagus, dan biayanya ringan. Layne (2008) juga mengemukakan bahwa pipa berpori telah digunakan untuk mengambil resapan air permukaan dari Danau Great, Sungai Ohio, Sungai Platte, Sungai Colorado, dan Sungai Colombia.

Das et al. (2009) mengusulkan pipa berpori untuk mengambil sumber air. Dengan asumsi kecepatan masuk air ke dalam pipa berporinya yang umum digunakan adalah 0,5

cm/det. Kemudian diameter pipa berpori yang direkomendasikan adalah 30 cm. Dengan mengingat luas pori terhadap luas keliling pipa pori 20 %, maka debit yang dihasilkan adalah 10.750,33 GPD (0,47 lt/det) untuk tiap m panjang pipa berpori. Jika kapasitas yang diperlukan dari sumur kolektor radial adalah 5,0 MGD (374 lt/det), maka panjang pipa berpori yang ditentukan adalah 796,18 m.

Higgins et al. (2009) mengemukakan bahwa ketika suplai air yang dibutuhkan besar dan akuifer yang tersedia dangkal dekat dengan sumber *recharge* (danau atau sungai), maka pipa berpori baik untuk digunakan. Pipa berpori ini juga dapat diletakkan dalam tanah sampai pada kedalaman 15 m dari permukaan tanah dan mampu mengalirkan debit sebesar 130 gpm/ft² (Anonim, 2005) atau 102 lt/sec/m² (Anonim, 2000).

Ada beberapa kemungkinan debit pengambilan air yang akan terjadi, yaitu : debit aliran berdasarkan kapasitas pori pipa, debit aliran berdasarkan kapasitas porous

media, atau debit aliran berdasarkan kapasitas orifice.

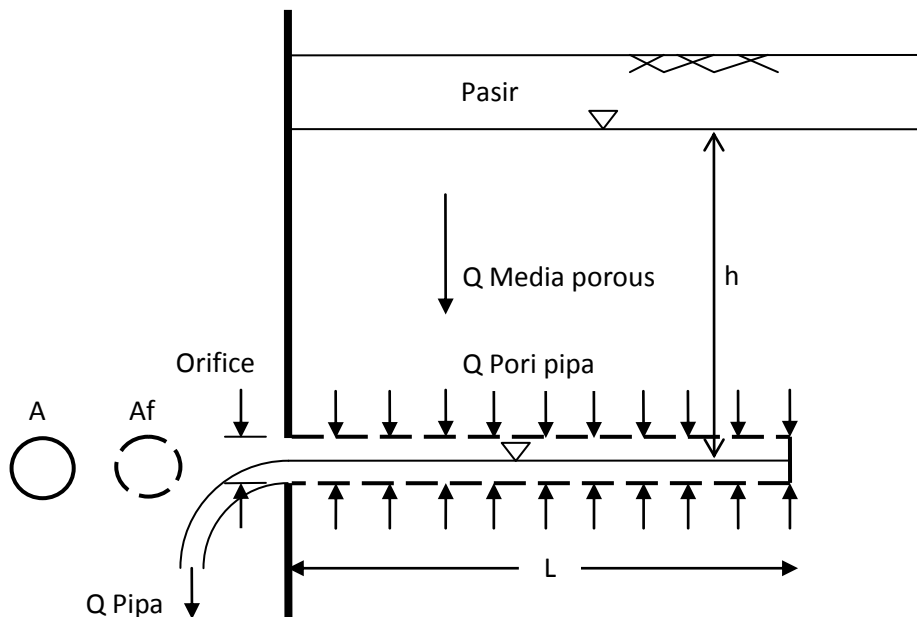
Oleh karena itu, perlu diketahui formula debit aliran melalui pipa berpori, beserta kemampuan daripada : kapasitas porous media, kapasitas pori pipa, dan kapasitas pipa penuh dalam melewatkan debit aliran tersebut.

