

JURNAL TEKNIK SIPIL

Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil

Model Penerapan Drainase Berwawasan Lingkungan Skala Individu di Lahan Permukiman Kawasan Bandung Utara

Hary Pradiko

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan Bandung

Jl. Setiabudi No. 139 Bandung, E-mail: harypradiko@yahoo.com

Program Doktor Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha No. 10 Bandung, E-mail: harypradiko@yahoo.com

Arwin

Program Doktor Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha No. 10 Bandung, E-mail: arwinsabar@yahoo.com

Prayatni Soewondo

Program Doktor Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha No. 10 Bandung, E-mail: prayatni@elga.net.id

Yadi Suryadi

Program Doktor Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha No. 10 Bandung, E-mail: suryadi350@yahoo.com

Indragiri Jatikusuma

Alumni Program Magister Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha No. 10 Bandung, E-mail: indragiri.jatikusuma@yahoo.co.id

Abstrak

Perubahan luas lahan terbangun dapat mempengaruhi ekstremitas debit air yang menimbulkan ancaman banjir dan kekeringan di wilayah hilir Daerah Aliran Sungai (DAS). Penanganan limpasan air hujan dengan drainase lingkungan sudah diterapkan. Akan tetapi lahan permukiman di perkotaan sangat terbatas, sehingga membutuhkan solusi pengendalian dari limpasan air hujan yang efektif dan efisien. Teknik peresapan air yang dikaji dalam penelitian ini adalah penerapan sumur resapan dalam suatu persil permukiman di Kawasan Konservasi Bandung Utara untuk mendapatkan model penerapan sumur resapan yang efektif untuk penerapan konsep zero runoff. Metode perhitungan yang digunakan adalah metode rasional untuk limpasan permukaan dan Metode Sunjoto untuk peresapan air. Lokasi penelitian adalah suatu persil di kawasan permukiman Bandung Utara. Hasil perhitungan limpasan pada periode ulang hujan 20 tahun drain 1 sebesar 0,0182 m³/det dan drain 2-3 sebesar 0,0104 m³/det. Dibuat sumur resapan A berdiameter 0,8 m dan kedalaman 15 m berkemampuan resap 0,0244 m³/dt untuk meresapkan limpasan drain 1 dan sumur resapan B berdiameter 1,2 m dan kedalaman 10 m berkemampuan resap 0,0181 m³/dt untuk meresapkan limpasan drain 2-3. Sumur resapan yang dibuat dapat menampung limpasan air hujan pada periode ulang hujan 20 tahun, sehingga konsep zero runoff dapat diterapkan di persil-persil lain yang ada di Kawasan Bandung Utara.

Kata-kata Kunci: Drainase, hujan, zero runoff, model, resapan, skala individu.

Abstract

The increasing of land use can affect an extreme waterflow posed a threat of flooding and drought in downstream watershed. Handling runoff using the drainage system has been implemented. But the urban settlement land is very limits, so it's necessary to control runoff effectively and efficiently. The objective of this research is to apply zero runoff concept using infiltration wells in a small part of settlement in North Bandung. The used methods are a rational method and Sunjoto method. The research location is a part of settlement area in North Bandung. The results show that on 20-year rainfall return period, the runoff from drain 1 is about 0.0182 m³/s and from drain 2-3 is about 0.0104 m³/s. The first infiltration wells (A) (diameter of 0.8 m and a depth of 15 m) can infiltrate 0.0244 m³/s to absorb from drain 1 and the second one (B) (diameter of 1.2 m and a depth of 10 m) can infiltrate 0.0181 m³/s to absorb from drain 2-3. The infiltration wells can accommodate runoff in the 20-year rainfall return period, so the zero runoff concept can be applied in other settlement parts that exist in North Bandung area.

Keywords: Drainage, rainfall, zero runoff, model, infiltration, individual scale.

