

KINERJA PIPA RESAPAN SEBAGAI PENDUKUNG KONSERVASI AIR

Edy Susilo^{1*}, Diah Setyati Budiningrum²

^{1,2}) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Semarang
Jalan Arteri Sukarno Hatta – Tlogosari – Semarang
e-mail :123edysusilo@gmail.com

ABSTRACT

Changes in land use that make the ground surface more impervious cause a decrease in groundwater infiltration and an increase in surface runoff. Various attempts made by using infiltration wells and bio pores have not yet achieved the expected results. A horizontal recharge pipe is expected to be one solution to overcome these problems. By using a horizontal recharge pipe with a length of 2 m to 7 m, a diameter of 10 cm, the effect of variable length on the discharge of water infiltration in the ground is obtained. Water infiltration with a horizontal recharge pipe diameter of 30 cm, length Lcm, wall hole ratio of 0.028, and water pressure height of H cm in clay-type soil with permeability of 7.09×10^{-6} cm/second expressed by the equation $Q=0.00019 \times L^{0.913} \times H^{2.3965}$. Flood discharge in a watershed is calculated using the Rational formula and horizontal recharge pipe requirements can be obtained using graphs. The use of horizontal recharge pipes with other specifications and different types of soil needs research development. The results of this study are expected to be used to maintain water conservation while handling flood problems.

Keywords: horizontal recharge pipe; conservation; flood.

ABSTRAK

Perubahan tataguna lahan yang menjadikan permukaan tanah semakin kedap menyebabkan penurunan infiltrasi air tanah dan peningkatan debit aliran permukaan. Berbagai upaya yang dilakukan dengan menggunakan sumur resapan dan biopori belum mencapai hasil yang diharapkan. Pipa resapan horisontal diharapkan menjadi salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Dengan menggunakan pipa horisontal dinding berlubang panjang 2 m sampai 7 m diameter 10 cm diperoleh pengaruh variabel panjang terhadap debit resapan air di dalam tanah. Debit resapan air dengan pipa horisontal diameter 30 cm, panjang L cm, rasio lubang dinding 0.028, dan tinggi tekan air H cm pada tanah jenis clay dengan permeabilitas 7.09×10^{-6} cm/detik dinyatakan dengan persamaan $Q=0.00019 \times L^{0.913} \times H^{2.3965}$. Debit banjir pada sebuah DAS dihitung dengan rumus Rasional dan kebutuhan pipa resapan horisontal dapat diperoleh dengan menggunakan grafik. Penggunaan pipa resapan horisontal dengan spesifikasi lain dan jenis tanah yang berbeda perlu dilakukan pengembangan penelitian. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk memelihara konservasi air sekaligus penanganan permasalahan banjir

Kata kunci: pipa resapan horisontal, konservasi, banjir

PENDAHULUAN

Kekeringan dan penurunan permukaan air tanah yang diikuti oleh perembesan air laut di daerah pantai menjadi permasalahan di beberapa wilayah. Menurut Rahman (2008) permukaan-permukaan tanah kedap air yang bertambah dalam suatu Daerah aliran sungai (DAS) akan berpengaruh pada volume air yang tersedia di dalam tanah dan aliran air permukaan dalam daerah tersebut. Sumur resapan dan biopori banyak digunakan antara lain di Bali (Gede, 2017) dan Jawa Barat (Ridwan, 2014). Penggunaannya selain untuk mengatasi permasalahan banjir, juga untuk peningkatan infiltrasi air tanah. Namun karena debit resapan kecil, maka sumur resapan dan biopori kurang efektif untuk mengatasi permasalahan banjir (Joko, 2014; Hari, 2019; dan Edi, 2014). Dengan demikian diperlukan inovasi sumur resapan yang memiliki daya resap yang cukup besar (Edy, 2018). Penggunaan sumur untuk pengisian air tanah telah dilakukan oleh beberapa negara antara lain di Lahore (Fiaz, et.al, 2019). Eksploitasi air tanah berlebihan di India menyebabkan permukaan air tanah menurun dan terjadinya intrusi air laut. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dilakukan pengisian air tanah di beberapa wilayah dengan menggunakan sumur resapan (Amarty, 2010).

