

# STUDI PENERAPAN PRINSIP ZERO RUN-OFF DENGAN MENGGUNAKAN SUMUR RESAPAN DI KAMPUS UNIVERSITAS WIDYATAMA

Fuad Hasan\*, Bambang Eko Widyanto, R. Herdian Bayu A, Asep Setiawan

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Widyatama, Bandung 40125, Indonesia

\*E-mail penulis korespondensi : [hasan.fuad@widyatama.ac.id](mailto:hasan.fuad@widyatama.ac.id)

## ABSTRAK

Kota Bandung tempat Universitas Widyatama berada mengalami kemajuan yang pesat dalam sektor pembangunan infrastruktur. Adanya pembangunan infrastruktur yang masif ini dapat meningkatkan kebutuhan air dan menurunkan muka air tanah. Kota Bandung merupakan kota yang memiliki rata-rata curah hujan bulanan yang cukup tinggi sehingga memiliki potensi aliran permukaan yang cukup tinggi. Adanya ketersediaan curah hujan di musim hujan yang cukup melimpah ini belum dapat dimanfaatkan dengan optimal di musim kemarau. Universitas Widyatama dikelilingi oleh zona pemukiman yang semakin hari semakin berkembang dan berubah tata guna lahannya sehingga dapat menyebabkan berkurangnya lahan resapan yang ada. Perpaduan antara hal tersebut jika diiringi dengan intensitas hujan tinggi maka dapat mengakibatkan air yang meresap ke dalam tanah berkurang, sehingga dapat menyebabkan genangan. Untuk mengantisipasi masalah tersebut, perlu dilakukan penataan sistem pengelolaan air dengan menggunakan metode *Zero Run-Off*. Hasil perhitungan volume hujan yang dapat ditampung yaitu sebesar 2,177 m<sup>3</sup>. Berdasarkan hasil pengukuran laju infiltrasi dapat disimpulkan bahwa wilayah kampus Universitas Widyatama masih dapat mengalirkan air ke dalam tanah. Hasil perhitungan debit banjir sumur resapan didapat sebesar 544,23 m<sup>3</sup> per jam. Jika sumur resapan yang direncanakan ber dinding poros dengan karakteristik tanah pasir halus maka dibutuhkan 161 titik sumur resapan dengan kedalaman 3 m.

**Kata Kunci:** Hujan, Sumur Resapan, *Zero Run-Off*

## ABSTRACT

Bandung City, where Widyatama University is located, is experiencing rapid progress in the infrastructure development sector. This massive infrastructure development can increase water demand and lower groundwater levels. Bandung is a city that has a fairly high average monthly rainfall, so it has quite high potential for surface runoff. The availability of rainfall in the rainy season which is quite abundant cannot be utilized optimally in the dry season. Widyatama University is surrounded by residential zones which are increasingly developing and changing land use, which can lead to a reduction in existing catchment areas. The combination of these things, if accompanied by high intensity rain, can result in less water seeping into the ground, which can cause puddles. To anticipate this problem, it is necessary to organize a water management system by applying the *Zero Run-Off* principle. The calculation result of the volume of rain that can be accommodated is 2.177 m<sup>3</sup>. Based on the results of infiltration rate measurements, it can be concluded that the Widyatama University campus area can still drain water into the ground. The results of the calculation of the infiltration well flood discharge were found to be 544.23 m<sup>3</sup> per hour. If the planned infiltration well has shaft walls with fine sand soil characteristics, 161 infiltration wells with a depth of 3 m are needed.

