HUBUNGAN POROSITAS DENGAN SIFAT FISIK TANAH PADA *INFILTRATION GALLERY*

Maritha Nilam Kusuma dan Yulfiah

Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Indonesia
Email :

ABSTRACT

The raw water of drinking water installation (IPAM) still uses water from the river which carries many pollutants. At this time the water treatment is still using alum. Alum is a chemical that is mixed into the water that serves as a binder of pollutants that are then deposited with the sedimentation process. The use of alum is adapted to the level of pollutant to be removed, the higher the pollutant level, the more the amount of alum used. Excessive alum use has an impact on rising water tariffs and has carcinogenic properties in alum crystals that are still transported to the distribution system. A preliminary processing is needed to assist IPAM performance by utilizing natural soil filtration. This natural filtration is greatly enhanced by the physical shift of the soil. This study aims to determine the relationship of porosity with soil physical properties, which porosity is very influential on the filtration process. The method of analysis is to use a linear regression equation. The results obtained by small porosity then the specific gravity of each unit of volume increases and the distribution of particles towards the sand, resulting in a small moisture so that it can be used as a reference application of infiltration gallery.

Keywords : *infiltration gallery; porosity; water content; specific gravity*

ABSTRAK

Air baku Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) masih mengunakan air sungai dengan potensi mengandung polutan. Oleh karena itu,IPAM masih menggunakan banyak alum. Alum merupakan bahan kimia yang dicampurkan ke dalam air untuk mengikat polutan yang kemudian diendapkan dengan proses sedimentasi. Penggunaan alum disesuaikan dengan kadar polutan yang akan dihilangkan. Semakin tinggi kadar polutan, maka semakin banyak jumlah alum yang digunakan. Penggunaan alum berlebih, akan berdampak pada peningkatan tarif air. Selain itu, sifat karsinogenik pada kristal-kristal alum juga terbawa dalam sistem distribusi. Oleh karena itu, diperlukan sebuah pengolahan pendahuluan untuk membantu kinerja IPAM dengan memanfaatkan filtrasi tanah alami. Proses filtrasi alami sangat dipengaruhi sifat fisik tanah. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui hubungan porositas yang sangat berpengaruh pada proses filtrasi dengan sifat fisik tanah. Metode analisis menggunakan persamaan regresi linier. Hasil penelitian menunjukkan, pada porositas kecil maka *specific gravity* setiap satuan volume akan bertambah, dan pada sebaran partikel menuju ke arah *sand*, akan menghasilkan kelembaban kecil, sehingga hal tersebut dapat digunakan sebagai acuan pengaplikasian *infiltration gallery*. Hasil kesimpulan adalah Kabupataen mojokerto dan Sidoarjo memiliki Sg > 2,6 sehingga cocok untuk aplikasi infiltration gallery, dengan rata-rata nilai Sg 2,551, dan hasil regresi linier menunjukkan bahwa porositas dan Sg memiliki hubungan yang saling mempengaruhi sebesar 0,950.

Kata Kunci : *infiltration gallery*; porositas; kadar air; *specific gravity*.

PENDAHULUAN

Air sungai yang diolah menjadi air minum banyak membawa polutan dari buangan limbah industri dan limbah domestik. Proses pengolahan air minum biasanya menggunakan zat kimia yang disebut alum. Pemakaian alum pada dosis berlebih dapat menyebabkan karsinogenik dan juga mengakibatkan peningkatan tarif air akibat beban proses produksi. Oleh karena itu, diperlukan suatu pengolahan pendahuluan untuk membantu kinerja IPAM, yaitu menggunakan infiltration gallery. Metode *infiltartion gallery*dilakukan dengan memanfaatkan sistem penyaringan alami di tanah untuk kemudian ditampung kedalam pipa berlubang dan dialirkan ke