Pipa resapan merupakan bangunan yang berfungsi untuk meresapkan air permukaan ke dalam tanah dan dipasang secara horisontal. Peresapan air ke dalam tanah sebanding dengan tinggi tekanan hidrolis, permeabilitas tanah, dan faktor bentuk. Pipa resapan horisontal memiliki dimensi yang tidak dibatasi oleh kedalaman air tanah, sehingga faktor bentuk menjadi besar dan akan meningkatkan kapasitas resapan. Bangunan resapan dengan dinding berlubang memiliki daya resap air yang lebih besar dibandingkan tanpa lubang untuk dimensi yang sama (Edy et.al. 2012). Diharapkan pipa resapan ini menjadi alternatif solusi untuk meningkatkan infiltrasi air dan menjaga kelestariannya.

Debit aliran bebas yang melalui lubang kecil menurut Triatmojo (1996) dinyatakan dengan persamaan:

$$Q = C_d \cdot a \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (1)$$

Sedangkan debit aliran tenggelam dinyatakan dengan persamaan:

$$Q = C_d \cdot a \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (H_2 - H_1)} \quad (2)$$

Keterangan:

- Cd : koefisien debit
- a : luas bukaan lubang (m²)
- g : percepatan gravitasi (m/dt²)
- H : tinggi tekanan (m)
- Q : debit aliran (m³/dt)

Menurut Triatmojo (1996), koefisien debit C_d harus ditentukan dengan percobaan. Dengan demikian rumus tersebut dapat dijadikan dasar dalam perhitungan debit infiltrasi pipa resapan.

Menurut Sriyono (2013) Persamaan (1) dapat digunakan untuk menghitung debit aliran melalui pipa berpori sehingga dapat dituliskan dengan Persamaan (3).

$$Q = C_d A_f \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (3)$$

Keterangan:

- C_d : koefisien debit
- A_f : luas lubang (m^2)
- g : percepatan gravitasi (m/dt^2)
- H : tinggi tekanan (m)
- Q : debit aliran (m^3/dt)

Harga C_d pada persamaan di atas menurut Sriyono (2013) merupakan fungsi beberapa variable seperti pada Persamaan (4)

$$C_d = f \left(\frac{K}{\sqrt{g \cdot H}}, \frac{A_f}{A} \right) \quad (4)$$

Keterangan:

- C_d : koefisien debit
- A_f : luas seluruh lubang (m^2)
- A : luas dinding pipa (m^2)
- A_f/A : rasio lubang dinding
- g : percepatan gravitasi (m/dt^2)
- K : permeabilitas tanah (m/dt)
- H : tinggi tekanan (m)
- Q : debit aliran (m^3/dt)

Sriyono menggunakan Persamaan (4) untuk perhitungan koefisien debit pengambilan air dengan pipa berpori. Penggunaannya untuk pipa resapan perlu dilakukan penelitian.

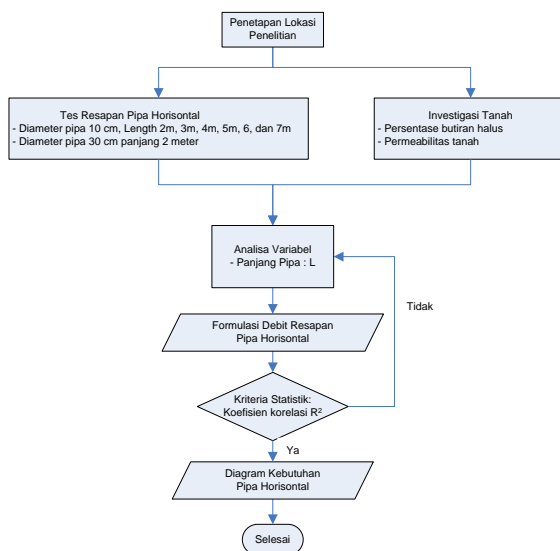
Hidrolika pipa berlubang sangat rumit (van Schilfgaarde et.al, 1974), maka diperlukan pengamatan empiris debit pipa resapan.

