

ANALISIS RESAPAN LIMPASAN PERMUKAAN DENGAN LUBANG BIOPORI DAN KOLAM RETENSI DI FAKULTAS TEKNIK UNS

Mochamad Zakky Yulianto¹⁾, Sobriyah²⁾, dan Siti Qomariyah³⁾

¹⁾ Mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

^{2) 3)} Pengajar Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126 – Telp. 0271-634524

Email: mochamadzakky119@gmail.com

ABSTRACT

Changes in land use resulting in greater surface runoff, and infiltration of rainwater as groundwater supply is also reduced. Several attempts to absorb rain water runoff, among others, by the absorption wells and retention pond. This study discusses the infiltration in the Faculty of Engineering UNS and infiltration after making biopore hole and retention pool. The method used is descriptive quantitative. Keunggulan analisis of rainfall data is done using test RAPS. Analyses were performed by 24-year rainfall data length with 5 rainfall stations. Testing the validity of rainfall distribution using the Kolmogorov-Smirnov method. biopori made the drainage channel with a distance between holes 1 m in diameter ± 10 cm and depth of ± 1 meter. Retention ponds created in the downstream drainage channel of the Faculty of Engineering. The results showed that rainfall runoff that seeped into the soil at the Faculty of Engineering at the existing condition of 1155.217 m³/day. Making holes biopori can absorb runoff in the Faculty of Engineering at 1426.35 m³ / hari. Terjadi increase in infiltration after making the hole biopori 23.41% of the catchment existing condition. Making the retention pond can absorb rainfall runoff in the Faculty of Engineering at 1151.59 m³/sec. A decline in retention ponds recharge after manufacture 0.314% of the catchment existing condition. Ineffective retention ponds created in the Faculty of Engineering UNS, because the type of clay in the Faculty of Engineering, which has been saturated UNS have a very small constant infiltration (1.411×10^{-7}).

Keywords : Biopori hole, retention pool, infiltration, surface runoff

ABSTRAK

Perubahan tata guna lahan berakibat pada limpasan permukaan yang semakin besar, dan resapan air hujan sebagai suplai air tanah juga berkurang. Beberapa upaya untuk meresapkan air limpasan hujan antara lain dengan lubang biopori dan kolam retensi. Penelitian ini membahas kondisi resapan limpasan hujan di Fakultas Teknik UNS serta kondisi resapan setelah penambahan lubang biopori dan kolam retensi. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif. Analisis keunggulan data hujan dilakukan menggunakan uji RAPS. Analisis dilakukan dengan panjang data hujan 24 tahun dengan 5 stasiun hujan. Pengujian validitas distribusi hujan menggunakan Metode Smirnov Kolmogorov. Pembuatan lubang biopori pada saluran drainase dengan jarak antar lubang 1 m dengan diameter ± 10 cm dan kedalaman ± 1 meter. Kolam retensi dibuat pada hilir saluran drainase Fakultas Teknik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limpasan hujan yang meresap ke tanah di Fakultas Teknik pada kondisi *existing* sebesar 1155,217 m³/hari. Pembuatan lubang biopori dapat meresapkan limpasan permukaan di Fakultas Teknik sebesar 1426,35 m³/hari. Terjadi peningkatan resapan setelah pembuatan lubang biopori 23,41 % dari resapan kondisi *existing*. Pembuatan kolam retensi dapat meresapkan limpasan hujan di Fakultas Teknik sebesar 1151,59 m³/dtk. Terjadi penurunan resapan setelah pembuatan kolam retensi 0,314 % dari resapan kondisi *existing*. Kolam retensi tidak efektif dibuat di Fakultas Teknik UNS, karena jenis tanah lempung di Fakultas Teknik UNS yang telah jenuh memiliki infiltrasi konstan yang sangat kecil ($1,411 \times 10^{-7}$ m³/dtk).

Kata kunci: Lubang biopori, kolam retensi, debit limpasan, infiltrasi

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Konsep drainase berkelanjutan adalah memaksimalkan air hujan yang sampai di permukaan tanah untuk meresapkan ke dalam tanah. Banyak penelitian yang telah dilakukan dalam rangka memaksimalkan resapan air hujan ke dalam tanah. Lubang Biopori dan kolam retensi adalah sebagian contoh upaya untuk meresapkan air hujan ke dalam tanah. Berdasarkan pemikiran di atas, muncul sebuah ide untuk meneliti efektifitas lubang biopori dan kolam retensi di Kampus UNS. Air hujan yang sampai di permukaan tanah, akan ditahan dengan menggunakan lubang biopori dan kolam retensi, sehingga mengurangi debit limpasan hujan dan menambah resapan air ke dalam tanah. Dari penelitian ini akan diketahui perbandingan resapan

limpasan air hujan pada kondisi Kampus UNS *existing* (berdasarkan peta dan data yang tersedia) dengan debit limpasan air hujan setelah diaplikasikan lubang biopori dan kolam retensi.

