

Efektivitas Teknologi LID Model Sumur Resapan untuk Mereduksi Runoff di Perumahan Bumi Citra Asri, Bogor

Suprapti¹, Feril Hariati², Acep Hidayat¹, Nuryanto¹, Siti Kholifah Syaja'ah²

¹ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana Jakarta

² Program Studi Teknik Sipil, Universitas Ibn Khaldun Bogor

Email: suprapti@mercubuana.ac.id; feril.hariati@uika-bogor.ac.id; acep_hdyt75@yahoo.com; siti.kholifah@uika-bogor.ac.id

ABSTRAK

Perubahan fungsi lahan berdampak pada kondisi hidrologi. Semakin banyak bangunan berdiri akan meningkatkan luasan lapisan kedap air dan volume runoff, berpotensi menimbulkan banjir. Penerapan konsep *Low Impact Development (LID)* merupakan solusi alternatifnya. Prinsip *LID* adalah menahan, meresapkan, meretensi dan menyimpan air hujan semaksimal mungkin dan sisanya melimpas ke badan sungai. Salah satu aplikasi teknologi *LID* dalam pengelolaan air hujan dengan model sumur resapan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas penerapan teknologi *LID* berupa sumur resapan dalam mengendalikan banjir di Perumahan Bumi Citra Asri Bogor dengan mereduksi volume *runoff*. Tahapan perhitungan dimulai dengan penentuan debit banjir rencana, kapasitas eksisting saluran drainase, analisis neraca air, penentuan dimensi dan jumlah sumur resapan serta analisis efektifitas sumur resapan. Hasil perhitungan dan analisis didapatkan debit banjir rencana metode Log Pearson III periode kala ulang 2 tahun sebesar 194,91 mm. Kapasitas saluran drainase eksisting berpenampang seragam sebesar 0,024 m³/det. Hasil analisis *water balance* menyatakan semua blok pada perumahan tersebut terjadi genangan banjir. Pemasangan sumur resapan berdiameter 1,4 m dan kedalaman 2,5 m sebanyak 652 berhasil mereduksi runoff 56,74% yaitu 2596,21 m³ dari total runoff = 4575,98 m³.

Kata Kunci: *LID*, sumur resapan, reduksi runoff.

ABSTRACT

Hydrological conditions are impacted by changes in land use. The extent of the waterproof layer and the volume of runoff will increase as there are more buildings standing, possibly resulting in flooding. An alternate solution is to implement the idea of Low Impact Development (LID). In accordance with the LID concept, rainwater is held, absorbed, stored, and retained to the greatest extent feasible before overflowing into the river body. The infiltration well model is one of the LID technology applications for managing rainfall. This study seeks to ascertain if the use of LID technology in the form of infiltration wells can effectively reduce runoff volume to manage floods in the Bumi Citra Asri Bogor Housing Complex. The calculation step starts with establishing the anticipated flood discharge, the current drainage channel capacity, an analysis of the water balance, determining the size and quantity of infiltration wells, and evaluating the efficacy of infiltration wells. According to calculations and analyses, the Log Pearson III method's anticipated flood discharge with a two-year return duration is 194.91 mm. The current drainage channel's uniform cross-sectional capacity is 0.024 m³/s. According to the findings of the water balance research, all of the housing's blocks were inundated. Runoff was reduced by 56.74% by installing 652 infiltration wells with a diameter of 1.4 m and a depth of 2.5 m, or 2596.21 m³ of the total runoff of 4575.98 m³.

Key words: *Low Impact Development (LID)*, infiltration wells, runoff reduction.

Submitted:	Reviewed:	Revised	Published:
19 Agustus 2023	19 Oktober 2023	29 November 2023	02 Februari 2024

PENDAHULUAN

Perubahan tata guna lahan akibat pembangunan perumahan, secara tidak langsung dapat mengurangi luas daerah resapan air. Pembangunan perumahan secara intensif menyebabkan tingginya limpasan permukaan (*runoff*) pada musim hujan (Nandiasa, 2020). Meningkatnya volume *runoff* berpotensi menimbulkan banjir. Pandangan umum terkait limpasan air hujan (*stormwater runoff*) adalah sesuatu yang tidak diinginkan dan harus segera dialirkan ke saluran drainase sehingga

dalam pengelolaannya dititikberatkan pada desain struktural saluran drainase dengan kapasitas yang memadai untuk mengalirkan limpasan air hujan tersebut secepatnya keluar dari wilayah yang ingin dilindungi. Pengelolaan limpasan air hujan secara konvensional seperti ini memberikan dampak yang signifikan terhadap berkurangnya pengisian air tanah, meningkatnya volume *runoff* serta mengubah waktu konsentrasi dan frekuensi dari debitnya. (Dermasani et al., 2019)

Konsep pengelolaan air hujan berwawasan lingkungan, dikenal dengan istilah LID merupakan suatu strategi meminimalkan perubahan kondisi hidrologi sebelum dan setelah pembangunan (Hinman, 2012). Pembangunan sumur resapan merupakan salah satu contoh penerapan teknologi LID untuk konservasi air tanah pada level rumah tangga. Selain model *dry well*, contoh teknologi LID lainnya adalah kombinasi penerapan *rain barrel* dan *permeable pavement* berdampak signifikan dalam mereduksi limpasan di perkotaan (Ben-Daoud et al., 2022). Penerapan *Rain Barrel* selain untuk cadangan persediaan kebutuhan air *non potable* juga dapat diresapkan ke dalam tanah sebagai imbuhan buatan air tanah. (Heidari et al., 2023), membuktikan bahwa bioretensi, *rain barrel* dan *rain garden* memberikan hasil cukup signifikan dalam mereduksi runoff. Bentuk lain dari usaha untuk mereduksi limpasan adalah dengan bio-retensi. (Sadewa et al., 2019)

Sumur resapan merupakan sistem resapan buatan yang digunakan sebagai sarana untuk menampung air hujan dan meresapkannya ke dalam tanah (Bahunta & Wasposito, 2019). Air hujan yang jatuh ke atas atap rumah tidak dialirkan ke selokan atau halaman rumah, tetapi dialirkan dengan menggunakan pipa atau saluran air ke dalam sumur sehingga dapat mengurangi jumlah limpasan yang terjadi. Nilai limpasan permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan daya serap tanah akan menimbulkan genangan air sesaat setelah hujan terjadi. Genangan air yang terus menerus akibat ketidakmampuan tanah dalam menyerap air hujan sehingga mengakibatkan banjir. Sumur resapan berfungsi untuk menginfiltrasikan air hujan meresap ke tanah (*sub surface*) secara gravitasi.

