

PENGENDALIAN BANJIR DENGAN KONSEP KEBIJAKAN ZERO DELTA Q MENGGUNAKAN SUMUR RESAPAN

FLOOD CONTROL WITH THE ZERO DELTA Q POLICY CONCEPT USING INFILTRATION WELLS

¹Febry Mandasari, ²Diyanti, ³Fani Yayuk Supomo, ⁴Haryono Putro
^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma
¹febrymandasari08@gmail.com, ²diyanti@staff.gunadarma.ac.id, ³fbee2009@gmail.com,
⁴haryono_putro@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Banjir terjadi akibat curah hujan tinggi, rasio antara aliran yang mengalir dipermukaan tanah lebih tinggi, dan saluran drainase sekitar sudah tidak dapat menampung air hujan. Pengendalian banjir dilakukan salah satunya dengan menggunakan bangunan pengendali banjir sumur resapan. Penelitian dilakukan pada Perumahan Puri Depok Mas, Kota Depok, Jawa Barat. Rumah dengan tipe 36/72, jumlah rumah 30, luas atap total Gedung 2160 m², luas total atap 1080 m², dan luas total halaman 1080 m². Lokasi perumahan ini merupakan salah satu perumahan di Kota Depok, Jawa Barat yang setiap tahunnya terjadi banjir. Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis volume debit aliran yang direduksi kedalam sumur resapan dan dimensi sumur resapan. Data primer yang didapatkan dengan melakukan. Pengujian yang dilakukan yaitu uji permeabilitas tanah. Metode penelitian dengan cara kuantitatif numerik dengan data yang digunakan berupa data luas atap bangunan, luas perumahan, permeabilitas tanah, dan curah hujan. Hasil analisis dari pengendalian banjir dengan konsep delta zero Q menggunakan sumur resapan didapatkan 9 sumur resapan dengan dimensi 1 x 3 meter untuk kapasitas sumur resapan 2,355 m³ dengan waktu waktu yang dibutuhkan untuk sumur resapan terisi penuh 6,194 jam. Reduksi yang didapatkan dengan konsep zero delta Q didapat sebesar 0,006337 m³/detik.
Kata kunci: banjir, aliran permukaan, zero delta Q, sumur resapan, konservasi air.

Abstract

Flooding occurs due to high rainfall, the ratio between streams flowing on the ground surface is higher, and the surrounding drainage channels can no longer accommodate rainwater. One way to control floods is by using infiltration wells to control flooding. The research was conducted at Puri Depok Mas Housing, Depok City, West Java. House type 36/72, number of houses 30, total roof area of the building 2160 m², total roof area 1080 m², and total yard area 1080 m². This housing location is one of the housing complexes in Depok City, West Java, where flooding occurs every year. This research aims to analyze the reduced flow volume into the infiltration well and the dimensions of the infiltration well. Primary data was obtained by doing. The test carried out is the soil permeability test. The research uses quantitative numerical methods with data from the building roof area, housing area, soil permeability, and rainfall. The results of the analysis of flood control with the delta zero Q concept using infiltration wells showed that there were 9 infiltration wells with dimensions of 1 x 3 meters for an infiltration well capacity of 2.355 m³ with the time required for the infiltration wells to be filled. The reduction obtained with the zero delta Q concept is 0.006337 m³/second.

Keywords: floods, surface flow, zero delta Q, infiltration wells, water conservation.

PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah penduduk di Indonesia terutama pada daerah penyangga ibukota setiap tahunnya tidak dapat dihindari (Kamila et al., 2023). Kota Depok merupakan salah satu kota penyangga ibukota Jakarta. Kota Depok menjadi salah satu kota penyangga ibu kota yang menyumbang jumlah penduduk terbesar dengan jumlah 2.484.186 jiwa (S. Andayani, 2022). Pertambahan penduduk yang terjadi memicu angka kebutuhan akan tempat tinggal. Dengan dibangunnya tempat tinggal, maka ruang terbuka menjadi berkurang, maka perlu suatu konsep zero delta Q sebagai pengendali banjir.

PP tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional (2008) menyebutkan bahwa, bijakan didalam prinsip zero delta Q yaitu keharusan agar setiap bangunan tidak boleh mengakibatkan bertambahnya debit air ke sistem saluran drainase atau sistem aliran Sungai. Teknik atau metode yang digunakan untuk menerapkan prinsip zero delta Q *policy* antara lain area resapan air hujan, lubang resapan biopori, modifikasi lansekap, penampungan air hujan, rain garden, sumur injeksi, dan sumur resapan.