METODE HITUNGAN DEBIT DAN KAPASITAS ALIRAN

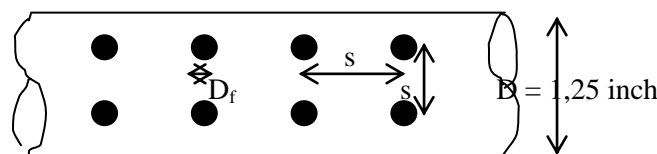
Model aliran melalui pipa berpori pada kondisi aliran bebas

Gambar 1 menunjukkan aliran melalui pipa berpori pada kondisi aliran bebas, yang dijadikan dasar untuk menghitung: debit aliran melalui pipa berpori, kapasitas porous media, kapasitas pori pipa, dan kapasitas pipa penuh.

Model pipa berpori didesain seperti pada Gambar 2, model kombinasi pipa berpori didesain seperti Tabel 1, dan model kombinasi letak pipa berpori didesain seperti pada Tabel 2.



Gambar 1. Model aliran melalui pipa berpori pada kondisi aliran bebas



Gambar 2. Model Pipa berpori

Tabel 1. Model kombinasi pipa berpori

D (inch)	L (cm)	D _f (mm)	s (cm)
	30	1	1

1,25	2	2
		3
		1
		2
		3
		1
		2
		3
		1
	40	1
		2
		3
		1
		2
		3
		1
		2
		3
	50	1
		2
		3
1		
2		
3		
1		
2		
3		

berpori (D), diameter pori (D_f), jarak pori (s) seperti pada Gambar 2 dan Tabel 1. Setiap kombinasi menghasilkan luas pori (A_f) tertentu. Model letak pipa berpori adalah kombinasi dari Tabel 1, dan Tabel 2 dengan koefisien permeabilitas pasir (k), dan ketinggian air di atas pasir (h).

Desain kajian hitungan dibuat dengan variasi beberapa parameter yaitu panjang pipa berpori (L), diameter pipa berpori (D), diameter pori (D_f), jarak pori (s), ketinggian air di atas pipa berpori (h), dan permeabilitas pasir (k).

Tabel 2. Model kombinasi letak pipa berpori

k (m/det)	h (cm)
Media 1: k ₁ = 6,1.10 ⁻⁴ Media 2: k ₂ = 1,1.10 ⁻⁴ Media 3: k ₃ = 2,8.10 ⁻⁴	35
	45
	55
	35
	45
	55
	35
	45
	55

Model pipa berpori adalah kombinasi dari panjang pipa berpori (L), diameter pipa

Debit Aliran Melalui Pipa Berpori

Menurut Sriyono, 2011, persamaan yang mewakili hubungan antara

$$C_D = \frac{Q}{A_f \cdot \sqrt{g \cdot h}} \text{ dengan } \frac{k}{\sqrt{g \cdot h}} \text{ dan } \frac{A_f}{A}$$

untuk aliran melalui pipa berpori, sebagai berikut ini.

$$\frac{Q}{A_f \cdot \sqrt{g \cdot h}} = 0,128 \left(\frac{k}{\sqrt{g \cdot h}} \right)^{0,412} \left(\frac{A_f}{A} \right)^{-0,579} \tag{1}$$

Rumus inilah yang digunakan untuk menghitung besarnya debit aliran melalui pipa berpori.

Berdasarkan persamaan 1 tersebut di atas, selanjutnya dapat dibuatkan tabel dan gambar sebagaimana terlihat pada Tabel 3 dan Gambar 3.