Penggunaan sumur resapan dapat menyimpan cadangan air dalam tanah (Putri et al., 2022; Wicaksono et al., 2018). Penelitian terkait sumur resapan telah banyak dilakukan. Muliawati & Mardiyanto, (2015) mengadakan analisis penerapan sistem *ecodrain* (dengan sumur resapan) di kawasan Rungkut.

Karena pentingnya usaha konservasi air tanah maka Duppa (2017) mengusulkan agar tiap-tiap kota menyediakan sumur resapan yang bertujuan untuk cadangan air tanah dan mencegah banjir serta genangan. Rina S. et al. (2018), membandingkan pengaruh berbagai bentuk sumur resapan terhadap efektifitasnya dalam mereduksi limpasan permukaan. Secara garis besar, penerapan model sumur resapan menguntungkan karena kebutuhan lahan relatif lebih kecil, mengurangi limpasan, dan pengisian air tanah.

Perumahan Bumi Citra Asri terletak di Desa Tonjong, Tajurhalang Bogor dipilih sebagai lokasi studi. Perumahan ini masuk kategori wilayah pemukiman padat dan sering mengalami banjir. Teknologi LID model sumur resapan akan dikaji dan sebagai salah satu solusi alternatifnya. Studi ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas sumur resapan dalam mereduksi volume *runoff* yang terjadi di perumahan ini.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

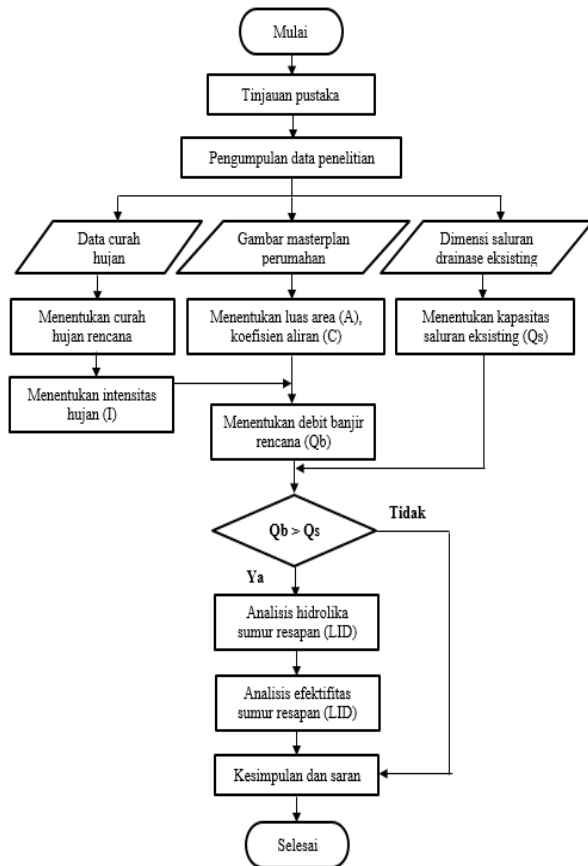
Penelitian dilakukan di Perumahan Bumi Citra Asri yang terletak di Desa Tonjong, Tajurhalang. Kab. Bogor, Jawa Barat, seperti diperlihatkan pada peta berikut:



Gambar 1. Lokasi penelitian di Perumahan Bumi Citra Asri, Bogor (Sumber: Google Earth, 2023)

Bagan alir penelitian

Bagan alir penelitian disajikan pada gambar berikut:



Gambar 2. Bagan diagram alir penelitian

Tahapan penelitian dan perhitungan dijelaskan sebagai berikut:

Pengumpulan data

Penelitian menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer berupa informasi permasalahan diperoleh dengan cara survei lapangan (orientasi, *interview*), melakukan *cross check* melalui pengukuran, pengamatan (*observasi*) wilayah. Sedangkan data sekunder bersumberkan dari studi literatur dan data dari beberapa instansi terkait berupa data master plan perumahan, curah hujan, jumlah penduduk, luas atap bangunan.

Analisis hidrologi

- 1) Menentukan curah hujan harian maksimum tahunan (R_{max}) berdasarkan data curah hujan dari stasiun terdekat yaitu Stasiun Hujan Klimatologi Bogor selama 10 tahun (2012-2021).
- 2) Analisis frekuensi curah hujan, meliputi:
 - a. Menentukan parameter distribusi berupa nilai koefisien kemencengan (C_s) dan koefisien ketajaman (C_k) untuk metode Normal, Gumbel, Log Normal dan Log Pearson III, dengan

menggunakan rumus-rumus perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Nilai rerata curah hujan} = \sum_{i=1}^n R_i \quad \dots (1)$$

$$\text{Standar deviasi (Sd)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - Rt)^2}{n-1}} \quad \dots (2)$$

$$\text{Koefisien variasi (Cv)} = \frac{Sd}{Rt} \quad \dots (3)$$

$$\text{Koefisien } C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (R_i - Rt)^3}{(n-1)(n-2)(sd)^3} \quad \dots (4)$$

$$\text{Koefisien } C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (R_i - Rt)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(sd)^4} \quad \dots (5)$$

