

Analisis Potensi Pemanenan Air Hujan (Studi Kasus Kampus Bendan Unika Soegijapranata)

Eko Arfianto¹, Djoko Suwarno², Daniel Hartanto³

email: ¹17b10106@student.unika.ac.id; ²dj.suwarno@unika.ac.id; ³daniel02012@gmail.com

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Soegijapranata, Jl. Pawiyatan Luhur IV/1, Bendan Dhuwur, Semarang 50234

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Soegijapranata, Jl. Pawiyatan Luhur IV/1, Bendan Dhuwur, Semarang 50234

Abstrak

Kota Semarang sering dilanda banjir, baik banjir harian akibat rob ataupun banjir sungai yang datang tiap musim hujan. Perubahan tata guna lahan dari hutan menjadi areal pemukiman/*real estate* mengakibatkan kenaikan debit puncak menjadi 5-20 kali. Alih fungsi lahan mengakibatkan bencana alam karena air hujan yang seharusnya menyerap (*infiltrasi*) ke dalam tanah tetapi tidak bisa (terjadi *runoff*) karena terhalang material seperti beton, aspal serta material lainnya. Salah satu alternatif guna mengurangi laju *runoff* air hujan adalah dengan membentuk resapan dan menggunakan sistem pemanenan air hujan atau sering disebut *rain harvesting*. Pemanenan air hujan atau yang biasa dikenal dengan istilah *rain harvesting* merupakan sumber daya alternatif yang pemanfaatannya dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air baku. Sistem pemanenan air hujan yang dilakukan pada daerah hulu dapat menjadi penghambat banjir di wilayah hilir karena air yang seharusnya mengalir (*runoff*) akan masuk ke tampungan-tampungan pada sistem pemanenan air hujan ini (pengurangan debit air yang langsung menuju hulu). Pemilihan objek penelitian pada kampus bendan Universitas Katolik Soegijapranata karena lokasinya yang berada pada daerah Kota Semarang atas sehingga dinilai tepat jika menerapkan kebutuhan air dengan menggunakan sistem pemanenan air hujan agar mengurangi aliran permukaan (*runoff*) pada daerah Kota Semarang bawah. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah mengumpulkan data umum dan data teknis lokasi penelitian, kemudian dianalisis menggunakan acuan SNI 03-6481 Tahun 2000 dan SNI 03-7065 Tahun 2005 tentang Sistem *Plumbing*. Hasil penelitian ini adalah jumlah air hujan yang dapat ditampung dan kebutuhan sehari-hari *Civitas Academica* Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Kata kunci : limpasan, pemanenan air hujan, kebutuhan air bersih.

Abstract

The city of Semarang is often hit by floods, both daily floods due to robs and river floods that come every rainy season. Changes in land use from forest to residential/real estate areas resulted in an increase in peak discharge to 5-20 times. Land use change causes natural disasters because rainwater should absorb (infiltrate) into the ground but cannot (runoff occurs) because it is blocked by materials such as concrete, asphalt and other materials. One alternative to reduce the rate of rainwater runoff is to form a catchment and use a rainwater harvesting system or often called rain harvesting. Rainwater harvesting or commonly known as rain harvesting is an alternative resource whose utilization can be used to meet raw water needs. A rainwater harvesting system that is carried out in the upstream area can be an obstacle to flooding in the downstream area because the water that should flow (runoff) will enter the reservoirs in this rainwater harvesting system (reducing the water discharge that goes directly upstream). The choice of research object on the Soegijapranata Catholic University campus is because of its location in the upper Semarang City area so it is

considered appropriate to apply water needs by using a rainwater harvesting system to reduce runoff in the lower Semarang City area. The methodology used in this study was to collect general data and technical data on research locations, then analyzed using SNI 03-6481 of 2000 and SNI 03-7065 of 2005 concerning Plumbing Systems. The results of this study are the amount of rainwater that can be accommodated and the daily needs of the Academic Community at Soegijapranata Catholic University Semarang.