sumur pengumpul (Asare dan Hamilton, 2004; Aqualinc, 2014). *Infiltartion gallery* dibagi menjadi dua, yaitu terpasang di bawah permukaan tanah dansejajar *river bed* (sungai). Pemasangan *pipe gallery* dilakukan pada jarak tertentu dari tepi sungai/danau (Asare dan Hamilton, 2004), dengan kedalaman, diameter pipa, dan diameter *perforated* tertentu pula. *Infiltartion gallery* umumnya dipasang dengan kedalaman 3-5 m untuk menampung air hasil perkolasi dan infiltrasi dari air sungai melalui tanah (Bhattacharya, 2010). Prinsip kerja *infiltartion gallery*dan *riverbank* sama dengan *slow sand filter*(SSF). Kedua pengolahan air tersebut dipengaruhi oleh kualitas air baku, kecepatan filtrasi, penambahan media, dan tipe tanah (Henzler *et al*., 2014; Hoffman dan Gunkel, 2014;Jones, 2008; Paterson, 2011; Bekele *et al*., 2013). Hal yang membedakan antara *infiltartion gallery*dengan SSF adalah, apabila pada SSF, media yang digunakan telah ditentukan (homogen). Sementara untuk *infiltartion gallery dan river bank* menggunakan tanah disekitar sungai yang heterogen distribusi ukuran butirnya. Prosespada *infiltartion gallery*dipengaruhi oleh porositas, konduktivitas hidrolik, distribusi ukuran pori, dan homogenitas pori tanah (Safadoust *et al*., 2011; Mosaddeghi *et al*., 2009). Dengan demikian, penelitian tentang hubungan porositas dengan sifat fisik tanah sangat diperlukan dalammengaplikasikan*infiltration gallery*.

TINJAUAN PUSTAKA

Specific Gravity

Specific gravity tanah adalah massa tanah per satuan volume. Berat volume tergantung banyaknya air dalam ruang pori tanah dan akan berbeda-beda pada tiap jenis tanah. Dalam ilmu mekanika tanah dikenal dua jenis berat volume, yaitu berat volume kering (*dry unit weight*) dan berat volume basah (*moist unit weight*). Perbedaannya terletak pada berat tanah yang digunakan, pada berat volume tanah kering menggunakan tanah yang telah dikeringkan dalam oven dan berat volume tanah basah menggunakan berat dari butiran padat dan air. Berat udara dianggap nol.

Kadar Air

Kadar air adalah perbandingan antara berat air dan berat butiran padat. Kadar air berkaitan erat dengan ukuran butiran, berat volume tanah, dan porositas.Penentuan kadar air dilakukan dengan analisis tanah di laboratorium dengan pengujian berat volume. Tanah dengan tekstur halus, seperti tanah liat, memiliki ruang pori lebih banyak, sehingga berkemampuan menahan air lebih banyak.

METODE

Analisis karakteristik awal tanah digunakan untuk mengetahui tingkat homogenitas atau heterogenitas gradasi butiran tanah pada tiap titik *sampling*. Gradasi butiran tanah digunakan untuk mengetahui jenis tanah. Metode *sampling* menggunakan *grab sampling* dan *random sampling*. Alat yang digunakan adalah tabung Selbi dengan ukuran standar 60 cm. Tabung Selbi berfungsi sebagai alat pengambil tanah *undisturbed* (tanah yang tidak terganggu/tanah terstratifikasi). Kedalaman pengambilan sampel dalam *range* 7 - 335 cm. Proses pengambilan sampel tanah disajikan pada Gambar 1.

Analisis sampel tanah dari lima daerah berbeda dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabayadengan parameter dan metode analisis sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Metode Analisis Tanah

Parameter	Metode Analisis	Referensi	Tahun
Porositas Tanah	Perbandingan Berat Isi dengan Berat Jenis	ASTM D 2435 – 70 SNI 03-2812	1992

Gambar 1. Pengambilan Sampel Tanah.

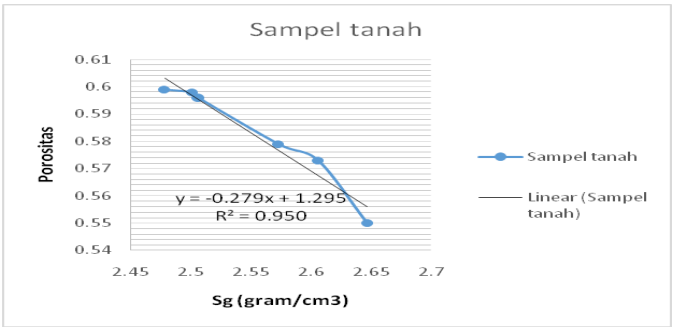
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan Porositas dengan *Specific Gravity*

Ruang pori tanah yangsemakin menyempit akan menyebabkan peningkatan berat volume tanah. Tanah dengan berat volume besarakan lebih sulit meneruskan atau mengalirkan air. Selain ukuran butiran dan tekstur tanah, faktor-faktor yang mempengaruhi berat volume adalah bahan organik tanah. Tanah dengan kandungan bahan organik tinggi memiliki nilai berat volume rendah, begitu juga sebaliknya. Bahan organik memperkecil berat volume tanah, karena bahan organik jauh lebih ringan dari pada mineral. Hubungan porositas dengan *specific gravity* dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2. Data *Specific Gravity* dan Porositas