DASAR TEORI

Analisis Frekuensi dan Probabilitas

Analisis frekuensi didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang. Tujuan analisis frekuensi data hidrologi untuk mengetahui besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Rumus-rumus statistik yang digunakan untuk menentukan jenis distribusi probabilitas tersebut adalah sebagai berikut:

$$\text{Standar deviasi, } S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n x_i - \bar{X}}{n-1} \right]^{0.5}$$

$$\text{Koefisien skewness, } C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^3$$

$$\text{Koefisien variasi, } C_v = \frac{S}{\bar{X}}$$

$$\text{Koefisien kurtosis, } C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^4$$

dengan:

- n = jumlah data,
- \bar{X} = nilai rata-rata,
- S = standar deviasi.
- x_i = data ke- i

Ada beberapa jenis distribusi statistik yang dapat digunakan diantaranya distribusi Normal, Log-Normal, Log-Pearson III, dan Gumbel

Intensitas Hujan Rencana

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe, yaitu :

$$I = \frac{R_{24}}{t}$$

- I = intensitas hujan (mm/jam),
- t = lamanya curah hujan (jam),
- R_{24} = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm).

Metode Rasional

Metode ini adalah untuk menentukan laju aliran permukaan puncak. Metode ini sangat simpel dan mudah penggunaannya, namun penggunaannya terbatas untuk DAS-DAS dengan ukuran kecil yaitu kurang dari 300 ha (Goldman et.al, 1986 dalam Suripin, 2004), sedangkan menurut standar PU digunakan dengan DAS yang berukuran < 5000 ha (Lily Montarich, 2010). Persamaan Metode Rasional dapat ditulis dalam bentuk:

$$Q_p = 0,2778 C . I . A$$

dengan :

- Q = laju aliran permukaan (debit) puncak ($m^3/detik$),
- I = intensitas hujan (mm/jam),

- A = luas DAS (km²),
 C = koefisien aliran permukaan ($0 \leq C \leq 1$).

Infiltrasi

Infiltrasi adalah aliran air ke dalam tanah melalui pori-pori tanah. Apabila tanah kering, air terinfiltrasi dari permukaan tanah karena pengaruh gaya gravitasi dan gaya kapiler. Setelah tanah basah, gerak kapiler berkurang karena berkurangnya gaya kapiler. Hal ini menyebabkan berkurangnya laju infiltrasi. Sementara aliran kapiler pada permukaan tanah berkurang, aliran akibat gaya gravitasi terus berlanjut mengisi pori-pori tanah. Dengan terisinya pori-pori tanah, laju infiltrasi berangsur-angsur berkurang sampai dicapai kondisi konstan (Bambang Triatmodjo, 2008).

Dasar kolam retensi diasumsikan selalu jenuh karena selalu menampung air limpasan. Infiltrasi yang terjadi di dasar kolam pada kondisi jenuh merupakan infiltrasi konstan yang besarnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Infiltrasi Konstan

Texture Class	Effective water Capacity (in./in)	Minimum Infiltration Rate (fc) (In./hr)	SCS Hydrologic soil Grouping
Sand	0,35	8,27	A
Loamy sand	0,31	2,41	A
Sandy Loam	0,25	1,02	B
Loam	0,19	0,52	B
Silt loam	0,17	0,27	C
Sandy Clay Loam	0,14	0,17	C
Clay Loam	0,14	0,09	D
Silty clay loam	0,11	0,06	D
Sandy clay	0,09	0,05	D
Silty Clay	0,09	0,04	D
Clay	0,08	0,02	D

Sumber : Rawls, 1982

METODE PENELITIAN

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Deskriptif Kuantitatif. Metode ini berupa pengumpulan data, analisis data, dan interpretasi hasil analisis untuk mendapatkan informasi guna pengambilan keputusan dan kesimpulan.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah di Fakultas Teknik UNS Solo Jalan Ir. Sutami no.36 A Surakarta, Jawa Tengah.