Keywords: runoff, rainwater harvesting, clean water needs.

PENDAHULUAN

Suripin (2004) menyatakan banjir atau genangan merupakan peristiwa dimana air melimpah atau menggenangi daerah (area) yang seharusnya area tersebut kering (tidak terendam) yang dapat mengakibatkan kerugian ekonomi. Kota Semarang sering dilanda banjir, baik banjir harian akibat rob ataupun banjir sungai yang datang tiap musim hujan. Banjir kiriman merupakan salah satu penyebab sumber genangan di Kota Semarang, khususnya Semarang hilir (pesisir utara Kota Semarang, Laut Jawa). Banjir kiriman merupakan banjir yang disebabkan karena kiriman air yang berlebih pada wilayah hulu ke wilayah hilir. Reseda (2012) menyatakan banjir kiriman di Kota Semarang tercatat pada tahun 1973, 1988, 1990, dan 1993. Pada tahun 1990, banjir akibat luapan sungai Kali Garang yang menimbulkan 47 korban jiwa. Prakasa (2013) menyatakan wilayah Banjir Kanal Barat Kota Semarang termasuk dalam daerah aliran sungai (DAS) Garang dengan luas 212,89 km². DAS Garang mempunyai beberapa sub daerah aliran sungai, yaitu Sungai Kreo 68,56 km², Sungai Kripik 36,47 km², Sungai Garang pada bagian Hulu 83,71 km², dan Sungai Garang pada bagian Hilir 24,14 km².

Menurut Kodoate dan Roestam (2005) perubahan tata guna lahan berakibat pada berkurangnya daerah resapan dan menaikkan laju aliran permukaan. Perubahan tata guna lahan dari hutan menjadi areal pemukiman/*real estate* mengakibatkan kenaikan debit puncak menjadi 5-20 kali. Suatu kawasan hutan apabila diubah menjadi permukiman maka yang terjadi adalah hutan yang bisa menahan aliran permukaan cukup besar menjadi pemukiman dengan resistensi

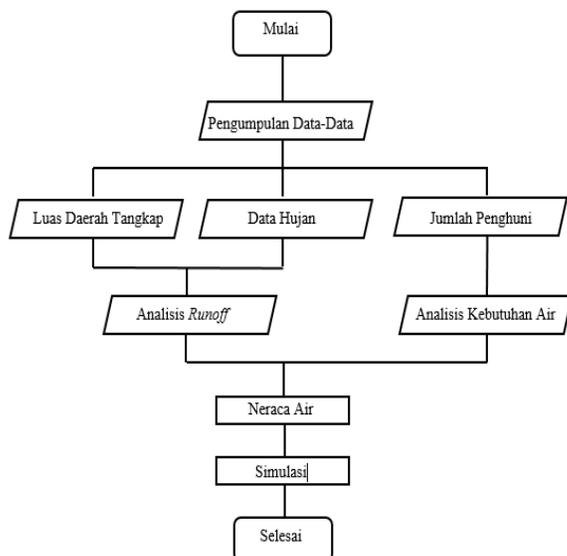
aliran permukaan yang kecil. Laju aliran permukaan yang semakin besar mengakibatkan muka air banjir semakin tinggi, kerusakan tebing sungai dan air tercemar masuk ke sistem sungai. Alih fungsi lahan mengakibatkan bencana alam karena air hujan yang seharusnya menyerap (*infiltrasi*) ke dalam tanah tetapi tidak bisa (terjadi *runoff*) karena terhalang material seperti beton, aspal serta material lainnya. Salah satu alternatif guna mengurangi laju *runoff* air hujan adalah dengan membentuk resapan-resapan dan menggunakan sistem pemanenan air hujan atau sering disebut *rain harvesting*.