1. Pendahuluan

Urbanisasi merupakan salah satu fenomena yang menyebabkan terjadinya alih fungsi lahan dari lahan hutan maupun pertanian menjadi suatu lahan terbangun lainnya (seperti kawasan industri, permukiman, jalan dan kawasan komersil/perkantoran) (Chu, *et al.*, 2013). Proses urbanisasi tersebut telah banyak terjadi di beberapa kota besar di Indonesia seperti yang terjadi di Kawasan Bandung Utara (KBU) khususnya Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Cikapundung Hulu. Urbanisasi terjadi karena desakan akan kebutuhan lahan untuk wilayah terbangun dari Kota Metropolitan Bandung. Adapun urbanisasi yang terjadi pada Sub DAS tersebut tercatat mengalami peningkatan wilayah permukiman sebesar 5,64 % dari luasan DAS (luas lahan permukiman 3,42 % pada tahun 2001 menjadi 9,06 % pada tahun 2005) (Syafarina, 2009).

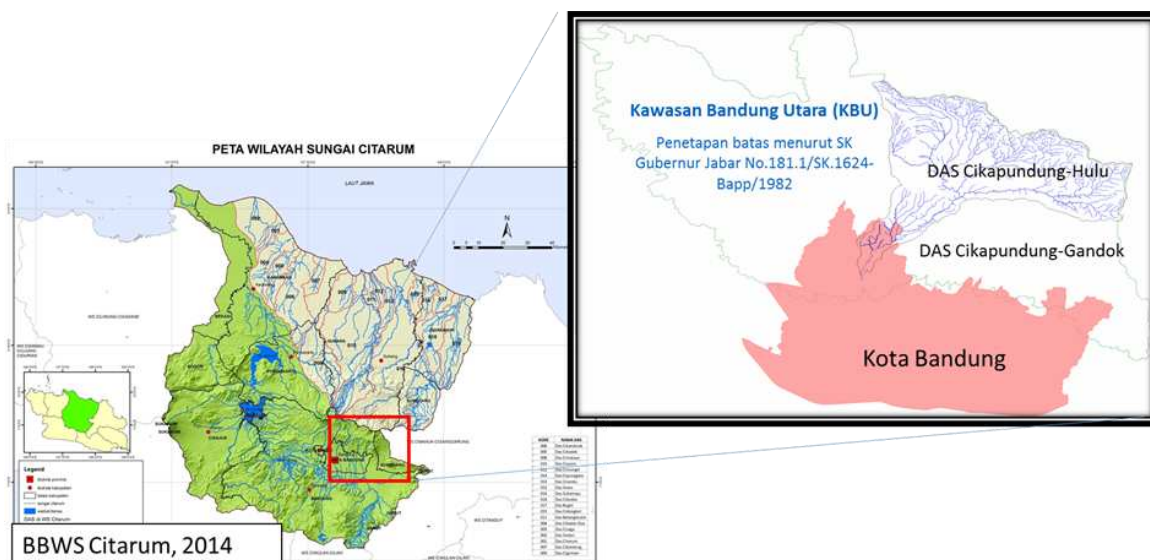
Perubahan dari luas lahan terbangun tersebut dapat menyebabkan beberapa pengaruh terhadap nilai debit air yang terdapat di kawasan hilir dari DAS. Jika konversi lahan terjadi di kawasan hulu, maka akan menyebabkan ektremitas debit air yang menimbulkan ancaman banjir dan kekeringan di wilayah hilir DAS (Sabar, 2009). Beberapa studi juga menunjukkan bahwa dampak adanya urbanisasi tersebut dapat menyebabkan terjadinya peningkatan rata-rata limpasan permukaan tahunan, peningkatan nilai debit banjir, peningkatan frekuensi kejadian banjir serta peningkatan volume banjir (Du, *et al.*, 2012). Urbanisasi juga mengakibatkan adanya penurunan jumlah aliran dasar dan peningkatan limpasan (Isik, *et al.*, 2013). Selain itu, urbanisasi dapat menyebabkan penurunan jumlah dan frekuensi kejadian debit minimum dan peningkatan dari frekuensi kejadian debit maksimum (Chu, *et al.*, 2013).