**Keywords :** Rainfall, Infiltration Well, *Zero Run-Off*

## 1. PENDAHULUAN

Kota Bandung yang terletak di Provinsi Jawa Barat merupakan kota yang memiliki rata-rata curah hujan bulanan yang cukup tinggi sehingga kota ini memiliki potensi aliran permukaan yang cukup tinggi. Adanya ketersediaan curah hujan di musim hujan yang cukup melimpah ini belum dapat dimanfaatkan dengan optimal di musim kemarau. Sebagian air hujan menjadi aliran permukaan yang tidak meresap sehingga tidak dapat dimanfaatkan dengan efektif untuk kebutuhan masyarakat. Hujan dengan intensitas yang tinggi, apabila terjadi dalam waktu yang lama, sebagian besar air hujan akan mengalir/ melimpas di atas permukaan dan tidak tembus air. Untuk dapat mengatasi adanya limpasan berlebih yang dapat menciptakan genangan, maka perlu adanya proses menangkap, mengalihkan dan menyimpan air hujan yang biasa juga disebut dengan istilah pemanenan air hujan [1]. Pemanenan air hujan/*rainwater harvesting* dikenal sebagai salah satu dari sekian alternatif teknik dalam pengelolaan sumber daya air yang mempunyai prinsip dapat meningkatkan infiltrasi dan menurunkan limpasan permukaan sehingga dapat menyebabkan simpanan air di dalam tanah bertambah. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi limpasan adalah pengaplikasian prinsip *zero delta Q*. Berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 26 tahun 2008 prinsip *zero delta Q* adalah keharusan setiap bangunan tidak

mengakibatkan bertambahnya debit air ke sistem saluran drainase atau sistem aliran sungai [2]. Peresapan air ke dalam tanah dapat dilakukan melalui aplikasi beberapa teknologi, misalnya melalui sumur resapan dan biopori [3,4]. Teknologi lainnya untuk membantu peresapan air ke dalam tanah berupa penampung air hujan *rain garden*, resapan biopori dan lain-lain [5]- [7],

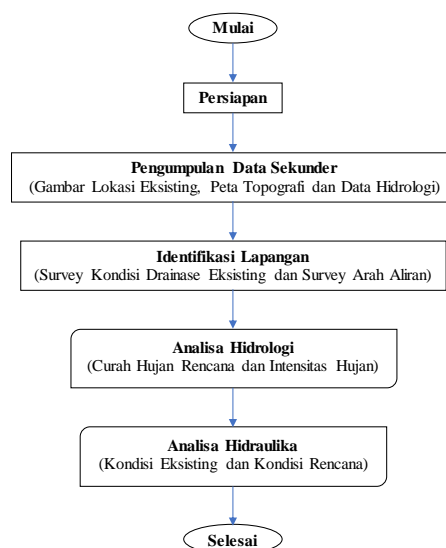
Universitas Widyatama yang memiliki lahan dengan luas kurang lebih 35,000 m<sup>2</sup> merupakan universitas yang berada di Kota Bandung. Universitas Widyatama dikelilingi oleh zona pemukiman yang semakin hari semakin berkembang dan terus mengaami perubahan tata guna lahan. Penambahan bangunan baru menyebabkan berkurangnya lahan resapan yang ada. Pertumbuhan jumlah penduduk disertai peningkatan aktivitas ekonomi dan sosial di daerah perkotaan telah memicu kegiatan pembangunan berupa penyediaan prasarana dan sarana penunjang kegiatan sosial ekonomi dengan cepat [8]. Permasalahan utama dari perencanaan pengembangan suatu lahan yang telah ada adalah kesalahan atau tidak cermat dalam perencanaan tata guna lahan terutama dalam hal pengaturan jumlah dan lokasi-lokasi penempatan yang sudah disesuaikan dengan kondisi keairan yang tersedia [9]. Perpaduan antara hal tersebut jika diiringi dengan intensitas hujan tinggi maka dapat mengakibatkan air yang meresap ke dalam tanah berkurang, sehingga dapat menyebabkan genangan/banjir. Untuk mengantisipasi masalah tersebut, perlu dilakukan penataan sistem drainase dengan menerapkan prinsip *Zero Run-Off*. Prinsip ini yaitu menyerapkan semaksimal mungkin aliran air dari atap atau dari lahan ke dalam tanah serta meminimalkan atau tidak menambah air yang mengalir menuju drainase, terutama saluran drainase luar. Untuk mengantisipasi dan menanggulangi hal itu maka dilakukan Studi Penerapan Prinsip *Zero Run-Off* Dengan Menggunakan Sumur Resapan Di Kampus Universitas Widyatama. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi air hujan yang dapat diresapkan ke dalam tanah, serta mengetahui berapa banyak sumur resapan yang dapat dibuat.