METODOLOGI

Disiapkan pipa diameter 10 cm dengan dinding berlubang diameter 10 mm berjarak 5,7 cm sebanyak 4 baris atau rasio lubang dinding 0,028. Panjang 7 meter dibagi menjadi 6 segmen dengan panjang 2 meter dan selanjutnya disambung dengan pipa 1 meter. Ujung pipa 2 meter dihubungkan dengan knee dan disambungkan vertikal pipa diameter yang sama tanpa dilubangi dindingnya dengan panjang 1 meter. Lubang dinding masing-masing segmen ditutup dengan lakban dan dihubungkan dengan tali sampai ujung lubang pipa vertikal. Selanjutnya pipa tersebut dipasang di dalam tanah

secara horisontal dengan ujung vertikal kurang lebih 20 cm di atas permukaan tanah. Pengujian pipa resapan dilakukan untuk panjang 2 meter, 3 meter, 4 meter, 5 meter, 6 meter, dan 7 meter dengan cara melepas lakban yang terhubung tali pada ujung pipa. Pengujian resapan untuk masing-masing panjang dilakukan dengan mengisi pipa sampai penuh selanjutnya dibiarkan terjadi penurunan muka air yang tercatat oleh alat pengukur kedalaman air tiap 5 detik. Dengan demikian debit resapan dapat dihitung dengan menghitung volume penurunan dengan waktu resapan.

Langkah-langkah penelitian berikutnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Metoda Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik tanah di lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Gradasi Tanah

No.	Butiran Tanah	Satuan	Hasil Pengukuran
1.	Kerikil	%	0.42
2.	Pasir Kasar	%	3.18
3.	Pasir halus	%	9.56
4.	Lanau	%	67.84
5.	Lempung	%	19.00

Prosentase lanau dan lempung 86,84% tergolong tanah berbutir halus dan menurut klasifikasi segitiga tekstur tanah AASHTO tergolong tanah clay. Permeabilitas tanah sebesar 7.09×10^{-6} cm/detik.

Dengan menggunakan program NCSS 12 persamaan diperoleh persamaan regresi untuk masing-masing panjang pipa dengan bentuk umum :

$$Q = A \cdot H^B \quad (5)$$

Keterangan:

H = tinggi tekan air (cm)

A dan B = Konstanta

Q = debit resapan untuk tinggi tekan air H (cm^3/dt)

Koefisien korelasi (R^2) untuk keenam panjang pipa diameter 10 cm dan rasio lubang terhadap luas dinding 0,028 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Koefisien korelasi dan konstanta persamaan regresi

No.	Panjang Pipa	Koefisien Korelasi (R^2)	Konstanta A	Konstanta B
1.	7 meter	0,80359	0,42523	1,64606
2.	6 meter	0,89581	0,11855	1,95320
3.	5 meter	0,90207	0,06827	1,97528
4.	4 meter	0,90227	0,10692	1,83356
5.	3 meter	0,81617	0,09084	1,81765
6.	2 meter	0,88567	0,12669	1,66420

Maka menurut persamaan (8), koefisien debit (C_d) dan luas lubang (A_f) masuk ke dalam konstanta A sedangkan konstanta B merupakan pangkat dari variabel tinggi tekanan air (H).

Apabila variabel panjang dimasukkan didapat persamaan umum untuk diameter pipa 10 cm:

$$Q = 0.000495 \times L^{0.913} \times H^{1.809} \quad (6)$$

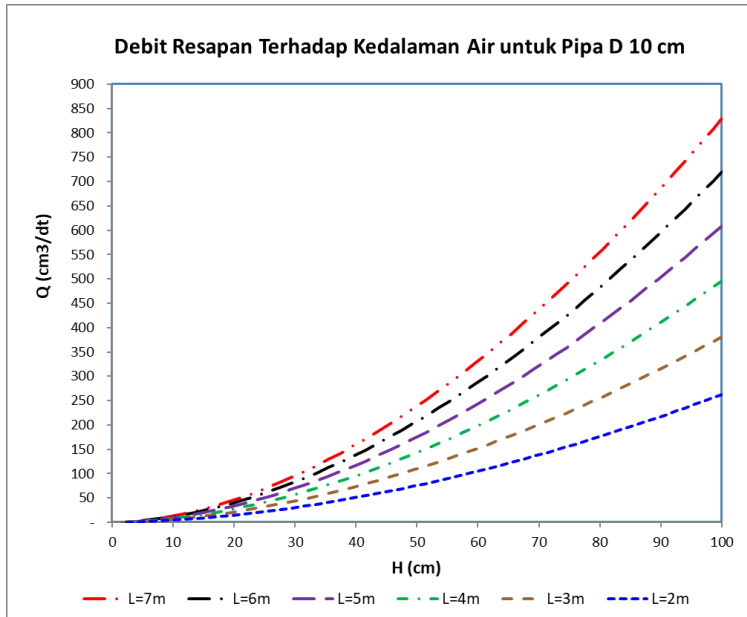
Keterangan :

H = tinggi tekanan air (cm)

L = Panjang pipa (cm)

Q = debit resapan untuk tinggi tekanan air H (cm^3/dt)

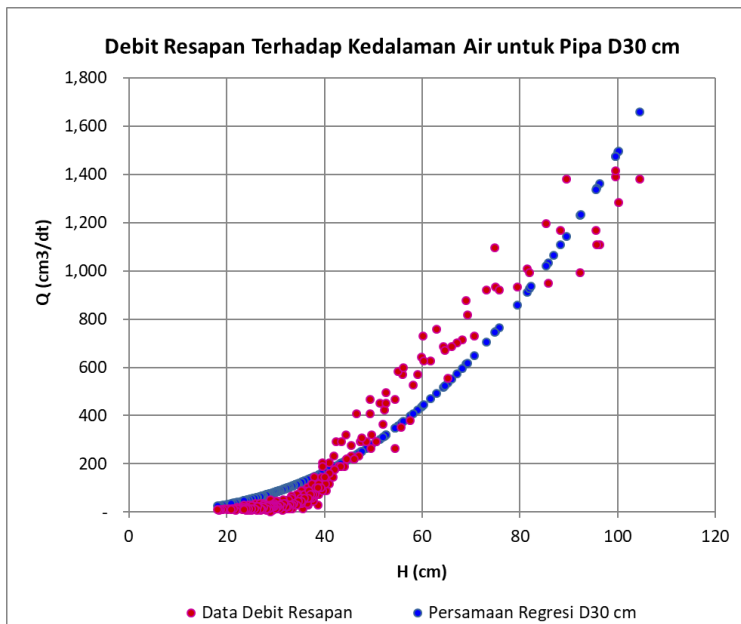
Koefisien korelasi (R^2) persamaan regresi diatas sebesar 0.8421 yang berarti cukup baik. Dengan pangkat variabel panjang (L) sebesar 0,913 untuk penyederhanaan debit resapan untuk diameter yang lain variabel panjang dapat dianggap sama dengan diameter 10 cm. Grafik debit resapan untuk diameter 10 cm dengan panjang 2 meter sampai 7 meter dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva Regresi Debit Resapan Pipa Horizontal Diameter 10 cm

Sumber : Hasil Analisis Peneliti, 2019

Dengan rasio lubang dinding yang sama yaitu 0,028 hasil pengujian resapan pipa diameter 30 cm dan panjang 2 meter, menghasilkan debit resapan lebih besar sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Debit Resapan Pipa Horizontal Diameter 30 cm Panjang 2 m

Sumber : Hasil Analisis Peneliti, 2019

Persamaan regresi untuk pipa diameter 30 cm dengan panjang L meter rasio lubang 0,028 adalah sebagai berikut :

$$Q = 0.00019 \times L^{0.913} \times H^{2.3965} \quad (7)$$

Keterangan :

- H = tinggi tekanan air (cm)
 L = Panjang pipa (cm)
 Q = debit resapan untuk tinggi tekanan air H (cm³/dt)

Debit banjir menurut persamaan rasional dinyatakan dengan rumus :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (8)$$

Keterangan :

- C = Koefisien pengaliran
 I = Intensitas hujan (mm/jam)
 A = Luas daerah aliran sungai (km²)
 Q = debit banjir maksimum (m³/dt)

Koefisien pengaliran merupakan merupakan nisbah jumlah air yang dapat melimpas dengan keseluruhan air hujan yang jatuh pada suatu daerah. Besarnya koefisien pengaliran tergantung pada penutup lahan di atas permukaan tanah.