Perubahan kondisi hidrologis lahan yang menyebabkan ektremitas rezim hidrologi di atas merupakan gambaran dampak adanya urbanisasi. Aliran sungai dari kawasan hilir dalam Sub DAS Cikapundung Hulu ini

dimanfaatkan sebagai pasokan air bagi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan intake air baku Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Bengkok/Dago, sehingga menjadi suatu perhatian khusus untuk mempertahankan fungsi hidrologis dari kawasan Sub DAS Cikapundung Hulu tersebut guna menjaga keberlanjutan sumberdaya air dan kehidupan manusia di kawasan Kota Bandung maupun KBU.

Salah satu konsep dalam upaya penanggulangan tersebut adalah konsep *zero runoff*. Konsep *zero runoff* tersebut adalah konsep penerapan dari drainase lingkungan dengan tujuan untuk mengurangi beban drainase makro menggunakan teknik peresapan buatan (*Artificial Recharge*). Jika dalam drainase makro diterapkan suatu perancangan infrastruktur sumber daya air dalam Periode Ulang Hujan (PUH) 20-50 tahun, maka untuk penerapan teknik peresapan buatan tersebut akan digunakan PUH yang sama. Konsep tersebut dinilai memiliki kelebihan untuk upaya penanggulangan yang seimbang dengan terjaganya keberlanjutan sumber daya air di dalam suatu kawasan DAS tersebut (Sabar, 2009).

Permasalahan dari lahan permukiman pada perkotaan sangat kompleks yang disebabkan oleh terbatasnya lahan terbuka untuk prasarana drainase dan konservasi air. Jenis permukiman tersebut membutuhkan solusi pengendalian dari limpasan air hujan berupa teknik-teknik untuk peresapan air yang efektif dan efisien (Sabar dan Akhsayanty, 2006). Teknik peresapan air yang dikaji dalam penelitian ini adalah penerapan sumur resapan dalam suatu permukiman. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan model penerapan sumur resapan yang efektif untuk penerapan konsep *zero runoff* yang dipilih karena kesamaannya dengan teknik penanggulangan kerusakan fungsi hidrologis lahan dalam PERDA JABAR No. Nomor 58 Tahun 2011 tentang Pengendalian Pemanfaatan Ruang KBU yang dinilai efektif dan efisien dalam penerapannya di kawasan KBU.



Gambar 1. Lokasi studi Sub DAS Cikapundung Hulu (Setiawan, 2009)

2. Metodologi

2.1 Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data hidrologi dan data spasial. Data hidrologi yang dikumpulkan berupa data debit dan data curah hujan. Data hujan dikumpulkan untuk stasiun (St.) sekitar DAS yang berjumlah enam stasiun hujan (St. Lembang, St. Cikapundung, St. Dagopakar, St. Bandung, St. Margahayu dan St. Gunung Kasur) dan untuk data debit menggunakan dua stasiun pengukuran debit (St. Cigulung dan St. Maribaya) dengan panjang pengamatan data yang terkumpul adalah tahun 1971 - 2012. Data spasial yang digunakan di antaranya adalah Peta Batas Administratif, Peta DEM, Peta Jenis Tanah, Citra Satelit dan Peta Penggunaan Lahan (Tahun 1998, 2001, 2005, 2011). Keseluruhan data tersebut akan digunakan untuk dilakukan pendeskripsian rezim hidrologi, kondisi hidrologis lahan dan penanggulangan permasalahan menggunakan konsep *zero runoff*.

2.2 Perubahan rezim hidrologi lahan

Perubahan rezim hidrologi dalam suatu DAS dianalisis dengan menggunakan pendekatan regresi linier sederhana hasil penjabaran dari suatu model hidrologi yang ditunjukkan dengan persamaan (Sabar, 2009) :

$$Q = C (P.A) + b \quad (1)$$

dimana :

- Q = debit sungai (m³/detik)
- C = koefisien limpasan (*runoff*)
- P = curah hujan (mm/hari)
- A = luas DAS (m²)
- b = aliran dasar (*baseflow*) (m³/detik)