Penelitian ini dilakukan untuk melengkapi penelitian-penelitian terdahulu mengenai potensi air hujan dan prinsip peresapan air ke dalam tanah. Penelitian-penelitian tersebut diantaranya yaitu penerapan *zero delta run-off* di perumahan Tangerang untuk mengurangi debit banjir [10], penerapan *zero delta run-off* di perumahan Tangerang untuk mengurangi debit banjir [11], Aplikasi konsep *zero run off* dalam mengurangi aliran air permukaan sebagai solusi alternatif untuk meresapkan limpasan maksimum ke dalam tanah [12] dan penelitian-penelitian lain sejenis yang relevan.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini bersifat kuantitatif. Diagram alir metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Langkah awal penelitian adalah persiapan tema penelitian dan studi dengan menumpulkan referensi-referensi yang dapat menjadi acuan pada penelitian ini. Kemudian pengumpulan data, baik data primer maupun sekunder. Tahapan selanjutnya adalah melakukan identifikasi lapangan yang diantaranya adalah survei kondisi eksisting untuk mengetahui keadaan lapangan sesungguhnya, survei topografi untuk mengetahui luas daerah tangkapan air aktual serta survei infiltrasi untuk mengetahui kemampuan tanah dalam meresapkan air hujan di lingkungan daerah penelitian. Analisis hidrologi dilakukan untuk mengetahui curah hujan rencana, volume hujan dan volume genangan yang dapat ditampung serta banyaknya sumur resapan yang dapat dibuat.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## 2.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah di kawasan kampus Universitas Widyatama yaitu di Jl. Cikutra, No. 204A, Kota Bandung, Jawa Barat dengan luasan kurang lebih 35.000 m<sup>2</sup>. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Penelitian, Universitas Widyatama

## 2.3 Data

Data primer didapat dari survei topografi di lokasi penelitian. Data yang didapat yaitu luasan aktual kampus Universitas Widyatama dan elevasi lahan. Selain itu dilakukan pula pengukuran laju infiltrasi di wilayah tersebut. Adapun data sekunder yang dikumpulkan yaitu data hujan kota Bandung selama 10 tahun terakhir yang didapat dari BMKG dan data tata guna lahan di wilayah kampus Universitas Widyatama yang didapat melalui identifikasi foto udara. Data penelitian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Penelitian

No	Uraian	Sumber
1	Data Hujan Kota Bandung 10 tahun terakhir	Data Sekunder (BMKG)
2	Data topografi wilayah kampus UTama	Survei Primer
3	Data infiltrasi	Survei Primer
4	Data tata guna lahan	Survei Primer dan Identifikasi Data Sekunder

## 2.4 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi meliputi perhitungan curah hujan rencana dan perhitungan perkiraan volume genangan rencana. Hasil perhitungan dari analisis hidrologi ini dijadikan masukan dalam perhitungan potensi besar genangan banjir. Perhitungan infiltrasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan tanah dalam meresapkan air yang tergenang. Perhitungan infiltrasi ini mengacu pada SNI no. 7752:2012 Tentang Tata Cara Pengukuran Laju Infiltrasi Tanah Di Lapangan Menggunakan Infiltrometer Cincin Ganda [13]. Peraturan ini menguraikan tata cara pengukuran laju infiltrasi air ke dalam tanah menggunakan infiltrometer cincin ganda. Tata cara pengukuran ini dapat dilakukan pada permukaan tanah atau pada kedalaman tertentu dalam galian, lahan kosong atau tempat dengan vegetasi dan pada tanah yang memiliki koefisien permeabilitas (k) antara 10<sup>-6</sup> m/s sampai dengan 10<sup>-2</sup> m/s serta untuk mempelajari pembuangan limbah cair, evaluasi tanki septik, efisiensi drainase, kebutuhan irigasi, imbuhan air tanah, kebocoran saluran dan bendungan.