Hitungan Kapasitas Porous Media

Kecepatan aliran melalui porous media dihitung berdasarkan rumus Darcy (1956) dalam Kashef (1986) sebagai berikut ini.

$$v = k \cdot i \tag{2}$$

dengan:

v= kecepatan air melalui pori tanah (cm/det)

i= gradien hidraulik

k= koefisien permeabilitas tanah (cm/det)

Rumus debit aliran melalui porous media adalah:

$$Q = A \cdot k \cdot \left(\frac{h}{l} \right) \tag{3}$$

dengan:

A = luas tampang yang dilewati air

k = permeabilitas porous media

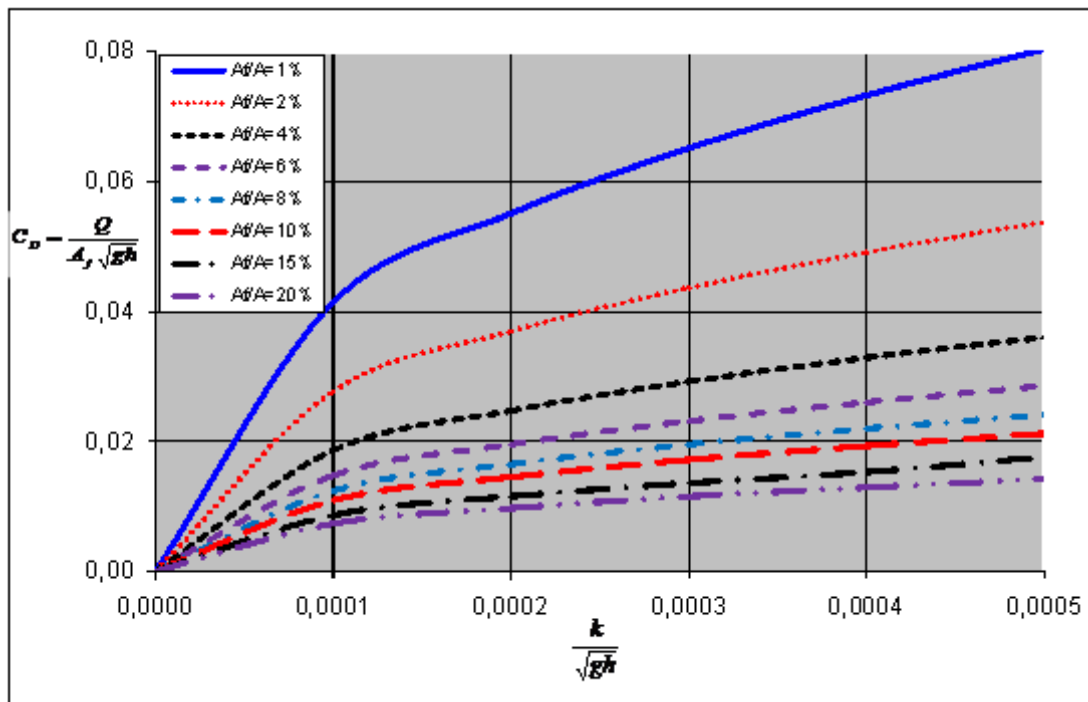
h= beda tinggi piezometrik

l= panjang jalur yang ditempuh aliran dalam media porous

Tabel 3. Nilai $C_D = \frac{Q}{A_f \cdot \sqrt{g \cdot h}}$ sebagai fungsi $\frac{k}{\sqrt{g \cdot h}}$ dan $\frac{A_f}{A}$ untuk aliran melalui pipa berpori

$\frac{A_f}{A} (\%)$	$\frac{k}{\sqrt{g \cdot h}}$				
	0,0001	0,0002	0,0003	0,0004	0,0005
0,1	0,1571	0,2090	0,2470	0,2781	0,3049
0,5	0,0619	0,0823	0,0973	0,1095	0,1201
1	0,0414	0,0551	0,0651	0,0733	0,0804
2	0,0277	0,0369	0,0436	0,0491	0,0538
4	0,0186	0,0247	0,0292	0,0329	0,0360
6	0,0147	0,0195	0,0231	0,0260	0,0285
8	0,0124	0,0165	0,0195	0,0220	0,0241
10	0,0109	0,0145	0,0172	0,0193	0,0212
15	0,0086	0,0115	0,0136	0,0153	0,0176
20	0,0073	0,0097	0,0115	0,0129	0,0142