- b. Melakukan uji konsistensi data dengan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*), menggunakan derajat probabilitas 95%. Suatu data dikatakan konsisten bila memenuhi nilai $Q_{hitung} < Q_{kritis}$ dan $R_{hitung} < R_{kritis}$. Penentuan nilai Q_{kritis} dan R_{kritis} berdasarkan tabel berikut:

Tabel 1. Nilai Q_{kritis} dan R_{kritis}

n	$(Q/n)^{0.5}$			$(R/n)^{0.5}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.1	1.22	1.42	1.34	1.43	1.6
30	1.12	1.24	1.48	1.4	1.5	1.7
40	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.5	1.62	1.85
	1.22	1.36	1.63	1.62	1.75	2

Rumus-rumus perhitungan:

$$Sk^* = \sum_{i=1}^n (\bar{R} - R_i) \quad \dots (6)$$

$$Sk^{**} = \frac{Sk^*}{Dy} \quad \dots (7)$$

$$Dy^2 = \frac{Sk^{*2}}{n} \quad \dots (8)$$

- c. Menentukan curah hujan rencana periode ulang dilakukan dengan distribusi frekuensi metode Normal, Gumbel, Log Normal dan Log Pearson III, dengan rumus-rumus perhitungan distribusi:
 - Normal = $Rt + (KTr \times Sd)$ (9)
 - Log Normal = $\text{Log } Rt + (KTr \times Sd \times \text{Log } Rt)$... (10)
 - Gumbel = $Rt + (KTr \times Sd)$ (11)
 - Log Pearson Type III = $\text{Log } Rt + (KTr \times Sd \times \text{Log } Rt)$ (12)
- d. Melakukan uji kesesuaian distribusi frekuensi dengan metode uji Chi Kuadrat dan Simirnov Kolmogorof.
- e. Melakukan pemilihan jenis distribusi frekuensi yang memenuhi persyaratan secara parameter

distribusi (Cs dan Ck) dan uji kesesuaian (Chi Kuadrat dan Simirnov Kolmogorof).

3) Analisis intensitas hujan menggunakan metode

$$\text{Mononobe: } I = \frac{R}{24} x \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \dots (13)$$

4) Analisis debit banjir dengan metode Rasional: $Q = 0,278 \text{ C.I.A} \dots (14)$

5) Menentukan waktu konsentrasi dengan rumus

$$\text{Kirpich: } tc = \left(\frac{0,87xL^2}{1000xSo}\right)^{0,385} \dots (15)$$

6) Memperkirakan kebutuhan air bersih untuk penghuni perumahan.

7) Menentukan besarnya debit air kotor sebesar 80% debit total pemakaian air bersih.

8) Melakukan perhitungan debit banjir rencana (Qb)

Analisis hidrolika

- 1) Mengukur dimensi saluran drainase eksisting.
- 2) Menentukan kapasitas saluran drainase eksisting.

Analisis water balance

Analisis *water balance* dengan melakukan evaluasi perbandingan kapasitas saluran drainase eksisting terhadap debit banjir rencana dan menentukan kondisi segmen saluran mengalami limpas atau aman. Dinyatakan kondisi limpas (terjadi genangan banjir) bila debit kapasitas saluran lebih kecil dari

debit banjir rencana, demikian sebaliknya dinyatakan aman (tidak terjadi banjir).

Analisis sumur resapan

1) Menentukan volume andil banjir total (Vab total) = 0,855 C.A.R $\dots (16)$ dengan nilai koefisien limpasan (C) = 0,60.

2) Menentukan volume andil banjir (Vab) atap rumah = 0,855 C.A.R dengan nilai koefisien limpasan (C) = 0,75.

3) Menentukan volume penampungan (V_{storage}).

4) Menentukan dimensi dan jumlah sumur resapan.

Analisis efektivitas

Analisis efektivitas penerapan sumur resapan dilakukan dengan membandingkan volume andil banjir total (volume *runoff*) dengan volume total sumur resapan dikalikan 100%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah hujan harian maksimum tahunan

Data hujan yang digunakan adalah data hujan harian dari stasiun klimatologi Bogor dengan rentang data dari tahun 2012 sampai 2021. Data curah hujan harian ini diambil data maksimum setiap bulan pada setiap tahunnya, lalu data terbesar dari masing-masing tahun tersebut dipakai untuk menentukan curah hujan rencana, seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Curah hujan maksimum harian tahunan

Tahun	Curah hujan maksimum harian Stasiun Klimatologi Bogor												Rmax
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	
2012	82	43	36	49	39	45	25	32	36	50	89	62	89
2013	100	70	130	60	92	35	76	34	20	36	45	116	130
2014	192.8	95.7	52.5	99.2	52.4	84.6	70.5	35.3	32.4	21.5	86.5	109.9	192.8
2015	41.5	71.8	67.8	45.1	44	76	86	54	21	67	86.6	44.1	86.6
2016	45.5	74.4	54.4	54.5	42.2	80.5	55.3	19.4	48.1	69	79.4	17	80.5
2017	58.4	63.7	66.2	51.6	47.5	34.5	37.9	24	11.4	40.3	90	48.2	90
2018	333.1	671.5	432	290.8	108	152.4	9	20.5	161.7	130.4	382.1	195.7	671.5
2019	288	277	231	671	312	138	53	170	152	382	330	553	671
2020	207.6	336.6	292.5	271.4	292.3	30.3	63.7	41.6	87.7	327.3	207.3	262.1	336.6
2021	384	687.1	187.4	358.2	115.3	257.6	66.3	165.7	187.6	311	343.8	446	687.1

Uji konsistensi data

Pada uji konsistensi data diperoleh bahwa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsisten, artinya datanya bagus dan dapat

digunakan untuk perhitungan dan analisis selanjutnya. Perhitungan uji konsistensi data disajikan pada tabel berikut:

Tabel 3. Perhitungan uji konsistensi data metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*)

No.	Tahun	Rmax	Ri	SK*	(SK*) ^2	Dy^2	Dy	SK**	SK**
1	2012	89	687.10	-383.59	147141.29	14714.13	254.84	-1.51	1.51
2	2013	130	671.50	-367.99	135416.64	13541.66	254.84	-1.44	1.44
3	2014	192.8	671.00	-367.49	135048.90	13504.89	254.84	-1.44	1.44
4	2015	86.6	336.60	-33.09	1094.95	109.49	254.84	-0.13	0.13
5	2016	80.5	192.80	110.71	12256.70	1225.67	254.84	0.43	0.43
6	2017	90	130.00	173.51	30105.72	3010.57	254.84	0.68	0.68
7	2018	671.5	90.00	213.51	45586.52	4558.65	254.84	0.84	0.84
8	2019	671	89.00	214.51	46014.54	4601.45	254.84	0.84	0.84
9	2020	336.6	86.60	216.91	47049.95	4704.99	254.84	0.85	0.85
10	2021	687.1	80.50	223.01	49733.46	4973.35	254.84	0.88	0.88
Jumlah			3035.1	0.00	649448.67	64944.87			

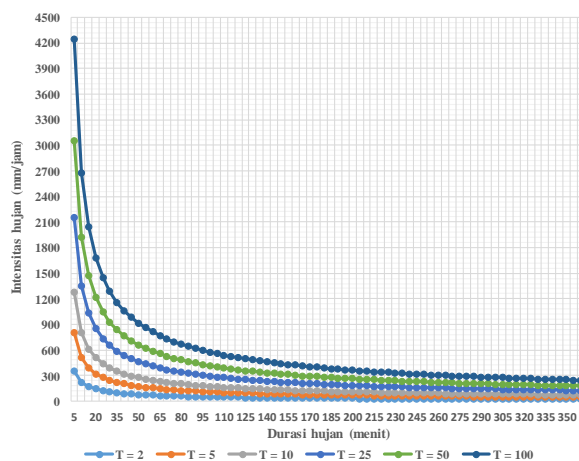
Pemilihan jenis distribusi frekuensi

Tabel 4. Analisis frekuensi curah hujan

Analisis distribusi frekuensi				
Tr (tahun)	Normal	Gumbel	Log Normal	Log Pearson III
100	928.34	1464.60	1787.06	2335.62
50	846.41	1267.11	1347.22	1682.63
25	766.62	1068.15	1023.19	1182.26
10	647.89	799.98	679.42	701.81
5	529.16	587.69	451.99	441.23
2	303.51	267.11	207.20	194.91
Pemilihan distribusi (parameter Cs dan Ck)				
Cs syarat	Cs ≈ 0	Cs = 1.14	3.35	Cs ≠ 0
Cs	0.78	0.78	0.40	0.40
	tidak memenuhi	tidak memenuhi	tidak memenuhi	memenuhi
Ck syarat	Ck ≈ 3.0	Ck = 5.4	28.00	Ck ≠ 0
Ck	2.60	2.60	2.25	2.25
	tidak memenuhi	tidak memenuhi	tidak memenuhi	memenuhi
Uji Kesesuaian				
1. Uji Chi Kuadrat				
X ² hitung	13	9	4	5
X ² kritis	5.99	5.99	5.99	5.99
Kesimpulan	tidak memenuhi	tidak memenuhi	memenuhi	memenuhi
2. Uji Smirnov Kolmogorof				
D max	0.26	0.26	0.37	0.37
D kritis	0.41	0.41	0.41	0.41
Kesimpulan	memenuhi	memenuhi	memenuhi	memenuhi

Berdasarkan hasil perhitungan penentuan jenis distribusi dan uji kesesuaian maka dipilih distribusi frekuensi metode Log Pearson III, dengan data curah hujan rencana untuk periode ulang (Tr) 100 th = 2335.62 mm, Tr. 50 tahun = 1682.63 mm, Tr. 25 tahun = 1182.26 mm, Tr. 10 tahun = 701.81 mm, Tr. 5 tahun = 441.23 mm dan Tr. 2 tahun = 194.91 mm. Sesuai dengan aturan SNI untuk saluran drainase perkotaan wilayah perumahan maka dipakai curah hujan rencana periode ulang 2 tahun, sehingga dalam perhitungan selanjutnya untuk data intensitas hujan yang dipakai adalah 194.91 mm.

Kurva IDF Metode Mononobe

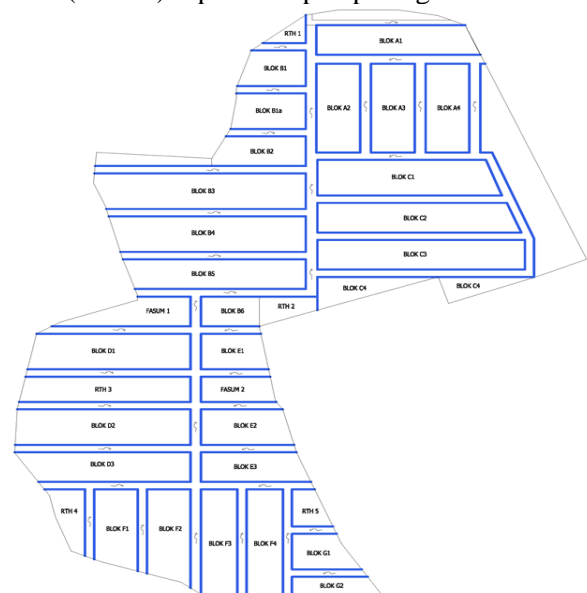


Gambar 3. Kurva IDF Metode Mononobe

Analisis debit banjir

Perhitungan debit banjir area (blok perumahan) yang terbangun menggunakan curah hujan rencana periode ulang 2 tahun sebesar 194.91 mm.