Setelah diketahui besar hujan rencana dan perhitungan infiltrasi, maka tahap selanjutnya adalah menghitung potensi volume hujan yang terjadi di area kampus Universitas Widyatama dengan persamaan 1. Perhitungan sumur resapan dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak sumur resapan yang diperlukan untuk meresapkan air ke dalam tanah, yang selanjutnya bertujuan untuk konservasi air dan menerapkan prinsip *Zero Run Off*. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan 2. Perhitungan debit banjir untuk sumur resapan menggunakan persamaan 3.

$$V = R \times A \times C \quad (1)$$

$$H = \frac{Q}{5\pi r K} \quad (2)$$

$$Q = CIA \quad (3)$$

Pada persamaan 1,2 dan 3, V adalah volume genangan air ( $m^3$ ), R adalah curah hujan rancana (m), A adalah *catchment area* ( $m^2$ ), C merupakan koefisien aliran, H adalah tinggi total sumur resapan (m), Q adalah debit ( $m^3 / jam$ ), r adalah jari-jari sumur resapan (m), K untuk permeabilitas tanah, I untuk intensitas huan ( $m^3/jam$ ) dan A merupakan luas area daerah tangkapan air ( $m^3$ ).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis data yang pertama kali dilakukan adalah analisis hidrologi. Analisis hidrologi meliputi analisis frekuensi data curah hujan dan perhitungan volume genangan rencana [14]. Data hujan yang digunakan berasal dari stasiun pengamatan BMKG Bandung yang berjarak kurang lebih 5,5 km dari kampus Universitas Widyatama. Untuk penelitian selanjutnya agar perhitungan lebih akurat, dapat menggunakan pos curah hujan yang dipasang di daerah Universitas Widyatama. Setelah didapat curah hujan maksimum tahunan, kemudian dilakukan perhitungan curah hujan rencana dengan menggunakan 4 metode yaitu Normal, Log Normal, Gumbel dan Log Pearson III. Dari ke 4 metode tersebut kemudian diuji kesesuaian dengan menggunakan uji Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov. Dari hasil uji kesesuaian tersebut kemudian ditentukan curah hujan rencana dengan metode mana yang sesuai dengan kriteria yang selanjutnya dijadikan masukan untuk perhitungan volume genangan banjir rencana. Berdasarkan perhitungan didapat hasil yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana 4 Metode

P(x >= Xm) Probabilitas	T Kala-Ulang	Karakteristik Curah Hujan (mm/hari) Menurut Probabilitasnya							
		NORMAL		LOG-NORMAL		GUMBEL		LOG-PEARSON III	
		X <sub>T</sub>	K <sub>T</sub>	X <sub>T</sub>	K <sub>T</sub>	X <sub>T</sub>	K <sub>T</sub>	X <sub>T</sub>	K <sub>T</sub>
0,9	1,1	64,088	-1,282	64,234	-1,265	65,675	-1,100	63,936	-1,321
0,5	2,0	75,308	0,000	74,828	-0,055	73,870	-0,164	75,536	0,079
0,2	5,0	82,677	0,842	82,720	0,847	81,607	0,719	82,855	0,855
0,1	10,0	86,528	1,282	87,170	1,355	86,730	1,305	86,524	1,219
0,05	20,0	89,709	1,645	91,026	1,795	91,644	1,866	89,455	1,499
0,02	50,0	93,289	2,054	95,570	2,314	98,004	2,592	92,635	1,792
0,01	100,0	95,675	2,326	98,724	2,675	102,770	3,137	94,678	1,975
0,001	1.000,0	102,363	3,090	108,129	3,749	118,519	4,936	100,047	2,438

