

DEBIT ALIRAN AIR TANAH MELALUI PIPA BERPORI SISTEM SUMUR KOLEKTOR BERJARI

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

This study based on the salt-water shortage in shrimp-pond on the sand coastal area of Dukuh Kuwaru, Desa Ponco Sari, Kecamatan Srandakan, Kabupaten Bantul, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta which is managed by PT. Indokor Bangun Desa. Proposed solution to overcome this problem is collector well system which expected to supply salt-water adequately. This study conducted to examine the relationship of soil permeability (k), water level (h), and the relationships of collector system [pipe diameter (D), pipe length (L), pipe depth (l), and perforated area (A_f)] on discharge of water flow through perforated pipe (Q). The study also reveals the discharge empirical formula resulted from dimension analysis(Q) through perforated pipe on collector well system.

The research being conducted by making physical experiments of collector well system on the laboratory which consists of water basin made from brick work installation and three perforated pipes (total perforated pipes are 27), then filled by sand and water on several variations. Thus, water flow discharge on each perforated pipe measured using calibrated beaker.

Results indicate that several parameters influenced significantly on discharge (Q) are:

$$Q = f(k, D, L, l, A_f, h)$$

Therefore, empirical formula of collector well system which represents the relationship between $Q/k.L.D$ and $A_f.h/L.D.l$ are:

$$\text{For } n = 1 \text{ pipe : } \frac{Q}{k.L.D} = 54.600 \left[\frac{A_f.h}{L.D.l} \right]^{0.427} \text{ ,for } n = 2 \text{ pipes : } \frac{Q}{k.L.D} = 80.354 \left[\frac{A_f.h}{L.D.l} \right]^{0.385} \text{ ,and}$$

$$\text{for } n = 3 \text{ pipes : } \frac{Q}{k.L.D} = 103.926 \left[\frac{A_f.h}{L.D.l} \right]^{0.354}$$

These empirical abbreviations then can be used in order to plan perforated pipe of collector well system.

Keywords: *discharge, ground-water flow, perforated pipe, collector-well*

PENDAHULUAN

Penelitian ini dilatarbelakangi pada masalah kekurangan debit air asin yang didapat dari sumur gali pada lahan tambak udang yang berada di pantai berpasir Dukuh Kuwaru, Desa Ponco Sari, Kecamatan Srandakan, Kabupaten Bantul, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang dikelola oleh PT. Indokor Bangun Desa yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan akan air asin pada lahan tambak udang tersebut.

Guna mengatasi kekurangan debit air asin tersebut diusulkan untuk membuat sumur kolektor berjari yang terdiri dari sumur gali dengan diameter 5,0 m yang kemudian di bagian bawahnya dipasang secara horisontal sejumlah pipa berpori/berlubang dengan diameter 30 cm dan panjang 4,0 m. Sebagai langkah awal akan diteliti kemampuan beberapa pipa berpori dalam mengalirkan debit aliran air tanah tersebut.

Penelitian ini bertujuan menentukan formula empirik debit pengambilan aliran air tanah melalui pipa berpori sistem sumur kolektor berjari, yang menyangkut beberapa hal sebagai berikut ini.

1. Mengkaji pengaruh permeabilitas tanah (k), tinggi muka air (h), dan pengaruh sistem jari [diameter pipa (D), panjang pipa (L), kedalaman pipa (l), diameter pori (D_f), jarak antar pori (s), dan luas pori (A_f)] terhadap debit aliran (Q).
2. Membuat formulasi empirik debit aliran (Q). Formulasi empirik tersebut diharapkan dapat mengakomodasi parameter utama yaitu Q, D, L, l, D_f, s, A_f, h, l, dan k.

Darcy (1956) dalam Kashef (1986) mengusulkan hubungan antara kecepatan dan gradien hidraulik sebagai berikut ini.

$$v = k.i \tag{1}$$

dengan:

v = kecepatan air (cm/det)

i = gradien hidraulik

k = koefisien permeabilitas tanah (cm/det)

Debit rembesan (q) dinyatakan dengan persamaan:

$$q = k.i.A = k.A \frac{h_f}{L} \tag{2}$$

dengan :

q = debit rembesan (cm³/det)

k = koefisien permeabilitas tanah (cm/det)

A = luas penampang pengaliran (cm²)

h_f = kehilangan tinggi tenaga (cm)

L = jarak yang ditempuh aliran (cm)

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 (Anonim, 2004).

$$Q_p = C_d A \sqrt{2gH} \tag{3}$$

dengan :

Q_p = laju aliran yang keluar bebas melalui sebuah pori (ft³/sec)

C_d = koefisien debit = 0,60

A = luas penampang melintang dari sebuah pori (ft²)

g = percepatan gravitasi = 32,2 ft/sec²

H = tinggi permukaan air diatas pori, head (ft)

Pipa berpori 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).