Perumahan Bumi Citra Asri terbagi menjadi empat blok (A1-G2) seperti tampak pada gambar berikut:



Gambar 4. Pembagian blok pada Perumahan Bumi Citra Asri

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan asumsi bahwa intensitas hujan dianggap merata di seluruh area studi dengan durasi tertentu. Perhitungan debit banjir menggunakan rumus metode Rasional (luas *catchment* < 10 km²). Waktu konsentrasi dihitung dengan menggunakan rumus Kirpich. Perhitungan debit banjir rencana pada penelitian ini dilakukan dengan 3 tahap yaitu:

- 1) Melakukan perhitungan debit banjir pada masing-masing blok kavling perumahan yaitu Q_b = Debit banjir blok;

- 2) Selanjutnya melakukan perhitungan debit banjir total blok (Qbt) yang terdiri dari:
 - a. Debit banjir blok yang sebelumnya ditambah debit banjir blok itu sendiri;
 - b. Jika pada debit blok-blok sebelumnya terbagi menjadi 2 bagian maka debit total blok adalah setengah debit banjir blok yang sebelumnya ditambah debit banjir blok itu sendiri.
- 3) Terakhir, untuk mendapatkan nilai dari debit banjir total, maka dari total debit banjir total blok (Qbt) harus ditambahkan dengan total debit air kotor (Qak). Maka total debit banjir rencana (QT) adalah jumlah total debit banjir total blok (Qbt) ditambah total debit air kotor (Qak).

Perkiraan jumlah penghuni diambil dari referensi SNI 03-1733-2004 dengan asumsi jumlah penghuni rumah rata-rata = 5 jiwa, Kecepatan rata-rata pejalan kaki = 4000 m/jam, jarak ideal jangkauan pejalan kaki = 400 m. Perkiraan jumlah pengunjung/tamu tidak dapat dihitung menggunakan metode yang sama dengan perkiraan

jumlah penghuni, maka dalam hal peneliti mengasumsikan jumlah pengunjung/tamu sebanyak 1 orang/hari/rumah. Diketahui dari siteplan perumahan bahwa total rumah untuk semua blok sebanyak 552 unit. Jika diasumsikan jumlah penghuni rata-rata satu rumah adalah 5 orang (SNI 03-1733-2004) maka total penghuni = $552 \times 5 = 2760$ orang. Jumlah pengunjung = 552 orang. Jadi total penghuni dan pengunjung = $2760 + 552 = 3312$ orang. Volume air dipakai penghuni sehari dengan menggunakan air dingin minimum sesuai penggunaan gedung SNI 03-7065-2005, untuk bangunan rumah tinggal = 120 liter/penghuni/hari, maka debit total pemakaian air bersih adalah $Q = \Sigma pT \times 120 = 3312 \times 120 = 397.440$ liter/penghuni/hari = $397,44 \text{ m}^3/\text{hari}$. Banyaknya debit air buangan (Qak) penghuni didapat dari debit total pemakaian air bersih dikalikan dengan 80% dan tidak terikat dengan koefisien apapun, maka debit air kotor adalah $Qak = 397,44 \times 80\% = 317,95 \text{ m}^3/\text{hari}$ atau $0,0036 \text{ m}^3/\text{detik}$. Rekap hasil perhitungan debit banjir rencana disajikan pada tabel berikut:

Tabel 5. Rekapitulasi perhitungan debit banjir rencana (Qb)