Bangunan konservasi sumur resapan air, yang disingkat SRA merupakan salah satu alternatif didalam mengatasi banjir dan menurunkan air limpasan dipermukaan tanah (Bambang, 2006). Berdasarkan kondisi tersebut, perlu dilakukan pengendalian banjir dengan zero delta Q dalam usahan mengoptimalkan keberlangsungan fungsi dari kawasan resapan air di Kota Depok. Sementara itu, konsep *zero-run off system* diperkenalkan sebagai model neraca air yang bertujuan untuk mereduksi debit limpasan keluar dari satu kawasan dengan cara menyimpan dan mendistribusikan ke dalam lapisan tanah yang dilaluinya (Pranoto et al., 2022). Penerapan konsep zero run off yang secara garis besar akan meresapkan air hujan kembali ke dalam tanah dengan jumlah semaksimal mungkin agar sisa air limpasan kawasan menjadi 0%

(Andajani 2019). Salah satu titik banjir yang ada di Kota Depok adalah Perumahan Puri Depok Mas. Setiap musim hujan kawasan perumahan ini menjadi langganan banjir. Air yang seharusnya masuk ke dalam tanah, menjadi air limpasan yang langsung terbuang ke saluran. Oleh karena itu diperlukan alternatif pengendalian banjir yaitu Perencanaan drainase dengan konsep zero *delta run off* menjadi solusi atas permasalahan tersebut dengan menerapkan teknologi ekodrainase yang akan meresapkan air limpasan permukaan ke tanah sebanyakbanyaknya tanpa menambah beban drainase kawasan.

Analisis Curah Hujan

Untuk mendapatkan curah hujan rata-rata Kawasan dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode Aljabar.

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (1)$$

di mana:

P= Curah hujan rerata

n= Jumlah stasiun yang digunakan

P_i= tinggi curah hujan distasiun I, i=1,...,n

Analisis Frekuensi dan Probabilitas

Analisis frekuensi dilakukan guna mendapatkan curah hujan rancangan di lokasi penelitian. Metode distribusi yang digunakan yaitu metode distribusi Normal, Log Normal, Log Person III, dan Gumbel. Analisis ini dilakukan berdasarkan data dari curah hujan Kawasan yang didapatkan melalui perhitungan analisis curah hujan.

Berikut rumus yang digunakan dalam analisis ini:

a) Deviasi Standar (S)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \quad (3)$$

b) Koefisien Variasi (Cv)

$$C_v = \frac{\bar{X}}{S} \quad (3)$$

c) Koefisien Kemencengan (Cs)

$$C_s = \frac{n \times \sum (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2) \times s^3} \quad (4)$$

d) Koefisien Kurtosis (Ck)

$$C_k = \frac{n \times \sum (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \times s^4} \quad (5)$$

Selanjutnya dilakukan analisis hasil perhitungan terhadap syarat sebaran masing-masing metode seperti terdapat pada Tabel 1.

Tahap selanjut dilakukan uji keselarasan dengan dua metode uji yaitu uji chi kuadrat dan uji smirnov kolgomorov.

Analisis Intensitas Curah Hujan

Pada analisis ini digunakan rumus Mononobe dengan persamaan sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (6)$$

dimana:

I = intensitas hujan (mm/jam)

R24 = curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)

t = durasi hujan (jam)

Analisis Reduksi Debit Zero Run Off

Acuan yang digunakan pada penelitian ini yaitu SNI 8456:2017 tentang Sumur dan Parit Resapan Air Hujan. Data permeabilitas yang digunakan pada lokasi penelitian sebesar > 2 cm/jam dan muka air tanah dengan kedalaman rata-rata 10 meter, maka analisis kapasitas sumur resapan air dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut.