Mikels dan Klaer (1956), dalam Walton (1970) serta McWhorter dan Sunada (1977) mengadakan penelitian “collector well” yang terdiri dari sebuah sumur dan beberapa pipa berpori yang dipasang secara radial dan horisontal, diperoleh persamaan debit sebagai berikut ini.

$$Q = \pi R^2 W \tag{4}$$

dengan R adalah panjang pipa berpori, diukur dari garis tengah sumur dan W adalah kecepatan aliran rembesan.

Sedangkan penurunan muka air pada sumur dapat dihitung dengan rumus pendekatan sebagai berikut ini.

$$s_o = \frac{Q}{2\pi T} \left(\ln \frac{re}{R} + \frac{1}{2} \right) \tag{5}$$

dengan re adalah radius pengaruh penurunan muka air, diukur dari garis tengah sumur dan T adalah koefisien permeabilitas tanah.

Jika jari-jari sumur adalah rw, maka penurunan muka air pada sumur menjadi sebagai berikut ini.

$$s_w = \frac{Q}{2\pi T} \ln \frac{re}{rw} \tag{6}$$

Hantush (1964) dalam Walton (1970) memperoleh hubungan muka air tanah akibat “collector well” sebagai berikut ini.

$$s_{cw} = \frac{114,6Q}{TNL} \left\{ W(u) + \frac{NL-1}{lL} [l'W(ub) - rcW(uc) + 2NL + \frac{m}{2lL} \ln \left\{ \frac{(m/\pi r l L)^2}{2[1 - \cos \pi(2Zi + rL)]/m} \right\} + \frac{4m(NL-1)}{\pi l L} \sum_{n=1}^{4l'} \frac{1}{n} \left[\frac{\pi}{2} - W \left(\frac{n\pi rc}{m}, 0 \right) \right] \right\} \times \cos \frac{n\pi}{m} z_i \cos \frac{n\pi}{m} (Zi + rL)/m \tag{7}$$

dengan: $u = \frac{1,87lL^2}{Pmt / Sv}$, $ub = \frac{1,87l^2}{Pmt / Sv}$,
 dan $uc = \frac{1,87rc^2}{Pmt / Sv}$

- lL = panjang pipa berpori (feet)
- l' = lL + rc (feet)
- m = ketebalan akuifer dari muka air tanah semula (feet)
- NL = jumlah pipa berpori
- P = koefisien permeabilitas (gpd/sq ft)
- Q = debit "collector well" (gpm)
- rc = radius sumur (feet)
- rL = radius pipa berpori (feet)
- Sv = "specific yield of aquifer" ("fraction")
- scw = penurunan muka air pada sumur (feet)
- T = Pm = koefisien transmisibiliti (gpd/ft)
- t = waktu setelah pompa bekerja (hari)
- Zi = kedalaman pipa berpori diukur dari muka air semula (feet)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nasjono (2002) diperoleh persamaan empirik hasil regresi aliran melalui pipa berpori sebagai berikut ini.

$$\frac{Q}{k.L.d} = 148,41 \left\{ \left(\frac{App}{L.d} \right) \left(\frac{h}{l} \right) \right\}^{0,2366} \quad (8)$$

dengan :
 Q = debit yang mengalir melalui pipa (m³/det)

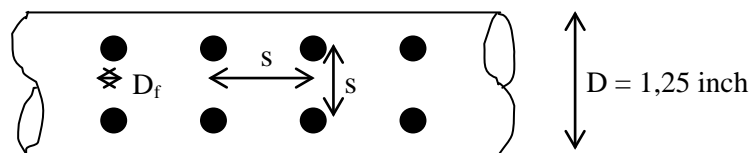
- k = permeabilitas tanah (m/det)
 - L = panjang pipa (m)
 - d = diameter pipa (m)
 - App = luas pori (m²)
 - l = kedalaman pipa dalam tanah (m)
 - h = ketinggian air diatas pipa (m)
- Penelitian tersebut dibatasi hanya pada 1 (satu) nilai k (permeabilitas tanah) saja, jumlah pipa berpori juga hanya 1 (satu), permukaan air berada di atas permukaan tanah, dan kemiringan pantai dianggap mendatar.

Pada penelitian yang akan dilaksanakan ini, akan menggunakan: 3 (tiga) jenis nilai k (permeabilitas), 3 (tiga) buah pipa berpori, dan permukaan tanah berada di atas permukaan air karena dipandang lebih sesuai dengan kondisi di lapangan.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Model pipa berpori didesain seperti pada Gambar 1, model kombinasi pipa berpori didesain seperti Tabel 1, dan model kombinasi letak pipa berpori didesain seperti pada Tabel 2. Denah model pipa berpori didesain seperti pada Gambar 2, dan Gambar 3 memperlihatkan potongan A-A model pipa berpori.