Blok	Luas area		Rmaks	Kemiringan	Panjang saluran		Waktu konsen trasi	Intensi hujan	Koef. Limpasan	Debit banjir total (m ³ /detik)			
	(m ²)	(km ²)			L	(km)				tc	I	C	Qb
A1	1717.52	0.00172	194.91	0.001	191	0.191	0.26	163.82	0.75	0.059	0.059	0.0036	0.062
A2	1439.99	0.00144	194.91	0.001	168	0.168	0.24	174.97	0.75	0.053	0.053	0.0036	0.056
A3	1439.99	0.00144	194.91	0.001	168	0.168	0.24	174.97	0.75	0.053	0.105	0.0036	0.109
A4	1439.99	0.00144	194.91	0.001	168	0.168	0.24	174.97	0.75	0.053	0.105	0.0036	0.109
B1	810.63	0.00081	194.91	0.001	91.5	0.092	0.15	239.01	0.75	0.040	0.040	0.0036	0.044
B1a	947.43	0.00095	194.91	0.001	103	0.103	0.17	224.47	0.75	0.044	0.065	0.0036	0.068
B2	974.95	0.00097	194.91	0.001	180	0.180	0.25	169.07	0.75	0.034	0.056	0.0036	0.060
B3	2732.94	0.00273	194.91	0.001	250	0.250	0.33	142.78	0.75	0.081	0.098	0.0036	0.102
B4	2520.53	0.00252	194.91	0.001	234	0.234	0.31	147.59	0.75	0.078	0.118	0.0036	0.122
B5	1943.49	0.00194	194.91	0.001	214	0.214	0.29	154.40	0.75	0.062	0.101	0.0036	0.105
B6	640	0.00064	194.91	0.001	84	0.084	0.14	249.74	0.75	0.033	0.065	0.0036	0.068
C1	2327.5	0.00233	194.91	0.001	244	0.244	0.32	144.61	0.75	0.070	0.070	0.0036	0.074
C2	2161.01	0.00216	194.91	0.001	258	0.258	0.33	140.49	0.75	0.063	0.098	0.0036	0.102
C3	2279.99	0.00228	194.91	0.001	268	0.268	0.34	137.67	0.75	0.065	0.097	0.0036	0.101
C4	1220.84	0.00122	194.91	0.001	132	0.132	0.20	197.76	0.75	0.050	0.083	0.0036	0.087
D1	2090.91	0.00209	194.91	0.001	198	0.198	0.27	160.72	0.75	0.070	0.070	0.0036	0.074
D2	2299.73	0.0023	194.91	0.001	216	0.216	0.29	153.92	0.75	0.074	0.074	0.0036	0.077
D3	1804.85	0.0018	194.91	0.001	200	0.200	0.27	159.88	0.75	0.060	0.120	0.0036	0.124
E1	840.38	0.00084	194.91	0.001	94	0.094	0.15	235.69	0.75	0.041	0.041	0.0036	0.045
E2	1153.04	0.00115	194.91	0.001	120	0.120	0.19	207.88	0.75	0.050	0.050	0.0036	0.053
E3	1128.66	0.00113	194.91	0.001	133	0.133	0.20	197.28	0.75	0.046	0.071	0.0036	0.075
F1	1234.59	0.00123	194.91	0.001	126	0.126	0.19	202.44	0.75	0.052	0.052	0.0036	0.056
F2	1460.38	0.00146	194.91	0.001	147	0.147	0.22	187.10	0.75	0.057	0.083	0.0036	0.087
F3	1429.47	0.00142	194.91	0.001	162	0.162	0.23	178.27	0.75	0.053	0.081	0.0036	0.085
F4	1429.47	0.00142	194.91	0.001	162	0.162	0.23	178.27	0.75	0.053	0.079	0.0036	0.083
G1	739.89	0.00074	194.91	0.001	86.8	0.087	0.14	245.57	0.75	0.038	0.038	0.0036	0.041
G2	544.76	0.00054	194.91	0.001	53.5	0.054	0.10	314.70	0.75	0.035	0.054	0.0036	0.058
RTH 1	223.56	0.00022	194.91	0.001	42.5	0.043	0.08	354.31	0.17	0.004	0.004	0.0036	0.007
RTH 2	463.52	0.00046	194.91	0.001	31.9	0.032	0.07	410.26	0.17	0.009	0.009	0.0036	0.013
RTH 3	1571.47	0.00157	194.91	0.001	202	0.202	0.28	159.22	0.17	0.012	0.012	0.0036	0.015
RTH 4	635.07	0.00064	194.91	0.001	67.3	0.067	0.12	279.84	0.17	0.008	0.008	0.0036	0.012
RTH 5	437.17	0.00044	194.91	0.001	60	0.060	0.11	296.93	0.17	0.006	0.006	0.0036	0.010
Fasum1	1026.89	0.00103	194.91	0.001	125	0.125	0.19	203.31	0.17	0.010	0.010	0.0036	0.013
Fasum2	672.24	0.00067	194.91	0.001	96.4	0.096	0.16	232.70	0.17	0.007	0.007	0.0036	0.011

Analisis evaluasi kapasitas saluran drainase eksisting

Analisis evaluasi kapaasitas saluran drainase eksisting dilakukan untuk mengetahui segmen saluran drainase yang rawan tergenang banjir. Analisis dilakukan dengan membandingkan

kapasistas saluran drainase eksisting dengan debit banjir rencana yang akan terjadi. Bila kapasistas saluran drainase eksisting lebih besar maka kondisi saluran tersebut aman (tidak tergenang banjir), demikian sebaliknya. Hasil analisis evaluasi saluran drainase disajikan pada tabel berikut:

Tabel 6. Rekapitulasi evaluasi kapasitas saluran drainase

Nama Blok	Tinggi air (m)	Kemiringan	Dimensi saluran (m)		Kekasaran Manning	Luas penampungan basah (m ²)	Keliling basah (m)	Jari-jari hidrolis (m)	Kecepatan aliran (m/det)	Debit (m ³ /det)		Keterangan kondisi
			A	B						Qkps.	Qrenc.	
A	Y	S	A	B	n	A	P	R	V	Qkps.	Qrenc.	Qkps < Qrenc
A1	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.062	Limpas
A2	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.056	Limpas
A3	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.109	Limpas
A4	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.109	Limpas
B1	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.044	Limpas
B1a	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.068	Limpas
B2	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.060	Limpas
B3	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.102	Limpas
B4	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.122	Limpas
B5	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.105	Limpas
B6	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.068	Limpas
C1	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.074	Limpas
C2	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.102	Limpas
C3	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.101	Limpas
C4	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.087	Limpas
D1	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.074	Limpas
D2	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.077	Limpas
D3	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.124	Limpas
E1	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.045	Limpas
E2	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.053	Limpas
E3	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.075	Limpas
F1	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.056	Limpas
F2	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.087	Limpas
F3	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.085	Limpas
F4	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.083	Limpas
G1	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.041	Limpas
G2	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.058	Limpas
RTH 1	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.007	Aman
RTH 2	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.013	Aman
RTH 3	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.015	Aman
RTH 4	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.012	Aman
RTH 5	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.010	Aman
Fasum1	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.013	Aman
Fasum2	0.2	0.001	0.3	0.3	0.017	0.06	0.8	0.1	0.401	0.024	0.011	Aman

Analisis sumur resapan

Berdasarkan perhitungan evaluasi kapasitas saluran drainase eksisting di atas, untuk lokasi yang dinyatakan limpas bermakna di lokasi tersebut terdapat genangan banjir. Maka perlu dilakukan analisis untuk mendapatkan solusi alternatif penanganan genangan banjir tersebut. Pada penelitian ini direncanakan sebagai alternatif solusinya dengan pemasangan teknologi LID berupa sumur resapan pada lokasi yang terjadi genangan banjir. Perhitungan volume andil banjir total (Vab total), volume andil banjir (Vab) atap rumah, volume penampungan (storage), jumlah dan dimensi sumur resapan sebagai berikut:

1) Perhitungan volume andil banjir total (Vab total)