Pemanenan air hujan atau yang biasa dikenal dengan istilah *rain harvesting* merupakan sumber daya alternatif yang pemanfaatannya dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air baku. Pemanenan air hujan dinilai dapat menjadi alternatif penyediaan air baku sekaligus menjadi penghambat laju bencana banjir di wilayah tersebut. Sistem pemanenan air hujan yang dilakukan pada daerah hulu dapat menjadi penghambat banjir di wilayah hilir karena air yang seharusnya mengalir (*runoff*) akan masuk ke tampungan-tampungan pada sistem pemanenan air hujan ini (pengurangan debit air yang langsung menuju hulu). Pada wilayah hulu dampak yang dirasakan adalah tersedianya penyediaan air baku sedangkan dampak yang diterima pada daerah hilir adalah berkurangnya aliran permukaan (*runoff*) sehingga menyebabkan berkurangnya debit banjir. Pemilihan objek penelitian pada kampus bندان Universitas Katolik Soegijapranata karena lokasinya yang berada pada daerah Kota Semarang atas sehingga dinilai tepat jika menerapkan kebutuhan air dengan menggunakan sistem pemanenan air

hujan agar mengurangi aliran permukaan (*runoff*) pada daerah Kota Semarang bawah.

METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam studi ini mengikuti tahap berikut (lihat Gambar 1): (1) Tahap pertama yaitu mencari studi literature, (2) Mengumpulkan data teknis lokasi penelitian dan data umum dari data stasiun pemantauan hujan Gunung Pati dengan pengelola dari BAPUSDATARU, (3) Menganalisis kebutuhan air dengan kondisi hidrologi dengan kebutuhan air bersih tiap jiwa atau tiap luasan efektif, (4) Menganalisis *runoff* (limpasan) ini digunakan untuk menentukan air hujan yang didapat pada proses pemanenan air hujan, (5) Analisis penampungan air yang kemudian digunakan sebagai kesimpulan dari penelitian ini dan menjadi saran apabila ada penelitian terkait lebih lanjut.



Gambar 1 Diagram Alur Tahapan Penelitian

HASIL PENELITIAN

Kampus Bendan Universitas Katolik Soegijapranata Semarang merupakan sebuah kampus dengan luas area 5.009 m² dengan area luas atap sekitar 1172,5 m². Area tersebut digunakan sebagai prasarana kegiatan belajar

mengajar. Pada area seluas 5.009 m² dengan 8 gedung ini menggunakan 4 titik sumber mata air berupa sumur artesis atau yang sering dikenal dengan sumur air tanah. Pada prinsipnya sumur terdapat 2 jenis yaitu sumur air tanah dangkal dan sumur air tanah dalam, sedangkan sumur artesis ini tergolong sumur dalam. Rata-rata kedalaman sumur artesis di kampus Bendan Universitas Katolik Soegijapranata Semarang berada di kedalaman 60 meter dari permukaan tanah, kedalaman tersebut dinilai sudah menemukan sumber mata air sehingga sudah dapat memenuhi kebutuhan air bersih.

Tabel 1 Penggunaan Air Tanah Sumur

No	Bulan	Vol. Tahun 2019 (m ³)	Vol. Tahun 2020 (m ³)	Vol. Tahun 2021 (m ³)	Vol. Tahun 2022 (m ³)	Vol. Tahun 2023 (m ³)
1	Jan	124	468	207	108	0
2	Feb	143	414	114	36	0

Lanjutan Tabel 1 Penggunaan Air Tanah Sumur

No	Bulan	Vol. Tahun 2019 (m ³)	Vol. Tahun 2020 (m ³)	Vol. Tahun 2021 (m ³)	Vol. Tahun 2022 (m ³)	Vol. Tahun 2023 (m ³)
3	Mar	138	441	173	72	54
4	Apr	328	83	215	76	110
5	Mei	329	212	381	66	233
6	Jun	114	59	9	93	3
7	Jul	426	110	35	26	
8	Ags	398	147	205	1	