Gambar 1. Model Pipa berpori.

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

Desain simulasi eksperimen dibuat dengan memvariasi beberapa parameter penelitian yaitu L, D, D_f, s, l, h, dan k.

Bahan Dan Peralatan Penelitian

Media eksperimen terdiri dari pasangan batu bata tebal 15 cm berukuran panjang 180 cm; lebar 155 cm; dan tinggi 90 cm, serta plat baja tebal 1 mm. Pipa PVC berpori diletakkan seperti pada Gambar 2 dan 3 dengan kombinasi k, h, l seperti pada Tabel 2. Simulasi eksperimen juga dilakukan terhadap kombinasi pipa berpori yang terdiri dari L, a, dan s.

Koefisien permeabilitas pasir (k) yang akan digunakan dalam penelitian ini terdiridari 3 jenis pasir yaitu:

$k_1 = 6,1 \cdot 10^{-4}$ m/sec, $k_2 = 1,1 \cdot 10^{-4}$ m/sec, dan $k_3 = 2,8 \cdot 10^{-4}$ m/sec. Adapun peralatan yang digunakan dalam eksperimen ini meliputi: Stop watch, Mistar ukur, Gelas ukur berkapasitas 1 liter sebanyak 3 buah, Kamera digital, Alat tulis, Lakban, Gunting, Cetok, Ember, Sekop tangan 2 buah, Pacul, dan alat bantu lainnya.

Tabel 1. Model kombinasi pipa berpori

D (inch)	L (cm)	D _f (mm)	s (cm)
1,25	30	1	1
			2
			3
		2	1
			2
			3
		3	1
			2
			3
	40	1	1
			2
			3
		2	1
			2
			3
		3	1
			2
			3
50	1	1	
		2	
		3	
	2	1	
		2	
		3	
	3	1	
		2	
		3	

Tabel 2. Model kombinasi letak pipa berpori

k (m/det)	l (cm)	h (cm)
$6,1 \cdot 10^{-4}$ $1,1 \cdot 10^{-4}$ $2,8 \cdot 10^{-4}$	55	35
		45
		55
	60	35
		45
		55
	65	35
		45
		55

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam 3 tahap percobaan yaitu: Percobaan 1 dengan 1 pipa berpori, percobaan 2 dengan 2 pipa berpori, dan percobaan 3 dengan 3 pipa berpori seperti terlihat pada Gambar 2 dan 3. Pada saat 1 pipa berpori yaitu dengan menggunakan pipa berpori yang di tengah (pipa berpori kiri dan pipa berpori kanan ditutup). Pada saat 2 pipa berpori yaitu dengan menggunakan pipa berpori kiri dan pipa berpori kanan (pipa berpori tengah ditutup), sedangkan pada saat 3 pipa berpori yaitu dengan menggunakan pipa berpori kiri; pipa berpori tengah; dan pipa berpori kanan.

Garis besar langkah-langkah penelitian pada Percobaan 1 (1 pipa) adalah sebagai berikut ini :

- a. Pipa berpori diletakkan pada bak penelitian seperti terlihat pada Gambar 2.
- b. Tutup pipa berpori kiri dan pipa berpori kanan.
- c. Bak penelitian diisi pasir dengan ketebalan bervariasi seperti terlihat pada Tabel 2, kemudian dialirkan air sampai dengan ketinggian bervariasi seperti Tabel 2 tersebut.
- d. Jika kondisi aliran sudah stabil ($Q_{inlet} = Q_{outlet}$ dan muka air tetap pada elevasi peluap), ukur debit (Q) yang keluar melalui pipa berpori dan catat hasilnya.
- e. Pengukuran debit (Q) dilakukan sebanyak 3 kali untuk setiap kombinasi tinggi head dan letak pipa di dalam tanah, untuk diambil nilai rata-ratanya.
- f. Prosedur di atas dilakukan untuk beberapa variasi sesuai dengan desain eksperimen yang sudah direncanakan untuk diteliti.