Dengan menggunakan **Persamaan (1)** di atas akan didapatkan gambaran nilai koefisien limpasan dan aliran dasar hasil dari pendekatan persamaan regresi linier yang dapat menggambarkan kecenderungan pergerakannya dengan waktu. Selain hal tersebut juga akan digunakan analisis *moving average* terhadap data debit minimum harian tahunan dan debit maksimum harian tahunan untuk Stasiun Maribaya.

$$Q_{(t)-(t+n)} = \frac{Q_t + Q_{t+1} + \dots + Q_{t+n}}{n} \quad (2)$$

dimana :

- $Q_{(t)-(t+n)}$ = debit *moving average* n tahun
- Q_t, Q_{t+1}, Q_{t+n} = debit maksimum/minimum harian tahunan
- n = periode pengamatan

2.3 Penerapan konsep *zero runoff*

Penerapan konsep *zero runoff* ini akan dilakukan dengan menggunakan daerah percontohan permukiman dalam Sub DAS Cikapundung Hulu untuk dilakukan perancangan secara detail yang selanjutnya diikuti dengan perhitungan jumlah kebutuhan sumur resapan pada daerah kawasan kritis di Sub DAS Cikapundung Hulu hasil penilaian kondisi kawasan.

Perhitungan nilai intensitas hujan menggunakan metode Van Breen-Talbot untuk memperkirakan nilai limpasan yang masuk dalam sumur resapan dengan menggunakan metode rasional pada waktu konsentrasi (T_c). Daerah percontohan yang digunakan akan dirancang untuk menggunakan saluran drainase sebagai penyaluran ke dalam sumur resapan yang perancangan saluran drainasenya memperhitungkan nilai T_o (waktu merayap dari titik terjauh ke saluran drainase pada lahan) dan T_d (aktual merayap di saluran drainase) untuk setiap periode ulang menggunakan persamaan (Hardjosuprpto, 1998) :

$$T_o = \frac{6,33 \times (n.L_o)^{0,6}}{(C_o \times I_e)^{0,4} (S_o)^{0,3}} \quad (3)$$

dimana :

- T_o = waktu rayapan pada permukaan (menit)
- n = kekasaran *manning* (tanpa satuan)
- L_o = panjang rayapan (m)
- C_o = koefisien limpasan pada tempat air merayap (tanpa satuan)
- I_e = intensitas hujan (mm/jam), dengan $T_e = T_c$
- S_o = kemiringan tanah rayapan (m/m)

Untuk perhitungan T_d digunakan nilai R (hujan) yang berupa hujan hasil perhitungan distribusi yang terpilih pada setiap periode ulang menggunakan persamaan sebagai berikut (Hardjosuprpto, 1998):

$$T_d = \frac{4,762 \times L_{da}}{(R \times L_a)^{0,5} (A \times C_r)^{0,1} (S_r)^{0,2}} \quad (4)$$

$$L_{da} = 88,3 \times (A)^{0,6} \quad (5)$$

dimana :

- L_{da} = panjang aktual (m)
- L_d = panjang teoritis (m)
- C_r = koefisien limpasan rata-rata (tanpa satuan)
- R = tinggi hujan pada PUH tertentu (mm/hari)
- A = luas daerah tangkapan (m²)
- S_r = kemiringan (m/m)

Waktu konsentrasi terdiri atas waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir di atas permukaan tanah (T_o , *time of overland flow*) dan waktu yang diperlukan untuk mengalir di dalam saluran ke tempat yang ditinjau (T_d , *time of drain*) (Hardjosuprpto, 1998):

$$T_c = T_o + T_d \quad (6)$$

Intensitas hujan (I) di Indonesia dapat mengacu pada pola grafik IDF (*Intensity Duration Frequency*) dari van Breen, yang dapat didekati dengan persamaan :

$$I = \frac{54.R + 0.07.R^2}{T_c + 0.3.R} \quad (7)$$

Untuk menghitung debit limpasan (Q) digunakan metode rasional dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = 0,00278.C_r.I.A \quad (8)$$