No	Bulan	Vol. Tahu n 2019 (m ³)	Vol. Tahu n 2020 (m ³)	Vol. Tahu n 2021 (m ³)	Vol. Tahu n 2022 (m ³)	Vol. Tahu n 2023 (m ³)
9	Sep	671	298	290	0	
10	Okt	615	26	220	1	
11	Nov	676	48	72	3	
12	Des	290	216	109	5	
X bulanan (m ³)		440,1	210,2	169,2	40,6	79,4
X harian (m ³)				6,06		

Analisis limpasan digunakan untuk mengetahui air yang melimpas (*runoff*) atau berapa banyak air yang tidak dapat masuk kedalam tanah. Pada kampus Bendan Universitas Katolik Soegijapranata Semarang area luas permukaan terbagi menjadi beberapa jenis lapisan permukaan yaitu atap, paving dan permukaan tanah (ruang terbuka hijau). Luasan dan analisis limpasan ditunjukkan Tabel 2

Tabel 2 Luasan Limpasan

No	Jenis Permukaan	Koef. Limpasan	Luas (m ²)
1	Tanah	0,1 – 0,25	2323,8
2	Atap	0,15 – 0,2	1172,5
3	Paving	0,7 – 0,85	1597,7
Total			5094

Perhitungan air limpasan ini menggunakan metode rasional (U.S Soil Convesation Service, 1973) metode ini lebih efektif dan mudah digunakan karena diperuntukan pemakaian DAS berukuran kecil kurang dari 300 ha. Adapun perhitungan limpasan masing-masing jenis permukaan adalah.

1. Jenis Permukaan Tanah (Bulan Januari)

$$Qp = 0,0028 \times C \times iP \times A$$

$$= 0,0028 \times 0,15 \times 14,8 \times 0,2323$$

$$= 0,00144 \text{ m}^3/\text{det}$$

Keterangan:

Qp : Air Limpasan (m³/det)
C : Koefisien Air Limpasan
iP : Intensitas Hujan (mm/jam)
A : Luas Wilayah DAS (Ha)

2. Jenis Atap Halaman Rumput, tanah berpasir (Bulan Januari)

$$Qp = 0,0028 \times C \times iP \times A$$

$$= 0,0028 \times 0,175 \times 14,8 \times 0,1172$$

$$= 0,00084 \text{ m}^3/\text{det}$$

Keterangan:

Qp = Air Limpasan (m³/det)
C = Koefisien Air Limpasan
iP = Intensitas Hujan (mm/jam)
A = Luas Wilayah DAS (Ha)

3. Jenis Batu Bata dan Batako (Bulan Januari)

$$Qp = 0,0028 \times C \times iP \times A$$

$$= 0,0028 \times 0,75 \times 14,8 \times 0,1597$$

$$= 0,0049 \text{ m}^3/\text{det}$$

Keterangan:

Qp : Air Limpasan (m³/det)
C : Koefisien Air Limpasan
iP : Intensitas Hujan (mm/jam)
A : Luas Wilayah DAS (Ha)

Adapun masing-masing perhitungan debit air limpasan masing-masing area terdapat pada Tabel 3 Debit Air Limpasan Tiap Area pada Kampus Bendan Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Tabel 3 Debit Air Limpasan Tiap Area

Bulan	QP Permukaan Tanah (m ³ /det)	QP Permukaan Atap (m ³ /det)	QP Batu Bata (m ³ /det)	Total QP (m ³ /det)
Jan	0,00143	0,00084	0,00493	0,00720
Feb	0,00129	0,00076	0,00443	0,00647
Mar	0,00113	0,00066	0,00388	0,00567