Diketahui: luas (A) = 45764,9 m²; koefisien limpasan (C) = 0,60; curah hujan rencana (R) = 194,91 mm/hari, maka: Vab = 0,855 C.A.R = 0,855 x 0,60 x 45764,9 x 194,91 = 4575978,81 liter = 4575,98 m³

2) Perhitungan volume andil banjir (Vab) atap
 Diketahui: luas atap = 36 m²; koefisien tadah (C) = 0,75; curah hujan rencana (R) = 194,91 mm/hari

Maka: Vab = 0,855 C.A.R = 0,855 x 0,75 x 36 x 194,91 = 4499,50 liter = 4,50 m³

Volume andil banjir atap rumah secara keseluruhan disajikan pada tabel berikut:

Tabel 7. Volume andil banjir atap rumah

C	I (mm/hari)	Luas atap (m ²)	Jumlah rumah	Vab (m ³)	Vab total (m ³)
0.75	194.91	36	452	4.50	2033.77
0.75	194.91	45	100	5.62	562.44
Jumlah			552		2596.21

3) Perhitungan volume penampungan (storasi)

Ditetapkan:

Diameter sumur (D) = 1,4 m

Kedalaman sumur (Hrencana) = 2,5 m

Koefisien permeabilitas tanah (K) = 3,48 cm/jam (0,8352 m/hari)

Durasi hujan (tc) = 0,9 x R^{0,92} = 0,9 x 194,91^{0,92} = 115,05 menit ≈ 1,92 jam

Ah = luas alas sumur = 1/4 x 3,14 x 1,4² = 1,54 m²

Av = luas dinding sumur = 3,14 x 1,4 x 2,5 = 10,99 m²

Atotal = luas permukaan total = 12,53 m²

Air meresap selama hujan dengan durasi (tc) 1,92 jam, maka:

$$V_{rsp} = (tc \times A_{total} \times K) / 24$$

$$\dots (17)$$

$$= (1,92 \times 12,53 \times 0,8352) / 24 = 0,837 \text{ m}^3$$

$$V_{storasi} = V_{ab} - V_{rsp}$$

$$\dots (18)$$

$$= 4,50 - 0,837 = 3,663 \text{ m}^3$$

$$\text{maka: } H = V_{storasi} / A_h \dots (19)$$

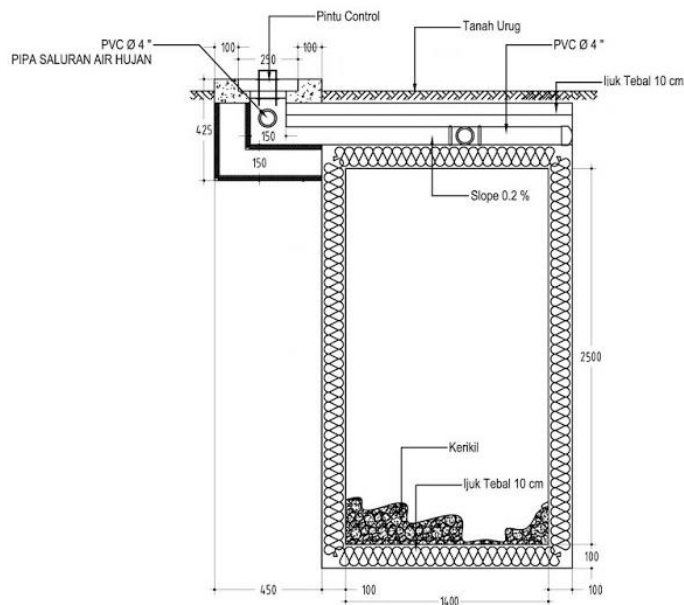
$$= 3,663 / 1,54 = 2,4 \text{ m}$$

Untuk Hrencana = 2,5 m maka diperlukan 1 buah sumur resapan.

Hasil perhitungan jumlah sumur resapan disajikan pada tabel berikut:

Tabel 8. Jumlah sumur resapan

Luas atap (m ²)	Vstorasi (m ³)	Kedalaman total (m)	Jumlah rumah	Jumlah sumur resapan setiap rumah
36	3.663	2.4	452	1
45	4.783	3.1	100	2
Jumlah			552	



Gambar 5 Detail sumur resapan

Analisis efektivitas penerapan sumur resapan

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, didapatkan volume andil banjir total (*volume runoff*) Perumahan Bumi Citra Asri sebesar 4575,98 m³ dan total volume sumur resapan sebesar 2596,21 m³ maka dengan adanya sumur resapan tersebut dapat mengurangi 56,74 % dari total *runoff* yang terjadi. Berdasarkan tujuan penelitian yaitu untuk pengurangan *runoff*, sumur resapan sebagai salah satu bentuk teknologi penerapan *LID* dapat dikatakan efektif dalam mengurangi *total runoff*.

Meskipun tidak semua *runoff* dapat diserap ke dalam tanah, namun bangunan sumur resapan ini mampu menambah waktu tampung air untuk meresap ke dalam tanah. Selain itu penerapan konsep *LID* ini juga berhasil mengurangi lebih dari 50% *total runoff* yang terjadi di wilayah penelitian.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis pada bab sebelumnya, untuk sementara pada laporan antara penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa debit banjir rencana

menggunakan distribusi frekuensi metode Log Pearson III dengan periode kala ulang 2 tahun yaitu sebesar 194.91 mm. Saluran drainase *eksisting* mempunyai dimensi yang seragam dengan kapasitas 0,024 m³/det. Sehingga berdasarkan analisis *water balance*, dihasilkan bahwa semua blok saluran drainase *eksisting* (Blok A1 sampai G2) mengalami genangan banjir. Teknologi LID berupa pemasangan sumur resapan dapat diterapkan pada lokasi penelitian. Pada rumah dengan luas 36 m² dipasang satu sumur resapan dan rumah seluas 45 m² dipasang dua sumur resapan setiap rumahnya, berdiameter 1,4 m dan kedalaman 2,5 m. Total sumur resapan sebanyak 652 buah. Dengan demikian, efektifitas penerapan teknologi LID berupa sumur resapan ini dapat mereduksi *runoff* sebesar 56,74% yaitu 2596,21 m³ dari *total runoff* = 4575,98 m³.