Data

Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian:

1. Data hujan dari stasiun hujan manual
2. Peta tata guna lahan Fakultas Teknik UNS Solo
3. Data jenis tanah untuk menentukan koefisien resapan tanah.
4. Laju resapan tiap lubang biopori

Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan untuk mengolah data dalam penelitian ini berupa perangkat lunak (*software*) sistem operasi Windows yaitu Microsoft Excel dan AutoCAD

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data hujan Kota Surakarta dengan panjang data 24 tahun dari tahun 1990 sampai tahun 2013. Data hujan maksimum Tahunan Kota Surakarta dapat dilihat pada Tabel

Tabel 2. Data Hujan Maksimum Kota Surakarta Tahun 1990-2013

Tahun	Hujan Harian Maksimum (mm/hari)				
	Colomadu	Grogol	Mojolaban	Ngemplak	Pabelan
1990		61,00	86,00	91,00	105,00
1991		67,00	146,00		115,00
1992		84,00	98,00	142,00	75,50
1993				80,00	131,00
1994				80,00	111,00
1995			91,00	143,00	149,00
1996		99,00	99,00	103,00	112,00
1997			89,00	75,00	136,00
1998			109,00	102,00	95,00
1999				83,00	90,00
2000			93,00		92,00
2001			74,00		80,00
2002		86,00	71,00		80,00
2003		53,00	99,00		85,00
2004		67,00	74,00		104,00
2005		31,00	58,00		89,00
2006			73,00		92,00
2007			78,00	55,00	109,50
2008		72,00	67,00	114,00	126,00
2009		88,00	56,00	142,00	142,00
2010	92,00	109,00	31,00	290,00	103,00
2011	99,00	95,00	39,00	78,00	114,00
2012	104,00	104,00	78,00	111,00	99,00
2013	102,00	99,00	38,00	96,00	76,00

Keterangan :

 = Data rusak/ kosong

Uji Kepanggahan Data

Pengujian kepenggahan data hujan menggunakan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS). Hasil uji kepenggahan data hujan Kota Surakarta dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji kepenggahan data hujan Kota Surakarta

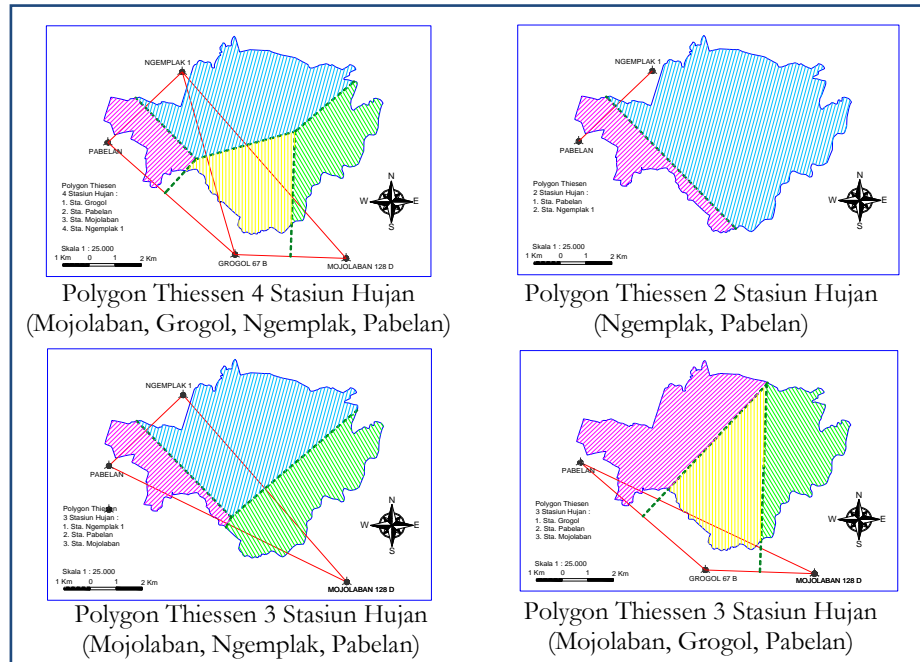
No.	Stasiun	Qabs	Q/\sqrt{n}	Nilai Kritik 90%	Keterangan
1	Colomadu	1,46	0,73	0,42	TIDAK PANGGAH
2	Grogol	2,17	0,58	1,07	PANGGAH
3	Mojolaban	2,88	0,63	1,10	PANGGAH
4	Ngemplak	2,17	0,54	1,08	PANGGAH
5	Pabelan	2,08	0,42	1,07	PANGGAH

Hasil dari Tabel 4.4 menunjukkan data hujan dari stasiun Colomadu tidak panggah, maka dalam penelitian ini hanya menggunakan data hujan stasiun Grogol, Mojolaban, Ngemplak dan Pabelan.