Debit total area Gedung (Q_{all}):

$$Q_{all} = 0,00278 \times C \times I \times A \quad (7)$$

Q_{atap} dapat dihitung dengan:

$$T_d = 2 \text{ jam}, I = 24,508$$

$$Q_{atap} = 0,00278 \times C \times I \times A \quad (8)$$

Jenis sumur kosong penampang lingkaran dengan konstruksi buis beton:

$$H = \frac{Q}{F \times K} \left(1 - e^{-\frac{FKT}{2\pi R}} \right) \quad (9)$$

Debit yang ditampung oleh sumur resapan:

$$Q_{Tampung} = Q_{Atap} - Q_{Resap} \quad (10)$$

Waktu yang diperlukan untuk pengisian sumur resapan

$$T = \frac{V}{Q_{Tampung}} \quad (11)$$

Pengurangan debit untuk air hujan yang masuk ke dalam saluran drainase adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A \quad (12)$$

Jadi reduksi debit yang didapatkan:

$$Q_{reduksi} = Q_{all} - Q \quad (13)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode penelitian kuantitatif, dengan tahapan analisis kapasitas limpasan akibat curah hujan yang terjadi dengan perhitungan air limpasan yang dapat diresapkan ke dalam tanah dan perhitungan kapasitas sumur resapan. Penelitian dilakukan pada Perumahan Puri Depok Mas di Blok QC, Kota Depok, Jawa Barat. Luas lahan yang sering terjadi banjir pada blok tersebut seluas 1.080 m². Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Karakteristik Distribusi Frekuensi

No.	Jenis Distribusi	Syarat Distribusi
1	Distribusi Normal	Cs ≈ 0 dan Ck ≈ 3
2	Distribusi Log Normal	Cs = Cv ³ + 3 Cv dan Ck = Cv ⁸ + 6Cv ⁶ + 15 Cv ⁴ + 16 Cv ² + 3
3	Distribusi Gumbel	Cs ≈ 1,396 dan Ck ≈ 5,4002
4	Distribusi Log Person III	selain ketentuan di atas

Sumber: Soewarno, 2021.

Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas luas bangunan, luas tanah, tinggi muka air di lokasi penelitian, permeabilitas, dan data curah hujan. Sumber data berasal dari pengembang di perumahan tersebut, tinggi muka air tanah didapatkan dari RPIJM Kota Depok tahun 2015-2019. Permeabilitas tanah digunakan berdasarkan peta sebaran jenis tanah di Kota Depok. Data curah hujan menggunakan 3 stasiun hujan yaitu dari BBWS Ciliwung Cisadane dan BMKG dengan kurun waktu selama 10 tahun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Curah Hujan Rerata Wilayah

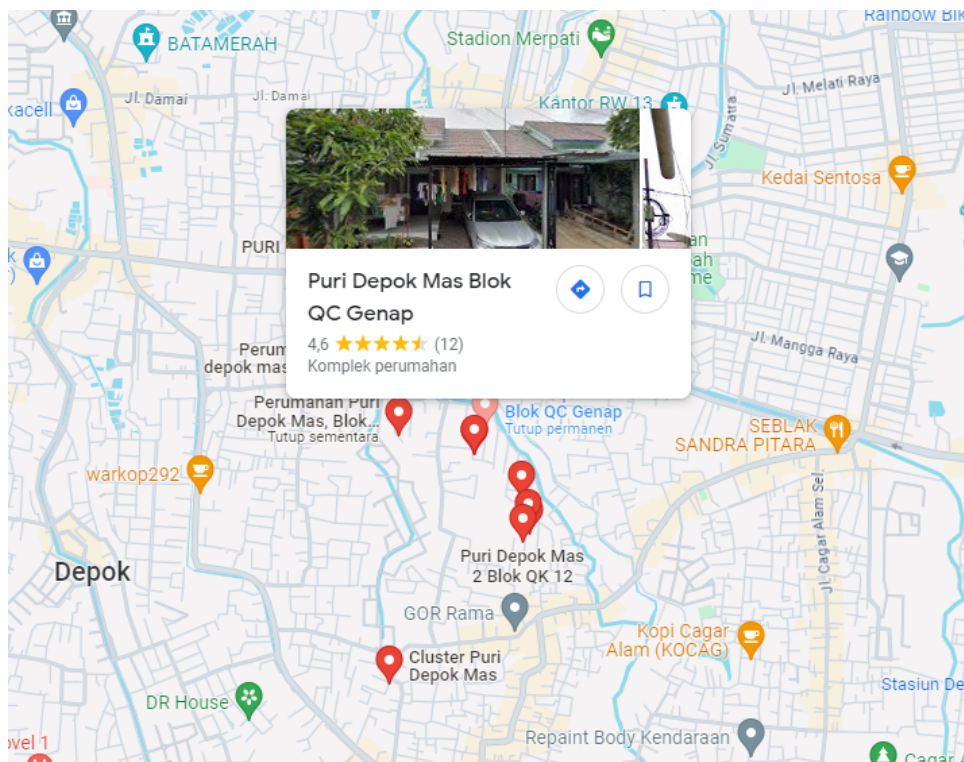
Pada bagian ini berisi perhitungan dan analisis yang dimulai dari analisis curah hujan kawasan, analisis frekuensi dan probabilitas, analisis intensitas curah hujan dan terakhir dilakukan analisis reduksi debit banjir.