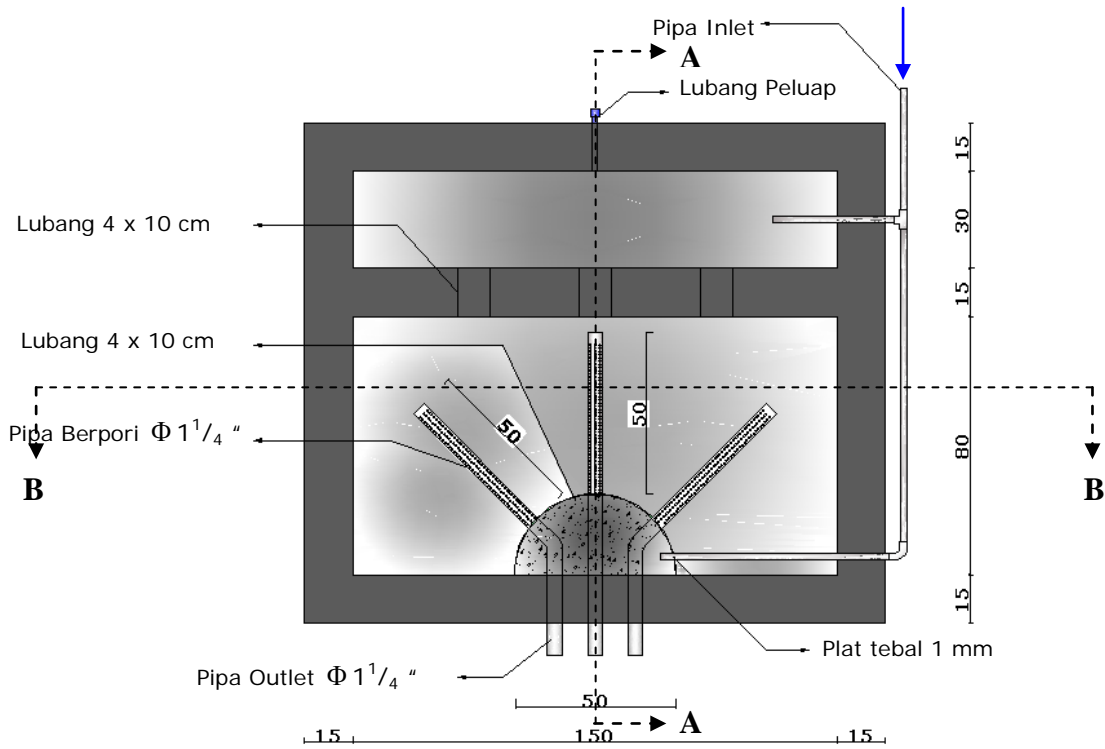
Garis besar langkah-langkah penelitian pada Percobaan 2 (2 pipa) adalah sebagai berikut ini.

- a. Tutup pipa berpori tengah seperti terlihat pada Gambar 2.
- b. Prosedur yang sama dengan Percobaan 1 (butir c s/d e) diulangi untuk model pipa berpori berjumlah 2 buah sebagaimana terlihat pada Gambar 2.

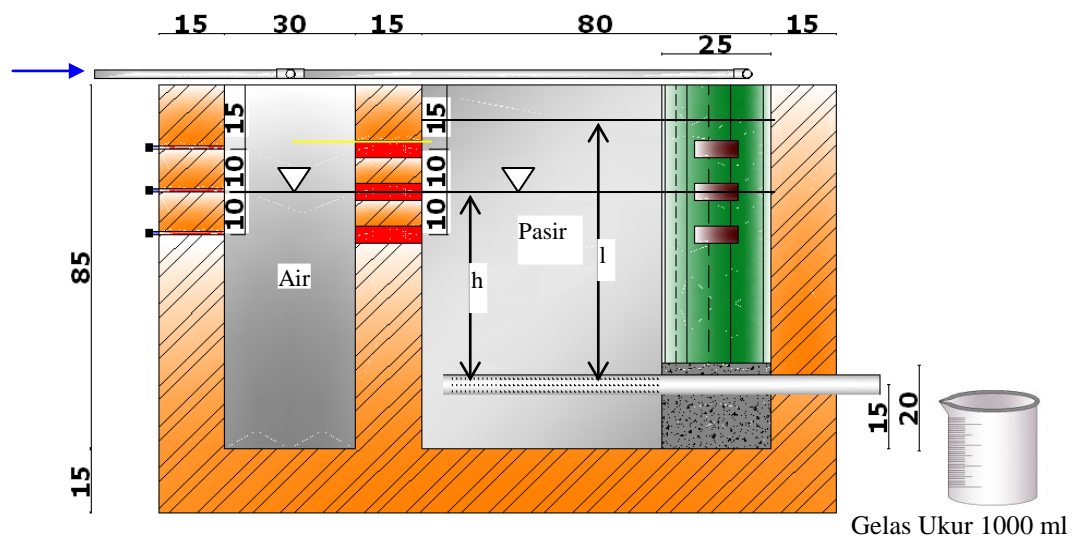
c. Prosedur di atas dilakukan untuk beberapa variasi sesuai dengan desain eksperimen yang sudah direncanakan untuk diteliti.