Perubahan tataguna lahan akan menyebabkan perubahan koefisien pengaliran. Apabila perubahan koefisien pengaliran sebesar ΔC maka akan terjadi perubahan debit sebesar ΔQ , sehingga persamaan (8) dapat ditulis menjadi :

$$\Delta Q = 0,278 \times \Delta C \times I \times A \quad (9)$$

Keterangan :

- ΔC = Perubahan koefisien pengaliran
 ΔQ = Perubahan debit banjir maksimum (m³/dt)

Perubahan tataguna lahan yang berakibat penurunan infiltrasi air tanah dan peningkatan debit banjir dapat dilakukan dengan pipa resapan.

Debit yang perlu diresapkan ke dalam tanah dengan pipa resapan dengan intensitas hujan I mm/jam, perubahan koefisien pengaliran ΔC dan luas DAS A km² dapat dilihat pada Tabel 3. $\Delta C.A$ adalah perkalian antara perubahan koefisien pengaliran dengan luas DAS (km²) untuk kemudahan perhitungan.

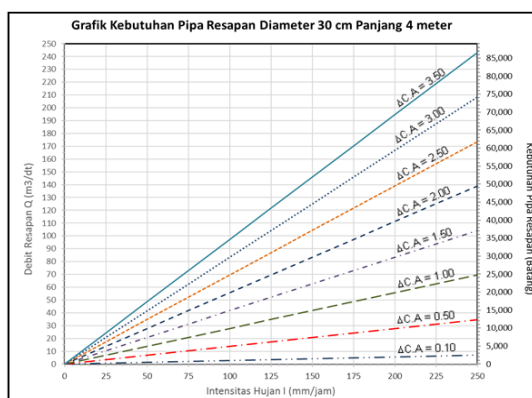
Tabel 3. Debit yang perlu diresapkan akibat perubahan tataguna lahan

Intensitas Hujan I (mm/jam)	Debit yang diresapkan akibat perubahan koefisien Pengaliran (m ³ /dt)							
	□C.A □□□	□C.A 0.50	□C.A 1.00	□C.A 1.50	□C.A 2.00	□C.A 2.50	□C.A 3.00	□C.A 3.50
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.70	3.48	6.95	10.43	13.90	17.38	20.85	24.33
50	1.39	6.95	13.90	20.85	27.80	34.75	41.70	48.65
75	2.09	10.43	20.85	31.28	41.70	52.13	62.55	72.98
100	2.78	13.90	27.80	41.70	55.60	69.50	83.40	97.30
125	3.48	17.38	34.75	52.13	69.50	86.88	104.25	121.63
150	4.17	20.85	41.70	62.55	83.40	104.25	125.10	145.95
175	4.87	24.33	48.65	72.98	97.30	121.63	145.95	170.28
200	5.56	27.80	55.60	83.40	111.20	139.00	166.80	194.60
225	6.26	31.28	62.55	93.83	125.10	156.38	187.65	218.93
257	7.14	35.71	71.43	107.14	142.86	178.57	214.29	250.00

(Sumber : Hasil Analisis Peneliti, 2019)

Selain dengan menggunakan tabel di atas perhitungan debit yang perlu diresapkan juga dapat dilakukan secara manual dengan menggunakan persamaan (9).

Kebutuhan pipa resapan didapat dengan membagi debit yang perlu diresapkan dengan kapasitas debit sebuah pipa. Dengan menggunakan persamaan (7) untuk diameter pipa resapan 30 cm, panjang 400 cm, rasio lubang dinding pipa 0,028, dan diasumsikan tinggi tekanan air 100 cm, maka debit resapan tiap pipa sebesar 0.0028 m³/dt. Untuk lebih mudahnya kebutuhan pipa resapan untuk ΔC.A 0.10 sampai 3.50 dan intensitas hujan 0mm/jam sampai 257 mm/jam dapat menggunakan grafik pada Gambar 3.