Analisis Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana dianalisis berdasarkan metode aljabar. Data curah hujan yang digunakan adalah data hujan stasiun Klimatologi Bogor, stasiun UI, dan stasiun Cibinong dengan data 10 tahun. Berikut contoh perhitungancurah hujan dengan metode rata-rata aljabar:

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \\
 &= \frac{1}{3} (144,500 + 109,000 + 75,000) \\
 &= 109,500_{\text{mm}}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan secara keseluruhan didapatkan curah hujan maksimum menunjukkan bahwa curah hujan tertinggi terdapat pada tahun 2014 sebesar 133,867 mm dan curah hujan terendah terdapat pada tahun 2013 sebesar 93,700 mm. Untuk detail hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
Sumber: Olahan *Google Earth*, 2023

Tabel 2. Rata-Rata Curah Hujan Maksimum Metode Aljabar Berdasarkan Data Curah Hujan

No	Tahun	Stasiun Bogor	Stasiun UI	Stasiun Cibinong	Rata-Rata Hujan Maksimum
1	2010	144,500	109,000	75,000	109,500
2	2011	97,600	117,400	90,000	101,667
3	2012	116,000	128,200	89,000	111,067
4	2013	97,400	101,700	82,000	93,700
5	2014	169,100	151,500	81,000	133,867
6	2015	155,800	97,200	70,000	107,667
7	2016	108,600	141,500	135,000	128,367
8	2017	117,600	105,700	85,000	102,767
9	2018	134,500	95,200	100,000	109,900
10	2019	141,000	122,600	107,500	123,700

Analisis Frekuensi dan Probabilitas

Analisis ini dilakukan untuk mendapatkan curah hujan yang lebih mendekati lokasi penelitian dengan pendekatan menggunakan Metode Distribusi Normal, Metode Distribusi Log Normal, Metode Distribusi Log Person III, dan Metode Gumbel. Berikut hasil perhitungan dari empat metode tersebut.

a) Deviasi Standar (S)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{1122,200}{10} = 112,220 \text{ mm}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} = \frac{1439,656}{(10-1)} = 12,6476$$

b) Koefisien Variasi (Cv)

$$C_v = \frac{\bar{X}}{S} = \frac{112,220}{12,6476} = 0,113$$

c) Koefisien Kemencengan (Cs)

$$C_s = \frac{n \times \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2) \times S^3} = \frac{10 \times 7364,898}{9 \times 8 \times (12,6476)^3} = 0,506$$

d) Koefisien Kurtosis (Ck)

$$C_k = \frac{n \times \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \times S^4} = \frac{10 \times 443454,295}{9 \times 8 \times 7 \times (12,6476)^4} = 3,439$$

Setelah itu dilakukan penilaian terhadap syarat jenis sebarang. Berikut hasil analisis frekuensi terhadap 4 parameter di atas seperti terlihat pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil analisis kesesuaian syarat jenis sebaran, maka selanjutnya dilakukan uji kecocokan dari metode yang memenuhi persyaratan. Hasil penelitian didapatkan yang sesuai yaitu metode normal dan log pearson III. Selanjutnya dilakukan uji kesesuaian chi-kuadrat dan smirnov kolgomorov terhadap curah hujan rancangan distribusi normal dan distribusi log pearson III. Distribusi yang dipilih untuk perhitungan selanjutnya adalah distribusi normal, karena nilai $X2cr$ apabila nilai $Xh2 < X2cr$. Berikut nilai curah hujan rancangan seperti pada Tabel 4.