Garis besar langkah-langkah penelitian pada Percobaan 3 (3 pipa) adalah sebagai berikut ini.

- a. Buka semua tutup pipa berpori tengah seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Denah Model Pipa Berpori



Gambar 3. Potongan A – A Model Pipa Berpori

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Dimensi

Parameter-parameter yang berpengaruh dalam penelitian ini sebagaimana telah dijelaskan dalam tujuan penelitian adalah:

$$Q = f(D, L, l, h, D_f, s, g, k)$$

$$Q = f(D, L, l, h, g, k, A_f) \quad (9)$$

Dimana $A_f = f(s, D_f)$

Parameter penting adalah Q atau debit aliran sedangkan parameter-parameter yang diulang adalah g atau percepatan gravitasi dan D atau diameter pipa berpori.

Pada Persamaan 9 tersebut terdapat delapan parameter (n = 8) dan hanya terdiri dari dua dimensi dasar (m = 2) yaitu dimensi panjang L dan dimensi waktu T, sehingga produk bilangan tak berdimensi yang dihasilkan adalah (n - m) = 8 - 2 = 6 buah ($\pi = 6$) yaitu:

$$\pi_1 = g^{-1/2} D^{-5/2} Q = g^{-1} D^{-5} Q^2 = \frac{Q^2}{gD^5} \quad (10)$$

$$\pi_2 = g^{-1/2} D^{-1/2} k = g^{-1} D^{-1} k^2 = \frac{k^2}{gD} \quad (11)$$

$$\pi_3 = g^0 D^{-2} A_f = \frac{A_f}{D^2} \quad (12)$$

$$\pi_4 = g^0 D^{-1} l = \frac{l}{D} \quad (13)$$

$$\pi_5 = g^0 D^{-1} L = \frac{L}{D} \quad (14)$$

$$\pi_6 = g^0 D^{-1} h = \frac{h}{D} \quad (15)$$

Jika analisis dimensi dilanjutkan maka:

$$\pi_7 = \frac{\sqrt{\pi_1 / \pi_2}}{\pi_5} = \sqrt{\frac{Q^2}{gD^5} \cdot \frac{gD}{k^2} / \frac{L}{D}} = \frac{Q}{kLD} \quad (16)$$

$$\pi_8 = \frac{\pi_6}{\pi_4} = \frac{h}{l} \quad (17)$$

$$\pi_9 = \frac{\pi_3}{\pi_5} \cdot \pi_8 = \frac{A_f}{D^2} \cdot \frac{D}{L} \cdot \frac{h}{l} = \frac{A_f \cdot h}{LD \cdot l} \quad (18)$$

Dengan demikian bilangan tak berdimensi yang mewakili parameter-parameter yang mempengaruhi penelitian dapat ditulis sebagai berikut ini.

$$\phi \left(\frac{Q}{kLD}, \frac{A_f \cdot h}{LD \cdot l} \right) \quad (19)$$

Berdasarkan hasil produk bilangan tak berdimensi seperti terlihat pada persamaan 19 tersebut, kemudian dibuatkan tabel hubungan antara Q/k.L.D dengan $A_f \cdot h / L \cdot D \cdot l$ yang digunakan untuk memasukkan semua data hasil penelitian.

Hubungan antara Q/k.L.D dengan $A_f \cdot h / L \cdot D \cdot l$

Berdasarkan hasil analisis data regresi non linear, diperoleh kurva terbaik hasil Output SPSS 17.0 yang menggambarkan hubungan antara Q/k.L.D dengan $A_f \cdot h / L \cdot D \cdot l$ untuk masing-masing pipa sebagai berikut ini.

$$\frac{Q}{k.L.D} = 54,600 \left(\frac{A_f \cdot h}{L.D.l} \right)^{0,427} \quad (20)$$

Persamaan 20 inilah yang mewakili hubungan antara Q/k.L.D dengan $A_f \cdot h / L \cdot D \cdot l$ untuk n = 1 pipa.

$$\frac{Q}{k.L.D} = 84,354 \left(\frac{A_f \cdot h}{L.D.l} \right)^{0,385} \quad (21)$$

Persamaan 21 inilah yang mewakili hubungan antara Q/k.L.D dengan $A_f \cdot h / L \cdot D \cdot l$ untuk n = 2 pipa.

$$\frac{Q}{k.L.D} = 103,926 \left(\frac{A_f \cdot h}{L.D.l} \right)^{0,354} \quad (22)$$

Persamaan 22 inilah yang mewakili hubungan antara Q/k.L.D dengan $A_f \cdot h / L \cdot D \cdot l$ untuk n = 3 pipa.