Dari 2 uji kesesuaian tersebut didapat 2 metode yang dapat diambil untuk nilai curah hujan rencana. Namun demikian metode yang diambil adalah metode dengan simpangan nilai terkecil yaitu perhitungan curah hujan rencana dengan metode distribusi Log Pearson III yang digunakan pada perhitungan volume genangan banjir rencana. Hasil analisis frekuensi curah hujan rencana dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Curah Hujan Rencana

Kala Ulang T (Tahun)	Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan (mm/hari)
2	75,53
5	82,85
10	86,52
20	89,45
50	92,63
100	94,67
1000	100,04

Potensi area yang menjadi daerah tangkapan air adalah area kampus yang telah diukur melalui survei topografi yang dapat dilihat pada gambar 3. Dari hasil pengukuran dapat diketahui bahwa luasan kampus Universitas Widyatama adalah sebesar 35,033.6  $m^2$ . Berdasarkan potensi daerah tangkapan air yang telah diukur dapat pula ditentukan koefisien limpasan berdasarkan jenis tata guna lahannya. Jenis tata guna lahan di kawasan kampus Universitas Widyatama didominasi oleh gedung perkuliahan (atap), sebagian lagi merupakan lahan hijau. Berdasarkan luas tata guna lahan yang telah diperkirakan, maka dengan demikian diperkirakan nilai koefisien limpasan untuk kawasan kampus Universitas Widyatama adalah sebesar 0,75.



Gambar 3. Hasil Pengukuran Topografi Wilayah Kampus Universitas Widyatama

Periode ulang rencana ditetapkan lazimnya berdasarkan fungsi tata guna lahan serta tingkat kepentingan dari perlindungan banjir. Periode ulang banjir rencana akan secara langsung terkait pada biaya infrastrukturnya. Untuk penerapan di kawasan Universitas Widyatama dengan luasan daerah tangkapan air adalah sebesar 35 ha dan berada di daerah kota besar, berdasarkan acuan dari Kementerian Pekerjaan Umum Dirjen Cipta Karya dapat menggunakan periode ulang 2 tahun ( $R_2 = 75,53$  mm) atau 5 tahun ( $R_5 = 82,85$  mm). Namun demikian, dalam penelitian ini akan digunakan periode ulang 5 tahun. Mengacu pada hasil perhitungan analisis frekuensi, hujan harian maksimum pada periode ulang 5 tahun adalah 82,85 mm. Sehingga perhitungan beban volume hujan pada kawasan Universitas Widyatama dapat dilihat pada Tabel 4.