Analisis Intensitas Curah Hujan

Sesuai dengan persyaratan dalam SNI 8456-2017 tentang Sumur dan Parit Resapan Ai Hujan yang menggunakan waktu konsentrasi 2 jam untuk periode kala ulang 2 tahun.

$$I = \frac{112,220}{24} \left(\frac{24}{2} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 24,508 \text{ mm/jam}$$

Tabel 3. Perbandingan Hasil Analisis Data dengan Syarat Jenis Sebarannya

Jenis Sebaran	Syarat	Hasil Perhitungan	Hasil Analisis Kesesuaian
Normal	$C_s \approx 0$	0,506	Memenuhi
	$C_k \approx 3$	3,439	Memenuhi
Gumbel	$C_s \approx 1,14$	0,506	Tidak Memenuhi
	$C_k \approx 5,4$	3,439	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_v = 0,07075$	0,314	Tidak Memenuhi
	$C_s = 4,42371$	0,024	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Selain ketentuan di atas	0,024 3,442	Memenuhi

Tabel 4 Curah Hujan Rancangan Metode Distribusi Normal

Periode Ulang	\bar{X}	K_T	S	X_T
2	112,2200	0,000	12,6476	112,220
5	112,2200	0,840	12,6476	122,844
10	112,2200	1,280	12,6476	128,409
20	112,2200	1,640	12,6476	132,962
50	112,2200	2,050	12,6476	138,148
100	112,2200	2,330	12,6476	141,689

Tabel 5. Intensitas Curah Hujan (R24) Berbagai Kala Ulang

No	t (mnt)	t (jam)	Intensitas Hujan (mm/jam)					
			Periode Ulang Tahun					
			2	5	10	20	50	100
			Curah Hujan Rencana Maksimum Normal R24 (mm)					
			112,220	122,844	128,409	132,962	138,148	141,689
2	10	0,167	128,460	140,621	146,992	152,204	251,031	257,466
3	15	0,25	98,033	107,314	112,176	116,153	158,14	162,193
4	30	0,5	61,757	67,604	70,6662	73,1718	120,683	123,777
5	45	0,75	47,129	51,591	53,9284	55,8406	76,0255	77,9744
6	60	1	38,905	42,5876	44,5169	46,0954	58,0183	59,5056
7	120	2	24,508	26,829	28,0439	29,0383	47,8931	49,1208
8	180	3	18,703	20,474	21,4015	22,1603	30,1708	30,9442
9	240	4	15,439	16,901	17,6665	18,293	23,0246	23,6148
10	300	5	13,305	14,565	15,2246	15,7644	19,0064	19,4936
11	360	6	11,782	12,898	13,4821	13,9601	16,3792	16,7991
12	720	12	7,422	8,125	8,49319	8,79434	14,5046	14,8764
13	1440	24	4,676	5,119	5,35037	5,54009	9,13732	9,37155
14	2880	48	2,946	3,225	3,37052	3,49004	5,75615	5,9037

Didapatkan besarnya intensitas curah hujan dengan periode ulang 2 tahun 120 menit sebesar 24,508 mm/jam.

Analisis Reduksi Debit Zero Run Off

Kedalaman muka air tanah memenuhi persyaratan yaitu rata-rata 10-20 m > 2,0.

Struktur tanah pada lokasi penelitian mempunyai nilai permeabilitas sedang yaitu jenis tanah lanau, 2,0 - 3,6 cm/jam atau 0,48 - 0,864 m³/m²/hari. Maka diambil nilai tengah dari permeabilitas sedang yaitu 2,8 cm/jam.

Luas total
 gedung (A) = 2160 m²
 = 0,216 ha
 Atap (Aa) = 1080 m²
 = 0,108 ha
 Halaman (Ab) = 1080 m²
 = 0,108 ha

Koefisien pengaliran ditetapkan dalam SNI 8456-2017 sebesar C = 0,95. Intensitas curah hujan PUH 2 tahun dengan durasi 2 jam adalah sebagai berikut.

Intensitas curah hujan (I) = 24,508 mm/jam
 Durasi hujan = 2 jam
 = 7200 detik

Koefisien permeabilitas tanah (K) = 0,000778 cm/detik

$$= 7,78 \times 10^{-6} \text{ m/detik}$$

Dari data tersebut, debit banjir dengan berbagai kondisi dapat dihitung dengan:

Debit total area gedung tanpa sumur resapan air = 0,00278 × 0,95 × 24,508 × 0,216 = 0,013981 m³/detik

Debit banjir dengan sumur resapan = 0,00278 × 0,95 × 24,508 × 0,108 = 0,00699 m³/detik

Dengan analisis teoritis menggunakan formula Sunjoto (1988) untuk dimensi sumur resapan air, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Diameter sumur resapan air (d) = 1 m, jari-jari = 0,5 m.