Volume dan efisiensi sumur resapan dihitung dengan Metode Sunjoto berdasarkan keseimbangan air yang masuk ke dalam sumur dan air yang meresap ke dalam tanah. Persamaannya dapat ditulis sebagai berikut (Sabar dan Akhsyanty, 2006):

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

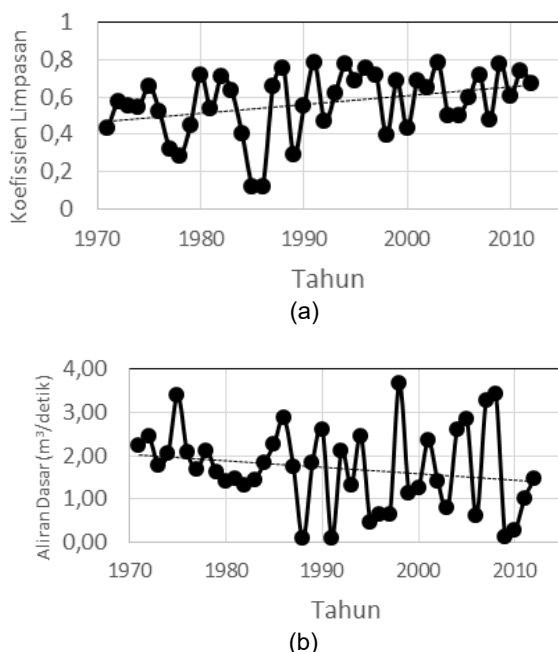
dimana :

- H = tinggi muka air dalam sumur (m)
 F = faktor geometri (m)
 Q = debit air masuk (m³/detik)
 T = waktu pengaliran (detik)
 K = koefisien permeabilitas tanah (m/detik)
 r = jari-jari sumur (m)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perubahan rezim hidrologi

Perubahan rezim hidrologi yang terjadi di kawasan Sub DAS Cikapundung Hulu tercatat melalui Stasiun Pengamatan Debit Maribaya. Dengan menganalogikan **Persamaan 1** dengan persamaan regresi linier sederhana ($y=ax+b$), akan dibandingkan antara nilai curah hujan wilayah bulanan (P.A sebagai x) dengan nilai debit rata-rata bulanan yang tercatat pada Stasiun Maribaya (Q sebagai y), sehingga didapatkan hubungan yang menggambarkan adanya peningkatan nilai koefisien limpasan (C ditunjukkan oleh a) dan penurunan jumlah *baseflow* (b ditunjukkan oleh b') setiap tahunnya dari tahun 1971-2012 seperti pada **Gambar 2** berikut :

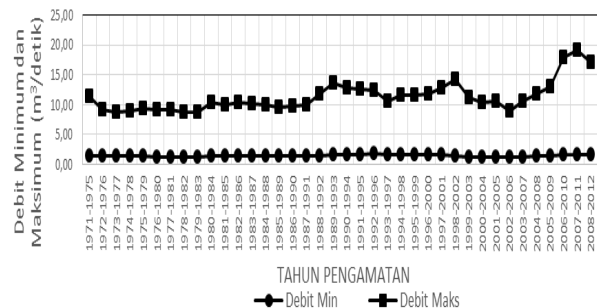


Gambar 2. (a) Peningkatan nilai koefisien limpasan dan (b) Penurunan nilai aliran dasar

Peningkatan nilai koefisien limpasan dan penurunan aliran dasar tersebut diakibatkan oleh adanya urbanisasi. Jika dibandingkan pada tahun 2006 nilai koefisien limpasan rata-rata di Sub DAS Cikapundung memiliki nilai 0,3 (Sabar, 2009), maka dengan cara yang sama nilai koefisien hasil pengamatan rata-rata hingga tahun 2012 adalah sebesar 0,57. Hal tersebut menunjukkan bahwa adanya peningkatan tutupan

lahan akan menurunkan jumlah air yang masuk ke dalam tanah, sehingga aliran dasar yang tercatat akan menunjukkan kecenderungan yang terbalik (menurun dari waktu ke waktu).