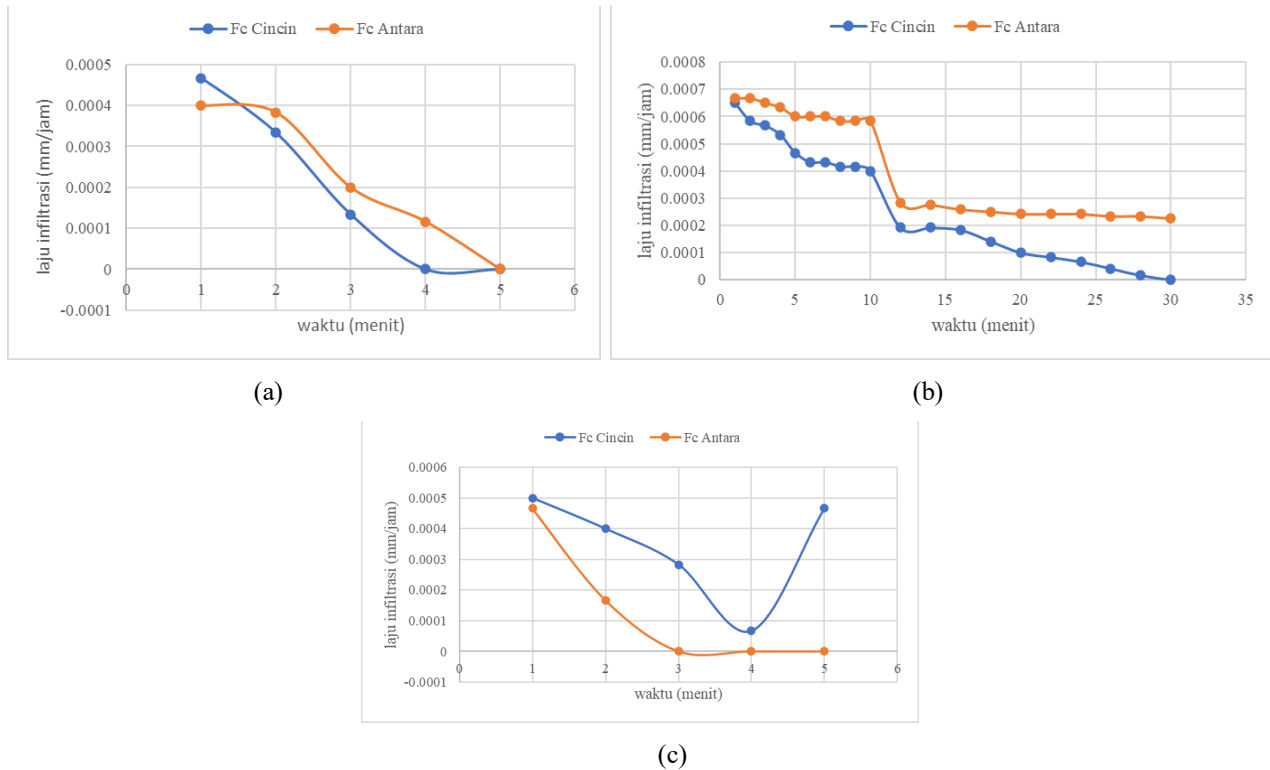
Tabel 4. Perhitungan Volume Banjir Periode Ulang 5 Tahun

No.	Lokasi	R24 [mm]	A [m <sup>2</sup> ]	c	Volume [m <sup>3</sup> ]	Kondisi
1	Universitas Widyatama	82,85	35,034	0,75	2,177	Zero Run-Off
	Beban Banjir				2,177	

Dengan demikian, maka volume genangan yang timbul dari hujan dengan periode ulang 5 tahun pada kawasan Universitas Widyatama adalah sebesar 2,177 m<sup>3</sup>. Hasil perhitungan ini tidak jauh berbeda dengan perhitungan yang dilakukan oleh Bambang Eko Widyanto et al. [15] yang menyatakan bahwa volume hujan yang dapat disimpan adalah sebesar 2,230 m<sup>3</sup>. Perhitungan infiltrasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan tanah dalam meresapkan air yang tergenang di wilayah kampus Universitas Widyatama ketika hujan terjadi. Pengukuran laju infiltrasi dilakukan di 3 titik di dalam kampus Universitas Widyatama yaitu di taman dekat gedung F (lokasi 1), taman dekat gedung K (lokasi 2) dan taman dekat gedung PKM (lokasi 3). Pengolahan data dilakukan dengan mengukur tinggi penurunan air pada ring dalam dan ring luar setiap 5 – 30 menit hingga mencapai laju infiltrasi yang konstan. Hasil kemudian akan di plot pada kertas grafik di mana sumbu X sebagai waktu dan sumbu Y sebagai laju infiltrasi. Lokasi dan hasil pengukuran laju infiltrasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Lokasi Pengukuran Laju Infiltrasi



Gambar 5. Grafik Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi Taman Gedung F (a) Gedung K (b) Gedung PKM(c)