Faktor geometri = 2 × π × R = 2 × 3,14 × (0,5) = 3,14 meter

$$H = \frac{0,00699}{3,14 \times 0,0000778} \left(1 - e^{-\frac{3,14 \times 0,0000778 \times 7200}{2 \times 3,14 \times 0,5}} \right) = 26,743 \text{ meter}$$

Sumur yang direncanakan memiliki kedalaman 3 meter.

$$n = \frac{H}{H_{Rencana}} = \frac{26,743}{3}$$

= 8,914 dibulatkan 9 buah sumur resapan

Debit resapan air hujan yang masuk ke dalam tanah:

Jenis konstruksi sumur resapan adalah buis beton

$$Q_{Resap} = F \times K \times H = 3,14 \times 7,78 \times 10^{-6} \times 26,743 = 0,000653 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Kapasitas sumur resapan (V)

Jenis konstruksi = buis beton

Jenis penampang = lingkaran

Jari-jari sumur rencana (R) = 0,5 m

Kedalaman sumur resapan yang direncanakan = 3 m

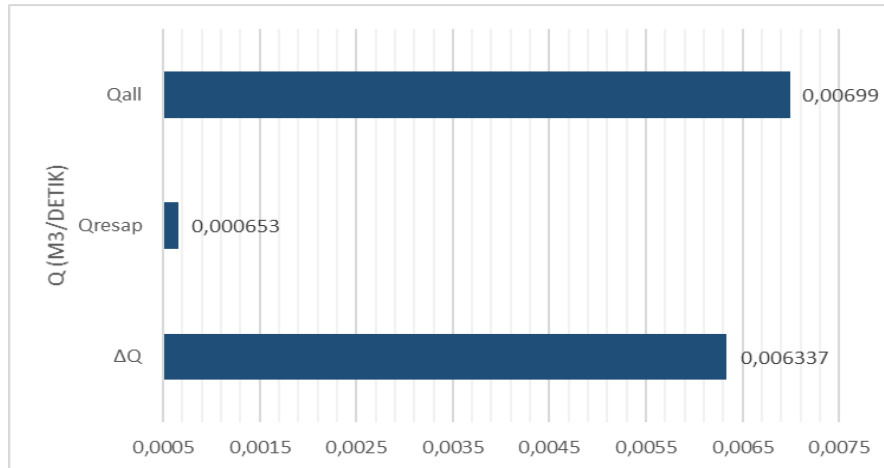
V = Luas alas × kedalaman sumur resapan yang direncanakan

$$= \pi \times R^2 \times H = \pi (0,5)^2 \times 3 = 2,355 \text{ m}^3$$

Waktu yang diperlukan untuk pengisian sumur resapan

$$T = \frac{V}{Q_{Tampung}} = \frac{2,355}{0,006337} = 371,618 \text{ menit} = 6,194 \text{ jam}$$

Untuk satu sumur resapan air tertutup dengan diameter 1 m dan kedalaman 3 m berpenampang lingkaran dengan konstruksi buis beton, memiliki kapasitas sumur resapan air sebesar 2,355 m³, di mana diperlukan waktu pengisian sumur resapan selama 6,194 jam sampai air penuh dengan kedalaman muka air tanah > kedalaman sumur resapan dan setelah itu air sumur menuju saluran drainase perumahan, sehingga untuk 9 buah sumur resapan dapat mengisi air tanah sebesar 21,19 m³.



Gambar 2. Discharge reduction from surface flow

Delta Debit Resapan

Debit yang ditampung oleh sumur resapan = $0,00699 \text{ m}^3/\text{detik} - 0,000653 \text{ m}^3/\text{detik} = 0,006337 \text{ m}^3/\text{detik}$. Berikut grafis gambaran dari Zero Delta Q pada Gambar 1.