Sampel Tanah	*Specific Gravity* (gr/cm^3)	Porositas
Mojokerto	2,647	0,55
Sidoarjo	2,606	0,573
Lumajang	2,573	0,579
Surabaya	2,506	0,596
Gresik	2,501	0,598
Bangkalan	2,478	0,599



Gambar 2. Hubungan Porositas dengan *Specific Gravity*

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa,pada porositas kecil, *specific gravity* setiap satuan volume akan bertambah. *Clay* memiliki porositas tinggi dengan persentase berikut.

a. Kerikil → Sg berkisar antara 2.65 – 2.68
b. Pasir → Sg berkisar antara 2.65 – 2.68
c. Lanau → Sg berkisar antara 2.65 – 2.68
d. Lempung berorganik → Sg berkisar antara 2.58 – 2.66
e. Lempung tak berorganik → Sg berkisar antara 2.62 – 2.65

Hubungan Porositas dengan Komposisi Tanah

Porositas adalah prosentase total pori dalam tanah yang ditempati oleh air dan udara, dibandingkandengan volume total tanah. Pori tanah pada umumnya ditempati udara untuk pori kasar,sementara pada pori kecil akan ditempati air. Adapun faktor yang mempengaruhi nilai porositas adalah ukuran butiran dan berat jenis tanah. Jumlah ruang pori akan dipengaruhi oleh susunan butir padat. Ukuran pori pada susunan butiran tanah akan menentukan jumlah dan sifat pori. Hubungan komposisi tanah dengan porositas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hubungan Komposisi Tanah dengan Porositas

Sampel Tanah	*Sand* (%)	*Silt* (%)	*Clay* (%)	Karakteristik Tanah	Porositas
Mojokerto	70,0	15,0	15,0	*Sandy clay loam*	0,55
Sidoarjo	60,0	5,0	30,0	*Sandy loam*	0,573
Lumajang	55,0	10,0	35,0	*Sandy clay loam*	0,579
Surabaya	17,0	33,0	50,0	*Clay*	0,596
Gresik	16,2	30,5	53,3	*Clay*	0,598
Bangkalan	16,0	30,0	53,0	*Clay*	0,599

Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai porositas paling besar adalah tanah Bangkalan dengan prosentase penyusun sebagian besar berupa *clay*. Tanah dengan tekstur halus, seperti tanah liat memiliki ruang pori lebih banyak, sehingga berkemampuan menahan air lebih banyak. Pada *clay*, ruang antar pori tidak berhubungan, sehingga air tidak bisa lewat. Dalam kondisi lempung sangat jenuh air dan ruang antar pori terhubung, maka sifat lempung sudah berubah

menjadi lumpur. Dalam keadaan seperti ini bukan hanya air yang mengalir, tetapi materi lempungnya sendiri ikut mengalir. *Clay* memiliki porositas tinggi dengan persentase berikut.

a. Kerikil → porositas berkisar antara 25 – 40 %
b. Pasir → porositas berkisar antara 25 – 50 %
c. Lanau → porositas berkisar antara 35 – 50 %
d. Lempung → porositas berkisar antara 40 – 75 %

Hubungan Porositas dengan Kadar Air

Pada Tabel 4 menunjukkan, kadar air dengan nilai terbesar hingga terkecil. Tanah Surabaya memiliki tekstur halus dengan prosentase liat lebih banyak dibandingkan tanah lainnya, sehingga kadar airnya pun paling besar. Pada penelitian ini, seharusnya tanah Bangkalan memiliki kadar air tinggi, tetapi pada kenyataannya memiliki kadar kecil. Hal ini disebabkan waktu pengambilan sampel tiap jenis tanah yang dilakukan pada waktu berbeda. Penelitian lain menunjukkan adanya perbedaan kelembaban dengan sebaran *clay* berbeda dengan penelitian ini.Kondisi demikian dapat dilihat pada Tabel 4. Dapat disimpulkan bahwa, sebaran partikel menuju arah *sand*, akan menghasilkan kelembaban kecil.