Hubungan antara Q/k.L.D dengan $A_f \cdot h / L \cdot D \cdot l$ pada persamaan 20, 21, dan 22 tersebut, selanjutnya dapat dilihat pada Gambar 4.

Pengaruh Ketebalan Pasir di atas Muka Air terhadap Debit Aliran

Berdasarkan hasil pengamatan selama pelaksanaan penelitian, tampak bahwa semakin tinggi tebal pasir di atas muka air, maka debit aliran melalui pipa berpori akan semakin kecil sekalipun kedalaman muka air tetap, sebagai contoh dapat dilihat pada uraian berikut.

Kedalaman muka tanah dari pipa berpori = 65 cm

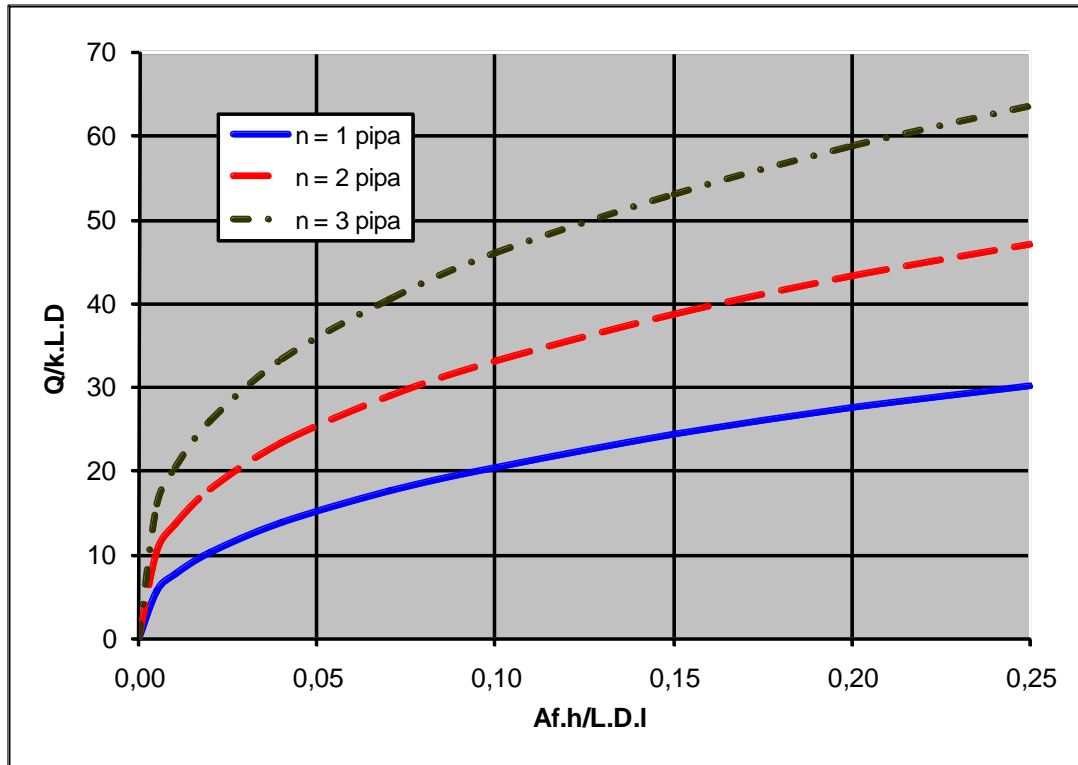
Pada kedalaman muka air dari pipa berpori = 35 cm, berarti ketebalan pasir diatas muka air = 65 - 35 = 30 cm, maka diperoleh besarnya debit aliran melalui pipa berpori untuk:

- n = 1 pipa : 46,900427 cm³/det
- n = 2 pipa : 76,815219 cm³/det
- n = 3 pipa : 118,487367 cm³/det

Pada kedalaman muka air dari pipa berpori = 45 cm, berarti ketebalan pasir diatas muka air = 65 – 45 = 20 cm, maka diperoleh besarnya debit aliran melalui pipa berpori untuk:
 n = 1 pipa : 64,380064 cm³/det
 n = 2 pipa : 117,010259 cm³/det
 n = 3 pipa : 159,587371 cm³/det
 Pada kedalaman muka air dari pipa berpori = 55 cm, berarti ketebalan pasir diatas muka air

= 65 – 55 = 10 cm, maka diperoleh besarnya debit aliran melalui pipa berpori untuk:
 n = 1 pipa : 81,541219 cm³/det
 n = 2 pipa : 146,561200 cm³/det
 n = 3 pipa : 195,347077 cm³/det

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa, semakin tebal head energi, maka semakin besar debit aliran melalui pipa berpori.