SIMPULAN

Berdasarkan analisis kebutuhan sumur resapan terhadap *zero run off* di Perumahan Puri Depok Mas di Blok QC, Kota Depok, Jawa Barat maka didapatkan:

1. Jumlah sumur resapan air hujan tertutup yang direncanakan berdasarkan debit periode ulang 2 tahun dan durasi hujan 2 jam adalah 9 sumur resapan air untuk 30 rumah dengan dimensi sumur resapan berdiameter 1 m dengan kedalaman 3 m dengan jenis konstruksi sumur berupa buis beton dengan memiliki kapasitas sumur resapan air sebesar $2,355 \text{ m}^3$.
2. Waktu pengisian yang dibutuhkan pengisian sumur resapan selama 6,194 jam sampai air penuh dengan kedalaman muka air tanah lebih besar dari kedalaman sumur resapan dan delta Q yang didapatkan untuk konsep zero delta Q *policy* yaitu sebesar $0,006337 \text{ m}^3/\text{detik}$.

DAFTAR PUSTAKA

Peraturan Pemerintah tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional, Peraturan

Pemerintah Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2008 (2008).

Kamila, N. P., & Sejati, W. (2023). Perencanaan drainase dengan konsep zero delta run off pada Perumahan Permata Puri Cibubur. *Technomedia Journal (TMJ)*, Vol. 8 No. 2SP Juni 2023,

<https://doi.org/10.33050/tmj.v8i1>.

S., Andayani. (2022). Penerapan konsep zero delta run off dengan teknologi ekodrain pada Perumahan Tataka Putri, Kabupaten Tangerang. Skripsi.

Andajani, S. &. (2019). Evaluasi Faktor Teknis Penentu Kriteria Drainase Berwawasan Lingkungan. *Indonesian Journal of Condruction Engineering and Sustainable Development (CESD)*, 2(1), 1-5. <https://e-journal.trisakti.ac.id/index.php/sipil/article/view/6012>

Ayu, A. W., dan Andajani, S. (2022). Penerapan Konsep Zero Delta Run-Off pada Perumahan Tataka Puri, Kabupaten Tangerang. *Jurnal Teknik Sipil*, 08(1). <https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/rekaracana/article/view/6659>

Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 8456:2017 tentang Sumur dan Parit Resapan Air Hujan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

- Bustawan, Navis., dan Purwanto, Aries. (2023). Penerapan *Low Impact Development* (LID) dalam Mendukung Kebijakan *Zero Delta Q* di Kabupaten Karawang. *Jurnal Ilmiah Karawang* (JIKA) 01-01: 06-2023.
- Herwindo, W., dan Bumi, I.S., (2023) Analisis Resapan Limpasan Air Hujan Dalam Rangka Penerapan Zero Delta Q Di Politeknik PU. *Jurnal Teknik Hidraulik* Vol. 14 No. 2. November 2023. <https://jurnalth.pusair-pu.go.id/index.php/JTH/article/view/743/558>
- Indramaya, Eka Ayu. 2013. Rancangan Sumur Resapan Air Hujan Sebagai Salah Satu Usaha Konservasi Air Tanah di Perumahan Dayu Baru Kabupaten Sleman DI Yogyakarta. *Jurnal Bumi Indonesia* 2. Yogyakarta.
- Mukaromah, L., dan Andawayani, U. (2018). Water Management System Based On Zero Run Off Policy In Multi Unit Area (Case Study Of Menara Asuransi Astra In Cilandak, South Jakarta, Indonesia). *Civil and Enviromental Science* (Civense) Vol. 1 No. 1 (2018). <https://civense.ub.ac.id/index.php/civense/article/view/4>
- Radius, P., A. Ricky R., S. Anggi N., dan Suhirkam, D. (2022). Model Rancangan *Zero Runoff* Sistem (ZROS) Integrasi Bangunan Penampung Hujan dan Sumur Resapan. *Jurnal Rona Teknik Pertanian*. 15 (1) April 2022.
- Wirasembada, Y. C., Setiawan, B. I., dan Saptomo, S. K. (2017). Penerapan *Zero Runoff System* (ZROS) dan Efektivitas Penurunan Limpasan Permukaan Pada Lahan Miring di DAS Cidanau, Banten. *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*, 23(2), 102. DOI: <https://doi.org/10.14710/mkts.v23i2.15983>
- Yanti, R. M. K., Pratama, M. I. P., Sukmara, R. B., Anisa, S., dan Maulita, D. (2022). Optimalisasi Penerapan Kebijakan Zero Delta Q Policy dalam Skala Perumahan di Balikpapan. *COMPACT: Spatial Development Journal*, 1(1). <https://doi.org/10.35718/compact.v1i1.736>