Selain dari hubungan antara hujan dan debit yang digambarkan dengan menggunakan persamaan regresi linier sederhana, juga dilakukan perhitungan analisis *moving average* untuk menghilangkan sifat acak debit, sehingga dapat diamati kecenderungan dari nilai debit maksimum harian dan minimum harian setiap tahunnya yang diperhitungkan secara suksesif selama 5 tahunan. **Gambar 3** menunjukkan hasil perhitungan *moving average* dengan data debit pada Stasiun Maribaya.

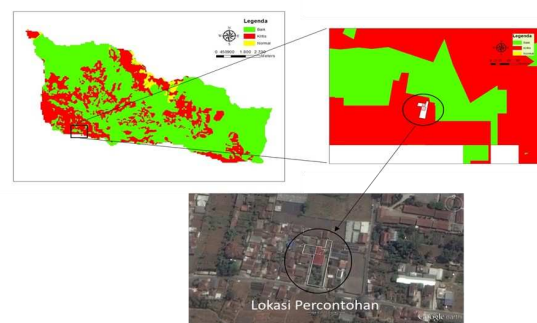


Gambar 3. Moving average debit maksimum dan minimum tahunan

Peningkatan dari debit maksimum dan penurunan dari debit minimum di atas menunjukkan bahwa telah terjadi ekstremitas debit yang ditunjukkan dengan peningkatan rata-rata maksimum dan penurunan rata-rata minimum. Peningkatan nilai tersebut tidak terlepas dari nilai debit maksimum yang semakin besar karena beban limpasan yang bertambah, dan debit minimum pada musim kemarau yang semakin kecil akibat dari penurunan jumlah air terinfiltrasi dalam tanah yang mengalir kembali ke sungai sebagai *baseflow*.

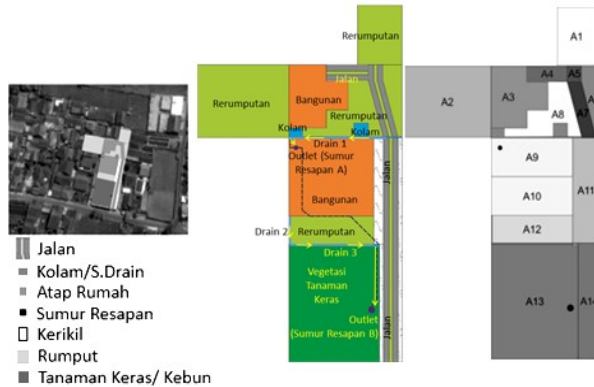
3.2 Penerapan konsep *zero runoff*

Penerapan konsep *zero runoff* akan dilakukan untuk kawasan permukiman yang masuk dalam kategori kritis dari hasil penilaian. Penerapan konsep ini menggunakan model persil yang dirancang dan diperhitungkan untuk mendapatkan penerapan yang efisien dan efektif serta teknik-teknik penerapan yang dipertimbangkan untuk aplikasinya. Gambar berikut memberikan gambaran mengenai lokasi model persil tersebut.



Gambar 4. Lokasi model persil

Lokasi model persil yang tergambarkan dalam **Gambar 4** di atas akan digunakan untuk perancangan dari sumur resapan menggunakan konsep *zero runoff*. Rancangan saluran drainase dan lokasi sumur resapan juga tata guna lahan detail dari lokasi digambarkan sebagai berikut.



Gambar 5. Perancangan lokasi dan pembagian blok aliran di lokasi model persil dan aplikasinya

Perhitungan pertama yang dilakukan adalah dengan menggunakan **Persamaan 3** untuk mencari waktu rayapan dari setiap blok ke dalam saluran drainase dimana setiap blok memiliki hasil perhitungan waktu rayapan untuk setiap periode. Nilai I_e diperoleh dari **Persamaan 7** dengan memasukkan nilai T_e ke dalam T_c . Nilai T_e sendiri diperoleh dari persamaan berikut (Hardjosuprpto, 1998):

$$T_e = \frac{R^{1,92}}{(1,11 \times R)} \quad (10)$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Perhitungan waktu rayapan (T_o)