Bulan	QP Permukaan Tanah (m ³ /det)	QP Permukaan Atap (m ³ /det)	QP Batu Bata (m ³ /det)	Total QP (m ³ /det)
Apr	0,00082	0,00048	0,00283	0,00414
Mei	0,00057	0,00034	0,00196	0,00286
Jun	0,00030	0,00018	0,00105	0,00153
Jul	0,00019	0,00011	0,00064	0,00093
Ags	0,00007	0,00004	0,00025	0,00037
Sep	0,00019	0,00011	0,00067	0,00098
Okt	0,00037	0,00022	0,00127	0,00186
Nov	0,00110	0,00065	0,00377	0,00551
Des	0,00113	0,00066	0,00387	0,00566

Untuk Perhitungan limpasan atau *runoff* dalam satu tahun adalah dengan cara menjumlahkan total selama 12 bulan, masing-masing bulan ini berbeda jumlah harinya tergantung dari kalender masing-masing bulannya.

Tabel 4 Total Debit Limpasan

Bulan	Debit Rata-rata Q (m ³ /det)	Jumlah Hari (d)	Total Debit (m ³)	Rata-rata Hujan
Jan	0,007	31,000	19289,491	14,681
Feb	0,006	28,000	15660,102	13,195
Mar	0,006	31,000	15184,487	11,556
Apr	0,004	30,000	10725,567	8,435
Mei	0,003	31,000	7663,239	5,832
Jun	0,002	30,000	3960,894	3,115
Jul	0,001	31,000	2500,725	1,903
Ags	0,000	31,000	987,574	0,752
Sep	0,001	30,000	2528,275	1,988
Okt	0,002	31,000	4972,689	3,785
Nov	0,006	30,000	14275,325	11,227
Des	0,006	31,000	15159,056	11,537
Total dalam Satu Tahun			112.907,426	

Pada perencanaan volume tampungan ini menggunakan tampungan air dengan bahan beton, tampungan dengan bahan beton dinilai lebih unggul dibandingkan bahan tampungan air lainnya jika dilihat dari segi keawetan. Perencanaan tampungan air hujan ini akan dijadikan menjadi 3 titik yaitu titik A pada bagian atas, titik tampungan B pada bagian tengah dan titik tampungan C pada bagian bawah. Hal ini direncanakan dengan alasan memanfaatkan kontur lokasi penelitian (Universitas Katolik Soegijapranata Semarang) agar tidak memerlukan pompa dalam jumlah besar untuk pendistribusian air yang sudah tertampung. Luasan penampungan air hujan ini didapat dengan menggunakan metode *plotting* area yang berada pada laman google earth lalu dimasukan ke dalam *autocad* dengan skalatis. Adapun luasan masing-masing titik penampungan terdapat pada Tabel 5 Luasan Penampungan Air Hujan.

Tabel 5 Luasan Penampungan Air Hujan

Nama	Luasan (m ²)	Ketinggian Rencana (m)	Volume Rencana (m ³)
Penampungan 1	30	1,8	54
Penampungan 2	30	1,8	54
Penampungan 3	35	1,8	63
Total			171

Total ketersediaan air hujan bulan Januari (R_{80%}) pada Universitas Katolik Soegijapranata Semarang adalah sebagai berikut.

Tabel 6 Ketersediaan Air Hujan Bulan Januari (R_{80%})

Tanggal	Luas Atap (m ²)	Hujan Andalan (R _{80%}) (mm)	Volume Suplai Air Hujan (V _{80%}) (m ³)
Jan			
1	1172,5	17,36	18,32
2	1172,5	11,74	12,39
3	1172,5	20,56	21,69
4	1172,5	22,28	23,51
5	1172,5	21,75	22,96
6	1172,5	9,39	9,91
7	1172,5	4,48	4,73
8	1172,5	21,17	22,34

Tanggal	Luas Atap (m ²)	Hujan Andalan (R80%) (mm)	Volume Suplai Air Hujan (V80%) (m ³)
9	1172,5	10,98	11,59
10	1172,5	12,31	12,99
11	1172,5	12,31	12,99
12	1172,5	14,30	15,09
13	1172,5	8,88	9,37
14	1172,5	8,88	9,37
15	1172,5	15,86	16,73
16	1172,5	12,48	13,17
17	1172,5	9,13	9,64
18	1172,5	11,68	12,33
19	1172,5	14,50	15,30
20	1172,5	23,58	24,88
21	1172,5	10,26	10,82
22	1172,5	22,65	23,91
23	1172,5	19,62	20,70