DAFTAR NOTASI

R_{max} : curah hujan harian maksimum tahunan
 R_i : curah hujan maksimum tahunan (setelah diurutkan)
 R_t : nilai rata-rata curah hujan
 n : banyaknya data
 S_d : standart deviasi
 C_v : koefisien variasi
 C_s : koefisien kemencengan
 C_k : koefisien ketajaman
 K_{Tr} : reduksi metode Normal
 Sk^{**} : *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS)
 D_y : deviasi standar seri data Y
 Tr : tahun periode ulang
 I : intensitas hujan
 t_c : waktu konsentrasi
 C : koefisien limpasan
 A : luas catchment area
 $Q_{rencana}$: debit banjir rencana
 Q_s : debit saluran drainase *eksisting*
 $V_{ab\ total}$: volume andil banjir total
 V_{ab} : volume andil banjir (dari atap rumah)
 Q_b : debit banjir blok
 Q_{bt} : debit banjir total blok
 Q_{ak} : debit air kotor
 Q_T : debit rencana total
 S : kemiringan saluran
 D : diameter sumur
 H : kedalaman sumur
 A_h : luas alas sumur
 A_v : luas dinding sumur
 A_{total} : luas permukaan total
 V_{rst} : volume resapan
 K : koefisien permeabilitas tanah
 $V_{storasi}$: volume penampungan

DAFTAR PUSTAKA

- Bahunta, L., & Wasposito, R. S. B. (2019). Rancangan Sumur Resapan Air Hujan sebagai Upaya Pengurangan Limpasan di Kampung Babakan, Cibinong, Kabupaten Bogor. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 4(1), 37–48. <https://doi.org/10.29244/jstil.4.1.37-48>
- Ben-Daoud, A., Ben-Daoud, M., Moroşanu, G. A., & M'Rabet, S. (2022). The use of low impact development technologies in the attenuation of flood flows in an urban area: Settat city (Morocco) as a case. *Environmental Challenges*, 6(August 2021). <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100403>
- Dermasani, A., Febrina, R., & Sumiharni, S. (2019). Evaluasi Sistem Drainase Kabupaten Pringsewu (Studi Kasus: Desa Wates Kecamatan Gadingrejo Kabupaten Pringsewu). *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 3(2), 59–63. <https://doi.org/10.32832/komposit.v3i2.3680>
- Duppa, H. (2017). Sumur Resapan untuk Mengurangi Genangan Air dan Banjir. *Jurnal Scientific Pinisi*, 3(1), 48–54. <https://doi.org/https://doi.org/10.26858/ijfs.v3i1.4380>
- Heidari, B., Prideaux, V., Jack, K., & Jaber, F. H. (2023). A planning framework to mitigate localized urban stormwater inlet flooding using distributed Green Stormwater Infrastructure at an urban scale: Case study of Dallas, Texas. *Journal of Hydrology*, 621(June), 129538. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129538>
- Heryansyah, A., & Firdaus, M. I. (2023). Perencanaan Sistem Drainase dengan Metode Sumur Resapan di Masjid Al Hijri II, Universitas Ibn Khaldun Bogor. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 7(1), 69–79. <https://doi.org/10.32832/komposit.v7i1.8156>
- Hinman, C. (2012). LID - Technical Guidance Manual for Puget Sound. *Washington State University, Dicieembre*, 347.
- Muliawati, D. N., & Mardyanto, M. A. (2015). Perencanaan Penerapan Sistem Drainase. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), 16–20.
- Nandiasa, J. E. (2020). Analisis Pengendalian Banjir Kota Bontang Kalimantan Timur. *Rekayasa Sipil*, 9(1), 1.

- <https://doi.org/10.22441/jrs.2020.v09.i1.01>
Putri, A. R., Hariati, F., Chayati, N., Taqwa, F. M. L., & Alimuddin, A. (2022). Kajian Penggunaan Sumur Resapan di Kampus UIKA Bogor. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 4(2), 55. <https://doi.org/10.32832/komposit.v4i2.3756>
- Rachmansyah, M. A., Sudinda, T. W., & Sejati, W. (2021). Perencanaan Drainase dengan Metode Zero Delta Runoff pada Kawasan South Quarter, Jakarta Selatan. *Prosiding Seminar Intelektual Muda*, 3(1), 474–484. <https://doi.org/10.25105/PSIA.V3I1.13093>
- Rina S., E., Sujatmoko, B., & Fauzi, M. (2018). Efektivitas Pemanfaatan Sumur Resapan Untuk Mereduksi Limpasan Permukaan. *JOM FTEKNIK*, 5(2), 1–7. <https://doi.org/10.22441/jrs.2020.v09.i1.01>
- <https://jom.unri.ac.id/index.php/jomftechnik/article/view/21876>
Sadewa, G., Hariati, F., Chayati, N., & Salman, N. (2019). Perencanaan Bioretensi di Kawasan Gelora Bung Karno, Jakarta. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 3(1), 9–14. <https://doi.org/10.32832/komposit.v3i1.3740>
- Wicaksono, B., Juwono, P. T., & Sisinggih, D. (2018). Analisa Kinerja Sistem Drainase terhadap Penanggulangan Banjir dan Genangan Berbasis Konservasi Air di Kecamatan Bojonegoro Kabupaten Bojonegoro. *Jurnal Teknik Pengairan*, 9(2), 70–81. <https://doi.org/https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2018.009.02.1>