Sumber: Sriyono (2011)



Sumber: Sriyono (2011)

Gambar 3. Kurva hubungan antara $C_D = \frac{Q}{A_f \cdot \sqrt{g \cdot h}}$ dengan $\frac{k}{\sqrt{g \cdot h}}$ dan variasi $\frac{A_f}{A}$ untuk aliran melalui pipa berpori

Hitungan Kapasitas Pori Pipa

Kemampuan pori pipa melewati debit aliran sangat tergantung daripada luas

pori pipanya (A_f) itu sendiri, ketinggian muka air (h), dan besarnya pori pasir. Debit aliran

melalui pori pipa dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut ini.

$$Q = C_D \cdot A_f \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (4)$$

dengan:

C_D = koefisien debit aliran melalui pori pipa =

$$f\left(\frac{k}{\sqrt{g \cdot h}}, \frac{A_f}{A}\right)$$

$$C_D = \frac{Q}{A_f \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}}$$

A_f = luas pori pipa yang dilewati air
 $= 1/4\pi D_f^2$

A = luas keliling pipa bila tidak dilobangi
 $= \pi DL$

k = permeabilitas porous media

g = percepatan gravitasi = 981 cm/det²

h = beda tinggi piezometrik

Hitungan Kapasitas Aliran Pipa

Pada dasarnya semakin panjang pipa berpori, maka debit aliran akan semakin besar. Namun demikian, sebagai akibat adanya aliran gravitasi atau tanpa tekanan, maka debit aliran akan dibatasi oleh kemampuan pipa maksimum dalam mengalirkan air. Besarnya aliran yang keluar secara bebas dari pori dalam sebuah pipa dapat dihitung dengan mengetahui lobang pori dan pola lobang porinya. Sebuah persamaan orifice sederhana dapat digunakan untuk menghitung besarnya aliran tersebut dalam cubic feet per second.

$$Q = C_D \cdot A_D \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (5)$$

dengan:

C_D = koefisien debit aliran, diambil = 0,60

A_D = luas tampang pipa penuh yang dilewati air

g = percepatan gravitasi = 981 cm/det²

h = beda tinggi piezometrik

Dengan mengkaji hitungan debit aliran melalui pipa berpori terhadap kapasitas: porous media; pori pipa; dan pipa penuh, terdapat 3 kemungkinan yang akan terjadi, yaitu:

- Jika luas pori pipa (A_f) lebih kecil daripada porous media, maka debit aliran yang menentukan adalah kapasitas pori pipadalam melewati debit aliran.
- Jika luas pori pipa (A_f) lebih besar daripada porous media, maka debit aliran yang menentukan adalah kapasitas

porousmediadalam melewati debit aliran.

- Jika luas pori (A_f) lebih besar daripada luas pipa (A), maka debit aliran yang menentukan adalah kapasitas pipa penuh dalam melewati debit aliran.

HASIL HITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Berikut ini akan dijelaskan perbandingan antara debit aliran melalui pipa berpori dengan hitungan kemampuan daripada : kapasitas porous media, kapasitas pori pipa, dan kapasitas orifice. Dalam hal ini, sebagai contoh hitungan diambil nilai $\frac{A_f}{A} = 0,1 \%$.

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh perbandingan kurva hubungan antara C_D dengan $\frac{k}{\sqrt{g \cdot h}}$ dan $\frac{A_f}{A} = 0,1 \%$

debit aliran melalui pipa berpori dengan hitungan kemampuan daripada:

- kapasitas media porous
 - kapasitas pori pipa, dan
 - kapasitas orifice
- dalam melewati debit aliran sebagaimana terlihat pada Gambar 4.