Lanjutan Tabel 6 Ketersediaan Air Hujan Bulan Januari (R_{80%})

Tanggal	Luas Atap (m ²)	Hujan Andalan (R80%) (mm)	Volume Suplai Air Hujan (V80%) (m ³)
Jan			
24	1172,5	15,29	16,13
25	1172,5	11,28	11,90
26	1172,5	15,19	16,03
27	1172,5	9,01	9,50
28	1172,5	9,32	9,84
29	1172,5	8,36	8,82
30	1172,5	9,89	10,43
31	1172,5	9,89	10,43

Pemanfaatan air hujan ini dilakukan dengan cara, menggunakan air hujan yang telah tertampung dihari sebelumnya. Semakin banyak air hujan yang dapat tertampung maka semakin banyak pula air hujan yang dapat dimanfaatkan. Simulasi pada penelitian ini terdapat 2 macam contoh perhitungan yaitu dengan menggunakan kebutuhan air berdasarkan luas area efektif (SNI-03-7056) dan dengan menggunakan kebutuhan tiap orang (SNI 03-6481 Tahun 2000 tentang Sistem *Plumbing*). Pada perhitungan curah hujan dengan menggunakan perhitungan luas efektif (SNI-03-7056) didapatkan kebutuhan air bersih sebanyak 25,116 m³/hari sedangkan dengan menggunakan perhitungan kebutuhan air bersih dengan cara dihitung tiap orangnya (SNI 03-6481 Tahun 2000 tentang Sistem *Plumbing*) didapat kebutuhan air bersih yaitu

302,5 m³/hari. Berikut merupakan simulasi keperluan air bersih.

- Keperluan air bersih berdasarkan luas efektif (SNI-03-7056)

Januari Tanggal 1

Volume tampungan belum melebihi batas tampungan mati dalam tangki, sehingga belum dapat dimanfaatkan.

Januari tanggal 4

Volume tampungan dihari sebelumnya telah melebihi batas tampungan mati dalam tangki, sehingga air hujan dapat dimanfaatkan.

Air Hujan

Volume yang dimanfaatkan = volume tampungan mencukupi kebutuhan air (bisa digunakan)

$$= 22,12 \text{ m}^3 \text{ (air hujan)}$$

Air Tanah

Volume yang dimanfaatkan =

Kebutuhan– Volume yang dimanfaatkan (Air hujan)

$$= 25,12 - 22,12$$

$$= 3 \text{ m}^3 \text{ (air tanah)}$$

- Keperluan air bersih berdasarkan tiap orangnya (SNI 03-6481 Tahun 2000 tentang Sistem *Plumbing*)

Januari Tanggal 1

Volume tampungan belum melebihi batas tampungan mati dalam tangki, sehingga belum dapat dimanfaatkan.

Januari tanggal 4

Volume tampungan dihari sebelumnya telah melebihi batas tampungan mati dalam tangki, sehingga air hujan dapat dimanfaatkan.

Air Hujan

Volume yang dimanfaatkan = volume tampungan mencukupi kebutuhan air (bisa digunakan)

$$= 155,21 \text{ m}^3 \text{ (air hujan)}$$

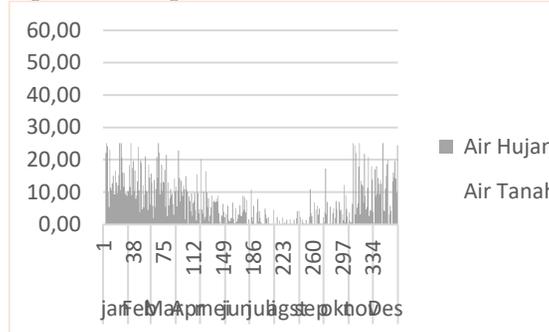
Air Tanah

Volume yang dimanfaatkan = Kebutuhan– Volume yang dimanfaatkan (Air hujan)