Hujan wilayah

Hujan wilayah Kota Surakarta pada tahun 1990, menggunakan Metode Thiessen dengan data hujan yang tercatat dari stasiun hujan Pabelan, Grogol, Mojolaban dan Ngemplak. Data hujan titik yang tercatat pada kelima stasiun hujan selama tahun 1990-2013 tidak lengkap, sehingga Poligon Thiessen yang digunakan

untuk setiap tahunnya tidak sama. Poligon Thiessen untuk menghitung hujan wilayah setiap tahunnya tergantung pada stasiun hujan yang memiliki data hujan pada tahun tersebut. Perhitungan hujan wilayah di Fakultas Teknik didasarkan pada hujan wilayah Kota Surakarta. Polygon Thiessen berdasarkan jumlah stasiun hujan yang memiliki data hujan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Polygon Thiessen

Rekapitulasi perhitungan hujan wilayah dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hujan Wilayah Kota Surakarta Tahun 1990-2013

Tahun	Hujan Wilayah (mm)	Tahun	Hujan Wilayah (mm)	Tahun	Hujan Wilayah (mm)
1990	84,702	1998	103,259	2006	82,689
1991	107,919	1999	84,079	2007	69,499
1992	112,170	2000	92,490	2008	96,398
1993	87,859	2001	77,060	2009	112,525
1994	84,777	2002	79,473	2010	175,256
1995	127,499	2003	78,443	2011	78,410
1996	102,331	2004	83,695	2012	101,468
1997	87,547	2005	61,585	2013	82,913

Intensitas Hujan Rencana

Menurut Sobriyah (2003), hujan yang terjadi di DAS Bengawan Solo diasumsikan terjadi selama 4 jam, maka dengan menggunakan Persamaan 2.21 dan Tabel 4.16 dengan $t = 4$ jam, contoh perhitungan Intensitas Hujan dengan Kala Ulang 2 Tahun sebagai berikut:

$$I_2 = \frac{1}{t} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_i \right]$$

$$= \frac{1}{4} \left[\frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} H_i \right]$$

$$= 12,144 \text{ mm/jam}$$

Hasil perhitungan distribusi hujan untuk Kala ulang yang lain disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hujan Jam-jaman Kota Surakarta

Kala Ulang (Tahun)	Hujan Harian (mm/hari)	Hujan Jam-jaman (mm/jam)
2	88,269	12,144
5	107,682	14,815
10	122,336	16,831
20	139,236	19,156
25	142,886	19,658
50	159,664	21,966
100	177,733	24,452

Limpasan Permukaan Fakultas Teknik

Perhitungan limpasan permukaan menggunakan metode rasional. Limpasan permukaan dengan kala ulang 2 tahun adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 Q_{2Tahun} &= 0,002778 C \cdot I \cdot A \\
 &= 0,002778 \times 0,502 \times 12,144 \times 4,775 \\
 &= 0,08087 \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

Debit limpasan yang meresap ke tanah tanpa lubang biopori dan kolam retensi

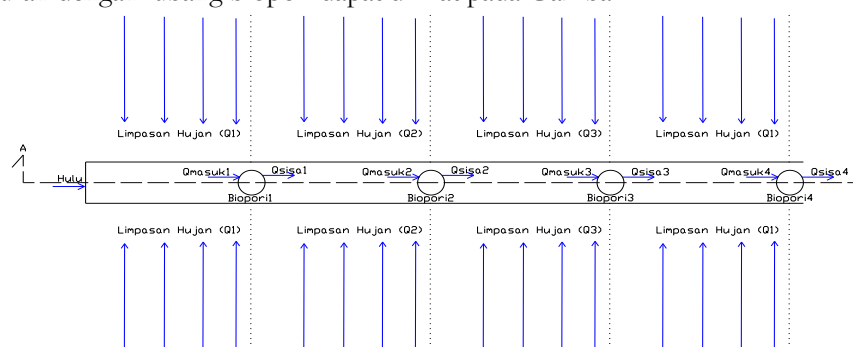
$$\begin{aligned}
 &= 0,002778 \cdot (1 - C) \cdot I \cdot A \\
 &= 0,002778 \times (1 - 0,502) \times 12,144 \times 4,775 \\
 &= 0,08022 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