Gambar 4. Hubungan antara Q/k.L.D dengan Af.h/L.D.l untuk n = 3 pipa, n = 2 pipa, dan n = 3 pipa

Pengaruh Jumlah Pipa terhadap Rumus Empirik

Berdasarkan grafik hasil penelitian sebagaimana terlihat pada Gambar 4, tampak bahwa besarnya debit aliran melalui pipa berpori tidak berbanding lurus dengan jumlah pipa berporinya, sebagai contoh misalnya:
 Pada nilai Af.h/L.D.l = 0,15, berdasarkan Gambar 4, diperoleh:
 Untuk n = 1 pipa maka nilai Q/k.L.D = 24,5, dianggap = 100 %
 Untuk n = 2 pipa maka nilai Q/k.L.D = 38,5, yang berarti = 38,5/24,5 = 157,1429 % dari 1

pipa atau hanya 1,57 kalinya saja dan tidak 2 kalinya..

Untuk n = 3 pipa maka nilai Q/k.L.D = 53, yang berarti = 53/24,5 = 216,3265 % dari 1 pipa atau hanya 2,16 kalinya saja dan tidak 3 kalinya

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa besarnya debit aliran melalui pipa berpori tidak berbanding lurus dengan jumlah pipa berporinya, hal ini dimungkinkan akibat adanya pengaruh letak daripada jari-jari pipa-pipa berpori.

Aplikasi Hasil Penelitian

Dalam rangka mengaplikasikan hasil penelitian, akan diberikan contoh perencanaan pipa-pipa berjari pada sistem sumur kolektor berjari seperti terlihat pada Gambar 5.

Diketahui:

Koefisien permeabilitas tanah: $k = 5.10^{-4}$ m/det

Pipa berpori :

Panjang: $L = 4,0$ m

Diameter: $D = 0,30$ m

Jumlah $n = 3$ buah

Pori : Diameter: $D_f = 3$ cm = 0,03 m

Jarak: $s = 15$ cm = 0,15 m

Kedalaman muka air di atas pipa berpori:

$h = 3,0$ m

Kedalaman muka tanah di atas pipa berpori:

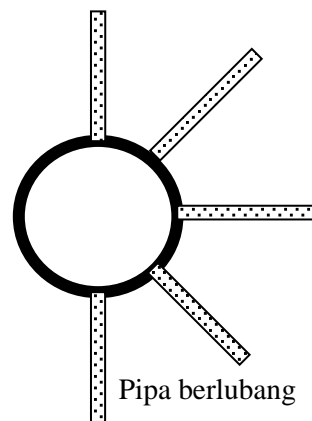
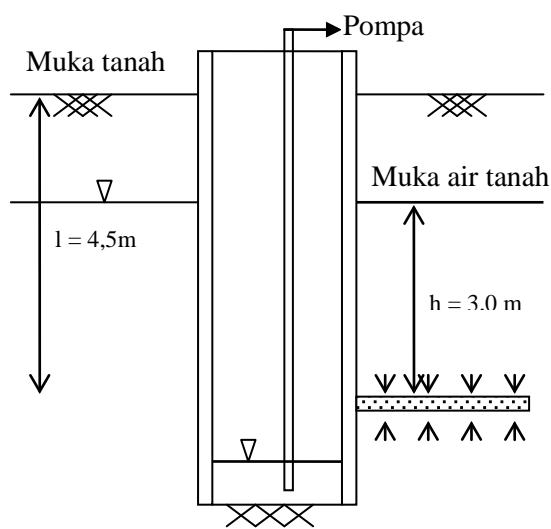
$l = 4,5$ m

Jumlah pipa berpori: $n = 3$ buah

Ditanyakan: Berapa besarnya debit aliran melalui pipa berpori (Q), baik untuk $n = 1$ pipa, $n = 2$ pipa, maupun $n = 3$ pipa

Penyelesaian:

Jumlah pori: $n_f = L/s.(\pi.D/s) = 4,0/0,15(\pi.0,30/0,15) = 27.6 = 162$ buah



Gambar 5. Contoh aplikasi sumur kolektor berjari

Luas pori tiap pipa berpori: $A_f = \frac{1}{4}\pi.D_f^2$

$n_f = \frac{1}{4} \cdot \pi.0,03^2.162 = 0,114557$ m²

$A_f.h/L.D.l = (0,114557.4,0)/(3,0.0,30.4,5) = 0,113143$

Debit aliran melalui pipa berpori untuk $n = 1$ pipa:

Lihat grafik Gambar 4, didapat $Q/k.L.D = 21,5$

$Q = 21,5.k.L.D = 21,5 \cdot 5.10^{-4}.4,0.0,30 = 0,0129$ m³/det

Jadi besarnya debit melalui pipa berpori untuk $n = 1$ pipa: $Q = 0,0129$ m³/det

Debit aliran melalui pipa berpori untuk $n = 2$ pipa:

Lihat grafik Gambar 4, didapat $Q/k.L.D = 34,9$

$Q = 21,5.k.L.D = 34,9 \cdot 5.10^{-4}.4,0.0,30 = 0,02094$ m³/det

Jadi besarnya debit melalui pipa berpori untuk $n = 2$ pipa: $Q = 0,02094$ m³/det

Debit aliran melalui pipa berpori untuk $n = 3$ pipa:

Lihat grafik Gambar 4, didapat $Q/k.L.D = 48,3$

$Q = 21,5.k.L.D = 48,3 \cdot 5.10^{-4}.4,0.0,30 = 0,02898$ m³/det

Jadi besarnya debit melalui pipa berpori untuk $n = 3$ pipa: $Q = 0,02898$ m³/det

KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan selama pelaksanaan penelitian dan hasil analisis terhadap data penelitian Aliran Air Tanah Melalui Pipa Berpori Sistem Sumur Kolektor Berjari, dapat disampaikan beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa parameter yang berpengaruh secara signifikan terhadap debit aliran melalui pipa berpori (Q) adalah: permeabilitas tanah (k), diameter pipa berpori (D), panjang pipa berpori (L), kedalaman pipa berpori (l), diameter pori (D_f), jarak pori (s), luas pori (A_f), dan ketinggian air di atas pipa berpori (h).

$$Q = f(k, D, L, l, D_f, s, h), \text{ atau}$$

$$Q = f(k, D, L, l, A_f, h)$$

2. Adapun formulasi empirik hasil analisis dimensi debit aliran melalui pipa berpori sistem sumur kolektor berjari yang mewakili hubungan antara Q/k.L.D dengan Af.h/L.D.l adalah sebagai berikut ini.

$$\frac{Q}{k.L.D} = 54.600 \left[\frac{A_f . h}{L.D.l} \right]^{0,427}, \text{ untuk } n =$$

1 pipa.

$$\frac{Q}{k.L.D} = 80,354 \left[\frac{A_f . h}{L.D.l} \right]^{0,385}, \text{ untuk } n =$$

2 pipa.

$$\frac{Q}{k.L.D} = 103,926 \left[\frac{A_f . h}{L.D.l} \right]^{0,354}, \text{ untuk } n =$$

3 pipa.

Rumus-rumus empirik inilah yang dapat digunakan untuk keperluan perencanaan pipa-pipa berpori daripada sumur kolektor berjari.

3. Berdasarkan hasil pengamatan selama pelaksanaan penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi ketebalan pasir di atas muka air, maka air akan lebih sulit mengalir atau debit aliran melalui pipa berpori akan semakin kecil.
4. Berdasarkan grafik hasil penelitian pada Gambar 4 dapat disimpulkan bahwa besarnya debit aliran melalui pipa berpori tidak berbanding lurus dengan jumlah pipa berporinya. Hal ini dimungkinkan terjadi akibat adanya pengaruh letak daripada jari-jari pipa-pipa berpori.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2000, **Perforated Pipe Subdrains**, Specification.
- Anonim, 2004, *Outflow from Perforated Pipe*, Technical Notes, www.ads-pipe.com, Hilliard.
- Anonim, 2005, **Subdrainage 02620 (Spec-Data)**, Midwest Diversified Technologies Inc., Reed Construction Data.
- Hardiyatmo, H.C., 2002, **Mekanika Tanah I**, Edisi ketiga, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 141-258.
- Kashef, A.I., 1986, **Groundwater Engineering**, McGraw-Hill Book Co. Inc., New York.
- McWhorter, D.B. and Sunada, D.K., 1977, **Ground-Water Hydrology and Hydraulics**, Water Resources Publications, Colorado, 156-168.
- 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**, XII(1): 12-20.
- Nur Yuwono, 2001, *Perkembangan Riset Teknologi Pesisir Di Perguruan Tinggi*, **Prosiding Forum Teknologi Konservasi Dan Rehabilitasi Pesisir**, Pusat Riset Teknologi Kelautan, Jakarta, 7.1-7.6.
- Petroff, C., Arnason H., and Sieck L., 2003, *Groundwater Notes (Hydraulic Engineering)*, www.courses.washington.edu/hydclass.
- Suharyadi, 2004, **Pengantar Geologi Teknik**, Edisi 4, Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 109-120.
- Triatmodjo, B., 1993, **Hidraulika II**, Beta Offset, Yogyakarta.
- Walton, W.C., 1970, **Ground-Water Resources Evaluation**, McGraw-Hill Inc., New York, 307-312.