Berdasarkan hasil survei yang tersaji dalam grafik pada gambar 5 diketahui bahwa kapasitas infiltrasi belum mencapai nilai konstan. Artinya tanah masih dapat meloloskan air. Dalam rentang pengukuran menggunakan infiltrometer cincin ganda, nilai kapasitas infiltrasi yang diperoleh beragam. Nilai laju infiltrasi di taman gedung F dan taman gedung K cenderung menurun, sedangkan pada taman gedung PKM nilainya naik yang artinya tanah pada gedung PKM pada kedalaman tertentu bisa dikatakan lebih besar dalam meloloskan air. Dengan kata lain tanah pada titik pengukuran tidak kedap air, artinya air masih dapat menembus permukaan tanah. Berdasarkan hasil pengukuran laju infiltrasi pada ke tiga lokasi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa wilayah kampus Universitas Widyatama masih dapat mengalirkan air ke dalam tanah. Untuk pemanenan air hujan dengan menerapkan prinsip konsep *Zero Run Off System* dapat menggunakan sumur resapan. Pedoman perencanaan sumur resapan mengacu pada SNI 8456 tahun 2017 [16].

Perhitungan debit banjir untuk sumur resapan :

$$Q = 0,75 \times 0,021 \text{ m/jam} \times 35,034 \text{ m}^2 = 544,23 \text{ m}^3 \text{ per jam}$$

maka,

$$H = \frac{544,23}{5 \times 3,14 \times 2 \times 0,036} = 481,21 \text{ m}$$

Jika kedalaman sumur resapan adalah 3 m maka dibutuhkan sebanyak  $481,21 \text{ m} / 3 \approx 161$  titik sumur resapan.

#### 4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, untuk mengatasi adanya limpasan berlebih yang dapat menciptakan genangan digunakan sistem pengelolaan air metode *Zero Run-Off* yang dikembangkan dengan menggunakan sumur resapan. Input data hujan harian yang kemudian dilakukan analisis frekuensi terhadap data hujan tersebut menghasilkan perkiraan volume genangan yang dapat ditampung.

Berdasarkan hasil analisis penelitian, dapat disimpulkan bahwa total luas daerah tangkapan air di kampus Universitas Widyatama adalah sebesar 35,034 m<sup>2</sup>, dengan volume hujan yang dapat ditampung sebesar 2,177 m<sup>3</sup>. Hasil pengukuran laju infiltrasi menunjukkan bahwa wilayah kampus Universitas Widyatama masih dapat mengalirkan air ke dalam tanah. Dari perhitungan debit banjir untuk sumur resapan, didapat debit sebesar 544,23 m<sup>3</sup> per jam. Jika sumur resapan yang direncanakan memiliki dinding poros dengan karakteristik tanah pasir halus, maka diperlukan 161 titik sumur resapan dengan kedalaman 3 m.