Jika durasi hujan dalam sehari 4 jam, maka dalam sehari dengan pembuatan lubang biopori dapat meresapkan limpasan permukaan sebesar :

$$\begin{aligned}
 &= 0,08022 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 3600 \times 4 \text{ jam} \\
 &= 1155,217 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Resapan Limpasan Permukaan dengan Lubang Biopori

Lubang biopori dibuat pada saluran drainase yang menerima limpasan air. Jarak antar lubang biopori 1 meter. Berdasarkan penelitian Edho Victorianto (2014), setiap lubang biopori mampu mengurangi limpasan permukaan pada tanah yang belum jenuh rata-rata sebesar 0,0224 liter/dtk ($0,0224 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dtk}$). Skema aliran pada saluran dengan lubang biopori dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Sketsa Saluran dengan Lubang Biopori

$$\begin{aligned}
 Q_{masuk(n)} &= Q_{sisa(n-1)} + Q_n \\
 Q_n &= 0,00278 \times C \times I \times A_n \\
 Q_{sisa(n)} &= Q_{masuk(n)} - q_n
 \end{aligned}$$

dengan :

$$\begin{aligned}
 Q_{masuk(n)} &= \text{debit sebelum melewati lubang biopori (m}^3/\text{dtk)} \\
 Q_{sisa(n)} &= \text{debit setelah melewati lubang biopori (m}^3/\text{dtk)}
 \end{aligned}$$

- Q_n = limpasan hujan (m^3/dtk)
 A_n = daerah tangkapan hujan (ha)
 n = biopori ke-n
 q_n = infiltrasi lubang biopori ($0,0224 \times 10^{-3} m^3/dtk$)

Hasil perhitungan limpasan yang meresap pada saluran drainase Fakultas Teknik setelah pembuatan lubang biopori dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Limpasan yang Meresap pada Saluran Drainase Fakultas Teknik setelah Pembuatan Lubang Biopori

No.	Saluran	Debit yang Meresap (m^3/dtk)	No.	Saluran	Debit yang Meresap (m^3/dtk)
1	Saluran A	0,000061	18	Saluran R	0,000336
2	Saluran B	0,0004704	19	Saluran S	0,0006272
3	Saluran C	0,0004704	20	Saluran T	0,000853733
4	Saluran D	0,000124127	21	Saluran U	0,000467536
5	Saluran E	0,0009408	22	Saluran V	0,000216025
6	Saluran F	0,0003808	23	Saluran W	5,10827E-05
7	Saluran G	0,000373115	24	Saluran X	0,000186805
8	Saluran H	0,001010178	25	Saluran Y	0,001412925
9	Saluran I	0,000776855	26	Saluran Z	0,0005824
10	Saluran J	0,0009632	27	Saluran AA	0,0002464
11	Saluran K	0,0003808	28	Saluran AB	0,0011921
12	Saluran L	0,0004032	29	Saluran AC	0,001444522
13	Saluran M	0,0017696	30	Saluran AD	0,000568597
14	Saluran N	0,000389008	31	Saluran AE	0,000568597
15	Saluran O	0,000389008	32	Saluran AF	0,001319732
16	Saluran P	0,000287454	33	Saluran AG	0,001062451
17	Saluran Q	0,000134826		Jumlah	0,020461241

Total resapan di Fakultas Teknik setelah pembuatan lubang biopori adalah
 $= 0,002778 \times (1-C) \times I \times A + 0,02046$
 $= 0,002778 \times (1-0,502) \times 12,144 \times 4,6799 + 0,02046$
 $= 0,0995 m^3/dtk$

Jika durasi hujan dalam sehari 4 jam, maka dalam sehari dengan pembuatan lubang biopori dapat meresapkan limpasan permukaan sebesar :
 $= 0,0995 m^3/dtk \times 3600 \times 4 \text{ jam}$
 $= 1426,35 m^3/hari$

Pembuatan lubang biopori di Fakultas Teknik, dapat meresapkan air sebesar $1426,35 m^3/hari$, meningkat 23,47 % dari resapan awal di Fakultas Teknik tanpa lubang biopori.