Tabel 4. Hubungan Komposisi Tanah dengan Kadar Air

NO	Sampel Tanah	*Sand*	*Silt*	*Clay*	Karakteristik Tanah	Kadar air (%)	Sumber
		(%)	(%)	(%)			
1	Bangkalan	16,0	30,0	53,0	*Clay*	15,3	Peneliti, 2016
2	Gresik	16,2	30,5	53,3	*Clay*	14,4	
3	Surabaya	17,0	33,0	50,0	*Clay*	14,3	
4	Lumajang	55,0	10,0	35,0	*Sandy Clay Loam*	12,8	
5	Sidoarjo	60,0	5,0	30,0	*Sandy Loam*	12,4	
6	Mojokerto	70,0	15,0	15,0	*Sandy Clay Loam*	10,9	
7	-	3,49	21,36	75,15	-	24,7	Nelsson dan Rittenour, 2015
8	-	5,96	15,46	75,59	-	24	
9	-	3,16	9,36	87,48	-	27,9	
10	-	1,63	4,49	93,88	-	23,3	
11	-	1,49	3,18	95,33	-	22,5	
12	-	4,09	11,52	84,39	-	26,1	
13	-	8,01	32,31	59,68	-	30,1	
14	-	1,8	4,64	93,56	-	23,7	

Pada **Tabel 4** didapat bahwa bertambahnya kelembapan air di dalam tanah akan mengurangi nilai konduktivitas hidrolik tanah.Oleh karena itu, diperlukan adanya aerasi. *Clay* memiliki konduktivitas hidrolik lebih banyak daripada *sandy loam* (Mentges *et al*., 2016).

KESIMPULAN

Jenis tanah di Surabaya memiliki tekstur halus dengan prosentase liat lebih banyak dibandingkan jenis tanah lainnya, dengan kadar air paling besar.Dengan demikian jenis tanah di Surabaya kurang cocok digunakan sebagai tanah penyaring. Tanah yang baik untuk penyaring adalah jenis tanah yang berasal dari Sidoarjo dengan komposisi *sand*, *silt*, dan *clay* sebesar 60 %, 5%, dan 30%, serta memiliki nilai porositas 0,573dan kadar air 10,9 %.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Asare,E.B. dan Bosque-Hamilton, E.K. 2004. The Performance of Infiltartion Gallery Used a Simple Water Treatment Option for Small Rural Community–Goviefe Agodome in the Volta Region, Ghana.*Water SA* 30: 0378-4738.

[2] Aqualinc. 2014. Infiltartion Gallery Investigation. *Marlborough district council*.

[3] Bekele, E., Toze, S., Patterson, B., Fegg, W., Shackleton, M dan Higginson, S. 2013. Evaluating Two Infiltartion Gallery Designs for Managed Aquifer Recharge Using Secondary Treated Wastewater.*Journal of Enviromental Managemen*t 117 :115-120

[4] Bhattacharya, A.K. 2010. Artificial Ground Water Recharge with a Spatila Reference to India. *IJRRAS* 4 :2.

[5] Henzler, A.F., Greskowiak, J., Massmann, G. 2014. Modellling the Fate of Organic Micropollutant During River Bank Filtration (Berlin, Germany). *Journal of contaminant hidrology*. 156: 78-92.

[6] Hoffman, A dan Gunkel, G, 2011. Bank Filtration in the Sandy Littoral Zone of Lake (Berlin): Stucture and Dynamics of the Biological Active Filter Zone and Clogging Processes.*Limnologica* 41 :10-19.

[7] Jones, A.T. 2008. Can We Reposition the Preferred Geological Conditions Necessary for an Infiltartion Gallery? The Development of a Synthetic Infiltartion Gallery. *Desalination* 221 :.598 – 601.

[8] Mentges, M.I., Reichert, J.M., Rodrigues, M.F., Awe, G.O dan Mentges, L.R. 2016. Capacity and Intesity Soil Aeration Properties Affected by Granulometry, Moisture, and Structure in no Tillige Soil. *Geoderma* 263 : 47-59.

[9] Mosaddeghi, M.R., Mahboubi, A.A. and Safadoust, A. 2009. Shortterm Effects of Tillage and Manure on Some Soil Physical Properties and Maize Root Growth in a Sandy Loam Soil in Western Iran. *Soil and Tillage Research* 104: 173–179.

[10] Nelson, M.S dan Rittenour. T.M, 2015. Using Grain-Size Characteristics to Model Soil Water Content: Application to Dose-Rate Calculation for Luminescence Dating. *Radiation Measurements* 81 :142-149

[11] Patterson, B.M., Shackleton, M., Furness, A.J., Bekele, E., Pearce, J., Linge, K.L., Busetti, Spadek. T, Toze.S, 2011. Behaviour and Fate Nine Recycled Water Trace Organics During Managed Aquifer Recharge in an Aerobic Aquifer. Journal contaminant hidrology 122 53-62.

[12] Safadoust, A., Mosaddeghi, M.R., Unc, A., Heydari, A,, Mahboubi, A.A., Gharabaghi, B and Voreney. P. 2012. Effect of Regenerated Soil Structure on Unsaturated Transport of Escherichia Coli and Bromide. *Journal of Hydrology* 430:80-90.

Halaman ini sengaja dikosongkan