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah diperlukan survei tinggi muka air tanah untuk memastikan seberapa dalam air dapat mengalir ke dalam tanah. Mengingat lahan di kampus Universitas Widyatama cukup terbatas, perlu dipertimbangkan untuk merencanakan Rain Water Tank di gedung-gedung yang sudah ada agar jumlah titik sumur resapan bisa dikurangi. Selain itu, perlu dilakukan survei penggunaan air di lingkungan kampus Universitas Widyatama untuk melihat pola kesetimbangan air guna menunjang program efisiensi air.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya haturkan kepada LPPM Universitas Widyatama atas dukungan dan bantuan yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini, juga kepada dosen dan mahasiswa yang turut serta serta mendukung penelitian ini dari awal hingga selesai.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Puguh., “Simulation Of Surface Runoff Reduction Using Simple Rain Water Harvesting System In Urban Buffer Area,” *Jurnal Alami*, vol. 3, no. 1, pp. 32–42, 2019, [Online]. Available: <http://dibi.bnpb.go.id>
- [2] R. H. Indriatmoko, “Penerapan Prinsip Kebijakan Zero Delta Q Dalam Pembangunan Wilayah,” *Jai*, vol. 6, no. 1, 2018.
- [3] A. Azis, H. Yusuf, and Z. Faisal, “Konservasi Airtanah Melalui Pembuatan Sumur Resapan Air Hujan Di Kelurahan Maradekaya Kota Makassar,” *INTEK: Jurnal Penelitian*, vol. 3, no. 2, pp. 87–90, 2016.
- [4] M. Juliandari, A. Nirmala, and E. Yuniarti, “Efektivitas Lubang Resapan Biopori Terhadap Laju Resapan (Infiltrasi),” *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, vol. 1, no. 1, 2013.
- [5] A. E. Putra and M. P. Hadi, “Evaluasi Penampungan Air Hujan (PAH) Untuk Pemenuhan Kebutuhan Air Domestik Di Desa Giriharjo Kecamatan Panggang Kabupaten Gunungkidul,” *Jurnal Bumi Indonesia*, vol. 4, no. 1, 2015.
- [6] R. Sharma and P. Malaviya, “Management Of Stormwater Pollution Using Green Infrastructure: The Role Of Rain Gardens,” *WIRES Water*, vol. 8, no. 2, Mar. 2021, Doi: 10.1002/wat2.1507.
- [7] F. Saves, “Penerapan Ecodrainage Melalui Biopori Di Jalan Dukuh Kupang Surabaya,” *Pawon: Jurnal Arsitektur*, vol. 5, no. 2, pp. 185–200, Aug. 2021, Doi: 10.36040/pawon.v5i2.3468.
- [8] D. Yudianto and A. F. Roy, “Pemanfaatan Kolam Retensi dan Sumur Resapan pada Sistem Drainase Kawasan Padat Penduduk,” *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 5, no. 2, pp. 103–121, 2009.
- [9] N. Leomitro and Y. T. Robby, “Kajian Perangkat Perlindungan Dampak Rendah Suatu Kawasan di Dalam Perencanaan Pengembangan Suatu Lahan dan Pelestarian Sumberdaya Air,” *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 11, no. 2, pp. 99–108, 2015.
- [10] A. W. Ayu and S. Andajani, “Penerapan Konsep Zero Delta Run-Off pada Perumahan Tataca Puri, Kabupaten Tangerang,” *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 8, no. 1, p. 1, Apr. 2022, Doi: 10.26760/rekaracana.v8i1.1.
- [11] Y. C. Wirasembada, B. I. Setiawan, and S. K. Saptomo, “Penerapan Zero Runoff System (ZROS) dan Efektivitas Penurunan Limpasan Permukaan Pada Lahan Miring di DAS Cidanau, Banten,” *Media Komunikasi Teknik Sipil*, vol. 23, no. 2, p. 102, Dec. 2017, Doi: 10.14710/mkts.v23i2.15983.
- [12] E. Lestari, C. A. Makarim, and W. A. Pranoto, “Zero Run-Off Concept Application In Reducing Water Surface Volume,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 508, p. 012019, May 2019, Doi: 10.1088/1757-899X/508/1/012019.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, *Tata cara pengukuran laju infiltrasi tanah di lapangan menggunakan infiltrometer cincin ganda.SNI 7752:2012*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2012.
- [14] R. H. B. Ash Shiddiq, F. Hasan, S. R. Akbar, and R. Roespinoedji, “Kajian Potensi Energi Terbarukan Dan Wisata Sungai Cidurian Depan Universitas Widyatama,” *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, vol. 13, no. 2, p. 427, Oct. 2023, Doi: 10.29103/tj.v13i2.909.
- [15] B. E. Widyanto, A. Setiawan, and F. Hasan, “Konservasi Sumberdaya Air: Analisis Potensi Konservasi Air Tanah Skala Mikro di Lingkungan Kampus Universitas Widyatama. Syntax Literate,” *Syntax Literate*, vol. 1, no. 9, 2024, Doi: 10.36418/syntax-literate.v9i1.
- [16] Badan Standardisasi Nasional, *Sumur dan parit resapan air hujan.SNI 8456:2017*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2017.