Kolam Retensi

Kolam retensi direncanakan pada daerah hilir Fakultas Teknik UNS dengan luas kolam 10×30 meter² dan kedalaman 2 m. Kondisi dasar kolam adalah jenuh karena selalu tergenang oleh air, sehingga laju infiltrasi yang terjadi di dalam kolam adalah laju infiltrasi konstan (f_c). Nilai permeabilitas tanah di Fakultas Teknik UNS berdasarkan penelitian Edho Victorianto (2014) sebesar $2,3 \times 10^{-8} cm/dtk$. Menurut Brata M Das (1998), tanah dengan koefisien permeabilitas $< 10^{-6}$ merupakan tanah lempung. Infiltrasi konstan untuk tanah lempung menurut Rawls (1982) adalah 0,02 inch/jam.

$$\begin{aligned}
 f_c &= 0,02 \text{ inch/jam} \\
 &= 1,411 \times 10^{-7} \text{ m/dtk}
 \end{aligned}$$

$$\text{Volume infiltrasi yang terjadi di dasar kolam} = f_c \times A_{\text{kolam}}$$

$$= 1,411 \times 10^{-7} \text{ m/dtk} \times 300 \text{ m}^2$$

$$= 0,000042 \text{ m}^3/\text{dtk} = 3,6288 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Debit limpasan yang meresap di dasar kolam retensi sebesar 0,000042 m³/dtk, Total resapan di Fakultas Teknik setelah pembuatan kolam retensi adalah

$$= 0,002778 \times (1-C) \times I \times A \times 3600 \times 4 + 3,6288 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,002778 \times (1-0,502) \times 12,144 \times 4,745 \times 3600 \times 4 + 3,6288 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 1151,59 \text{ m}^3/\text{hari}$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Resapan air di Fakultas Teknik pada kondisi *existing* dengan hujan kala ulang 2 tahun sebesar 1155,217 m³/hari
2. a. Resapan air di Fakultas Teknik dengan lubang biopori sebesar 1426,35 m³/hari.
Terjadi peningkatan resapan setelah pembuatan lubang biopori 23,47 % dari resapan kondisi *existing*
- b. Resapan air di Fakultas Teknik dengan kolam retensi sebesar 1151,59 m³/hari.
Terjadi penurunan resapan setelah pembuatan kolam retensi 0,314 % dari resapan kondisi *existing*.

Saran

Setelah mengevaluasi hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran sebagai berikut :

1. Melakukan uji permeabilitas tanah pada beberapa titik di seluruh Kampus UNS, untuk mengetahui jenis tanah pada seluruh Kampus UNS
2. Membuat kolam retensi pada daerah yang memiliki jenis tanah berpasir atau nilai permeabilitas tanah tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2011. Laporan *Akhir Masterplan Drainase dan Ruang Terbuka Hijau Universitas Sebelas Maret*. PT. Dieng Agung Consultant; Semarang.
- Asdak C. 2001. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press; Yogyakarta.
- Aritonang, Ribur. 2012. *Evaluasi Kapasitas Kali Boro Surakarta*, Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Sebelas Maret; Surakarta.
- Brata, R.K dan A. Nelistya. 2008. *Lubang Resapan Biopori*. Penebar Swadaya; Jakarta.
- Fauziah, Syifa. 2013. *Analisis Karakteristik dan Intensitas Hujan Kota Surakarta, Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret; Surakarta
- Hidayati, Kun Yulia. 2009. *Evaluasi Pengambilan Air Tanah Surakarta dalam Dasawarsa Tahun 1997*, Tesis. Universitas Sebelas Maret; Surakarta.
- Juliandari, Murti. 2013. *Efektivitas Lubang Resapan Biopori Terhadap Laju Resapan (Infiltrasi)*, Skripsi. Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura; Pontianak.
- Soemarto. 1999. *Hidrologi teknik*. Erlangga. Jakarta.
- Susilowati dan Santita N. R. T.. 2006. *Analisis Tata Guna Lahan dan Koefisien Limpasan Terhadap Debit Drainase Perkotaan*, Jurnal. Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret; Surakarta.
- Sobriyah. 2012. *Model Hidrologi*. Cetakan I. UNS Press; Surakarta.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi Offset; Yogyakarta.
- Victorianto, Edho. 2014. *Pengaruh Lubang Resapan Biopori terhadap Limpasan Permukaan*, Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret; Surakarta

Wanielista, Martin P. 1990. *Hydrology and Water Quantity Control*. University of Central Florida. John Wiley & Sons.