Gambar 3. Kebutuhan Pipa Resapan Horizontal Diameter 30 cm Panjang 4 m

Sumber : Hasil Analisis Peneliti, 2019

Untuk intensitas hujan, perubahan koefisien pengaliran, maupun luas lahan yang tidak sesuai dengan tabel di atas dapat dilakukan interpolasi linear.

KESIMPULAN

Pipa resapan horizontal dengan dinding berlubang cukup efektif untuk peningkatan infiltrasi air tanah dan penurunan debit banjir. Kebutuhan jumlah pipa resapan dengan diameter 30 cm, panjang 4 meter, rasio lubang dinding 0.028 dapat menggunakan grafik. Penelitian ini terbatas untuk tanah dengan permeabilitas sebesar $7,087 \times 10^{-6}$ cm/detik atau jenis tanah clay. Dengan demikian perlu dilakukan pengembangan penelitian pipa resapan horizontal dengan diameter yang lain dan jenis tanah berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Amarty, K.B., 2010, "Artificial Ground Water Recharge With a Special Reference to India", IJRRAS 4 (2), August 2010.
- Edi, P.U. (2014). "Peneliti LIPI: Biopori Kurang Efektif Cegah Banjir", <http://lipi.go.id/berita/single/Peneliti-LIPI-Biopori-Kurang-Efektif-Cegah-Banjir/9799>
- Edy, S., Bambang, P., Diah, S.B. (2012). Sumur Resapan Sederhana dengan Dinding Berlubang, Laporan Penelitian LPPM Universitas Semarang.
- Edy, S., Suripin, Suharyanto. (2018). *Field performance of shallow recharge well*, MATEC Web of Conferences 195, 05006 (2018), ICRMCE 2018, p. 5, <https://doi.org/10.1051/matecconf/201819505006>
- Fiaz, H., Riaz, H., Ray-Shyan Wu, dan Tanveer, A. (2019). "Rainwater Harvesting Potential and Utilization for Artificial Recharge of Groundwater Using Recharge Wells", Processes 2019, 7, 623; doi:10.3390/pr7090623.

Forchheimer (1930) "Hydraulik", Leipzig, Berlin, B.G. Teubner.

Gede, S. (2017) "Cara ini Lebih Efektif Menyimpan Air ke Tanah Dibanding Biopori", <https://www.mongabay.co.id/2017/03/07/cara-ini-lebih-efektif-menyimpan-air-ke-tanah-dibanding-biopori/>.

Hari, S. (2019) "Kementerian PUPR: Sumur Resapan Bagus, Cuma Banjir Tak Mudah Selesai", <https://megapolitan.kompas.com/read/2019/03/21/15245161/kementerian-pupr-sumur-resapan-bagus-cuma-banjir-tak-mudah-selesai>

Joko, K. (2014) " Menteri PU: Sumur Resapan Pemprov DKI Tidak Efektif", <https://news.okezone.com/read/2014/01/15/500/926703/menteri-pu-sumur-resapan-pemprov-dki-tidak-efektif>.

Rahman, H. (2008). "Aplikasi *Water Balance Model* untuk manajemen air hujan perkotaan: Studi Kasus pada Sub-DAS Sugutamu", Universitas Indonesia, hal. 10

Ridwan, K. (2014). "Peneliti LIPI: Biopori Kurang Efektif Cegah Banjir", <http://lipi.go.id/berita/single/Peneliti-LIPI-Biopori-Kurang-Efektif-Cegah-Banjir/9799>.

Sriyono. (2013) "Kajian Hitungan Debit Aliran Melalui Pipa Berpori Terhadap Kapasitas: Media Porous, Pori Pipa, dan Orifice", Jurnal Teknik Vol.3 No.1/APRIL 2013, ISSN 2088.3676.

Triatmojo B. (1996). Hidrolika I, Beta Offset, Yogyakarta.

van Schilfgaarde, J., ed. (1974). "*Drainage for Agriculture*", *Agronomy Series No. 17, American Society of Agronomy, Madison, WI.*