Berdasarkan kurva sebagaimana terlihat pada Gambar 4, tampak bahwa kurva debit aliran melalui pipa berpori berada di bawah kurva hitungan kemampuan daripada : kapasitas porous media, kapasitas pori pipa, dan kapasitas pipa penuh dalam melewati debit aliran, yaitu menurut:

Debit aliran melalui pipa berpori :

$$C_D = 0,128 \left(\frac{k}{\sqrt{g \cdot h}}\right)^{0,412} \left(\frac{A_f}{A}\right)^{-0,579}$$

Hitungan kapasitas porous media :

$$C_D = 1,00$$

Hitungan kapasitas pori pipa : $C_D = 0,60$

Hitungan kapasitas aliran pipa : $C_D = 0,62$

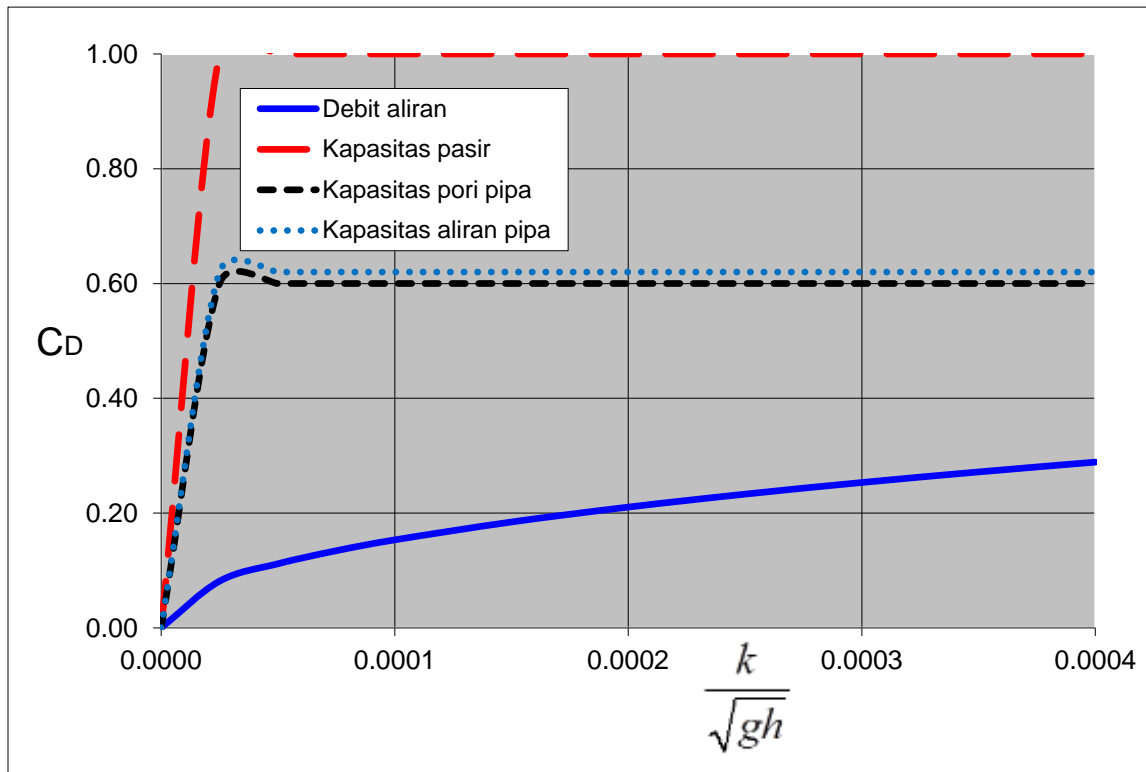
Hal ini menandakan bahwa besarnya debit aliran melalui pipa berpori masih berada di bawah kemampuan daripada : kapasitas porous media, kapasitas pori pipa, dan kapasitas pipa penuh dalam melewati debit aliran.

KESIMPULAN DAN SARAN

Gambar 4, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut ini.