$$= 302,5 - 155,21$$

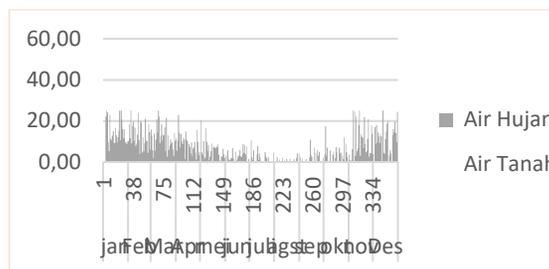
$$= 73,3 \text{ m}^3 \text{ (air tanah)}$$

Dengan contoh perhitungan diatas, maka dapat dibuat grafik perbandingan antara air hujan dengan air tanah selama satu tahun. Kebutuhan Air (SNI-03-7056) diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Penggunaan Air Hujan dan Air Tanah Kebutuhan Air (SNI-03-7056)

Kebutuhan Air Bersih (SNI-03-7056) maka didapatkan volume air hujan yang dimanfaatkan sebesar 2.550 m³ sedangkan volume air tanah yang dimanfaatkan adalah sebesar 6.617 m³. Dengan adanya sistem pemanenan air hujan maka akan menghemat air sebesar 27,8%.



Gambar 2 Grafik Perbandingan Penggunaan Air Hujan dan Air Tanah Kebutuhan Air Bersih (Per orang)

Kebutuhan Air Bersih (Per orang) maka didapatkan volume air hujan yang dimanfaatkan sebesar 2.602 m³ sedangkan volume air tanah yang dimanfaatkan adalah sebesar 107.801 m³. Dengan adanya sistem pemanenan air hujan maka akan menghemat air sebesar 2,3%.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan air yang melimpas (*runoff*) selama satu tahun pada lokasi penelitian Universitas Katolik Soegijapranata Semarang adalah 112.907,42 m³. Total kebutuhan air bersih selama satu bulan dengan menggunakan SNI 03-6481 Tahun 2000 tentang Sistem *Plumbing* (dengan perhitungan kebutuhan per orang) didapat 9.377 m³ dan kebutuhan air bersih selama satu bulan dengan menggunakan SNI 03-7065 (luas efektif) adalah 778,59 m³. Serta tampungan yang akan digunakan untuk perencanaan sistem pemanenan air hujan di kampus Benda Universitas Katolik Soegijapranata terdapat 3 titik. Tampungan pertama berada di samping Gedung Antonius dengan kubikasi sebesar 54 m³, tampungan kedua berada di samping Gedung Mikael dengan kubikasi 54 m³ dan tampungan ketiga berada di samping *sport hall* dengan kubikasi 63 m³.

DAFTAR PUSTAKA

- Kodoaite, R. J., dan Roestam, S. (2005): Pengelolaan sumber daya air terpadu, Yogyakarta : Andi, 25.
- Prakasa, R. J., Anggoro, R., Kadir, A., dan Falah, A. (2013): Analisis kapasitas penampang banjir kanal barat Kota Semarang untuk perencanaan pengendalian banjir, Jurnal Karya Teknik Sipil, 2(1), 1-19.
- Reseda, A. (2012): Kajian efektivitas pengendalian banjir di DAS Garang, Tesis Program Studi Teknik Sipil, Universitas Diponegoro, 42-47
- SNI 03-6481-2000. (2000): Tentang sistem plumbing, Jakarta : Badan Standardisasi.
- SNI 03-7065-2005. (2005): Tentang tata cara perencanaan sistem plumbing, Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Suripin. (2004): Sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan. Yogyakarta : Andi, 45.

KESIMPULAN