Kesimpulan

Berdasarkan kajian hitungan tersebut di atas dan kurva sebagaimana terlihat pada



Gambar 4. Kurva perbandingan hubungan antara C_D terhadap $\frac{k}{\sqrt{g.h}}$ dengan $\frac{A_f}{A} = 0,1\%$ dan aliran melalui pipa berpori dengan hitungan kemampuan daripada: kapasitas media porous, kapasitas pori pipa, dan kapasitas orifice

1. Semakin besar nilai koefisien permeabilitas (k), maka semakin besar pula nilai debit (Q) yang dihasilkan. Semakin besar nilai luas pori (A_f), maka semakin besar pula nilai debit (Q) yang dihasilkan. Semakin besar nilai kedalaman muka air (h), maka semakin besar pula nilai debit (Q) yang dihasilkan. Semakin besar nilai panjang pipa berpori (L), maka semakin besar pula nilai luas pori (A_f), yang dihasilkan. Semakin besar nilai diameter pipa berpori (D), maka semakin besar pula nilai luas pori (A_f), yang dihasilkan. Semakin besar nilai perbandingan antara luas pori dengan luas keliling pipa bila tidak dilobangi (A_f/A), maka nilai

koefisien debit $C_D = \frac{Q}{A_f \cdot \sqrt{g.h}}$ akan

semakin kecil, sedangkan nilai debit (Q) akan semakin besar.

2. Perbandingan antara debit aliran melalui pipa berpori dengan hitungan: kapasitas media porous, kapasitas pori pipa, dan kapasitas pipa penuh menunjukkan bahwa kurva debit aliran melalui pipa berpori berada di bawah kurva hitungan kemampuan daripada : kapasitas porous media, kapasitas pori pipa, dan kapasitas pipa penuh. Hal ini menandakan bahwa besarnya debit aliran melalui pipa berpori masih berada di bawah: kemampuan porous media, kemampuan pori pipa, dan

kemampuan pipa penuh dalam melewati debit aliran.

Saran

Disarankan untuk memperbandingkan dengan hitungan cara lainnya, seperti metode Sunjoto (1988 & 2002).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2000, **Perforated Pipe Subdrains**, Specification.
- Anonim, 2004, **Undang-Undang Republik Indonesia Nomer 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air**, Pustaka Widyatama, Yogyakarta.
- Anonim, 2005, **Subdrainage 02620 (Spec-Data)**, Midwest Diversified Technologies Inc., Reed Construction Data.
- Das, N., Saha, S.B, Rao, C.S., and Uththamanathan, T.N, 2009, **Radial Collector Well**, Kharagpur.
- Higgins, P., Maroney, C., and Stous, D, 2009, **Efficient Well Design: Applying Good Engineering Practice**, TechBriefs.
- Kashef, A.I., 1986, **Groundwater Engineering**, McGraw-Hill Book Co. Inc., New York.
- Layne Cristensen Company Technology, 2008, **Ranney Applications Overview**, Columbus Ohio.
- Layne Cristensen Company Technology, 2008, **Ranney Infiltration Galleries**, Columbus Ohio.
- Nafchi, R.F., 2007, **Refining Discharge factor for Perforation on Perforated Pipes**, Budapest University of Technology and Economic, Budapest.
- Nasjono, J.K., 2002, **Studi Debit Aliran Rembesan Melalui Pipa Berpori**, Thesis, Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Nasjono, J.K., Yuwono, N., dan Triatmadja, R., 2003, **Formulasi Sistem Pipa Berpori Bawah Tanah Dan Penerapannya**, Civil Engineering Forum Journal Vol XII, No 1,pp 12-20.
- Sriyono, E., 2011, **Formula Pengambilan Air Melalui Pipa Berpori Bawah Muka Tanah**, Disertasi Doktor Teknik Sipil, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang.
- White, C., 2001, **Porous Media Flow**, CEBA Building.
- www.ads-pipe.com, 2004, **Permeability and hydraulic Conductivity**, Hilliard.
- www.ads-pipe.com, 2004, **Outflow from Perforated Pipe**, Technical Notes, Hilliard.