Blok	L_o (m)	n	C	I_e (mm/jam) ($T_e=T_c$)	S	T_o (menit)
A1	24,869	0,0480	0,40	64,81	0,03032	5,46
A2	20,628	0,0450	0,40	64,81	0,01447	5,87
A3	14,446	0,0130	0,90	64,81	0,04546	0,58
A4	14,065	0,0217	0,75	64,81	0,00930	2,67
A5	13,371	0,0196	0,78	64,81	0,01724	2,00
A6	13,434	0,0500	0,40	64,81	0,00769	5,84
A7	10,106	0,0196	0,78	64,81	0,00693	2,22
A8	10,161	0,0350	0,40	64,81	0,00693	4,11
A9	10,259	0,0130	0,90	64,81	0,02924	5,40
A10	10,259	0,0130	0,90	64,81	0,02924	5,40
A11	19,647	0,0294	0,62	64,81	0,00407	5,40
A12	15,811	0,0350	0,40	64,81	0,00190	7,91
A13	26,242	0,0800	0,30	64,81	0,01136	11,55
A14	21,378	0,0268	0,67	64,81	0,01871	6,66

Setelah dilakukannya perhitungan tersebut maka dilakukan perhitungan untuk waktu rambatan pada saluran drainase yang direncanakan dan dilakukan pengecekan kemampuan rancangan drainase dengan menggunakan perhitungan kecepatan, perhitungan

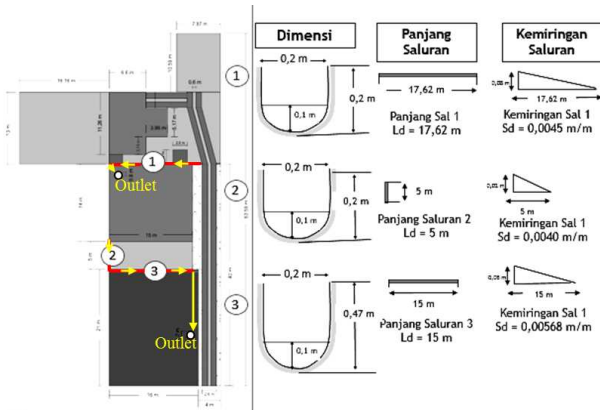
penampang melintang, dan nilai debit tampungan dari saluran drainase. Berikut merupakan hasil perhitungan dari waktu rayapan pada saluran drainase hasil perhitungan.

Tabel 2. Perhitungan waktu dalam saluran drainase (T_d)

Drain	L_{da} (m)	R (mm)	A (m ²)	C_r	S_r	T_d (menit)
1	17,62	119,37	753,42	0,59	0,00455	2,836
2	5,00	119,37	180,00	0,69	0,00400	1,441
3	15,00	119,37	600,00	0,47	0,00568	2,589

Berdasarkan hasil perhitungan nilai T_d di atas, maka dilakukan pengecekan nilai kecepatan dari setiap saluran drainase. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kecepatan di saluran drainase untuk segmen 1, 2 dan 3 menunjukkan nilai kecepatan yang berada di bawah ambang batas yang diijinkan sebesar 1,5 m/detik untuk saluran beton. Pada PUH 20 tahun didapatkan perhitungan kecepatan setiap segmen adalah kecepatan 0,104 m/detik untuk segmen 1, kecepatan 0,058 m/detik untuk segmen 2, dan kecepatan 0,097 m/detik untuk segmen 3. Dengan menggunakan nilai kecepatan pada saluran tersebut maka didapatkan batas maksimum dari penampang drainase yang diperhitungkan dengan memanfaatkan Persamaan Manning yang akan menghasilkan nilai kedalaman air dari saluran untuk setiap segmen saluran dengan hasil perhitungan dalam PUH 20 tahun adalah kedalaman air 16,54 cm untuk segmen 1, kedalaman air 11,62 cm untuk segmen 2, dan kedalaman

air 15,83 cm untuk segmen 3. Penggambaran bentuk dan saluran drainase yang dirancang dalam lokasi model persil adalah sebagai berikut.



Gambar 6. Saluran drainase lokasi model persil

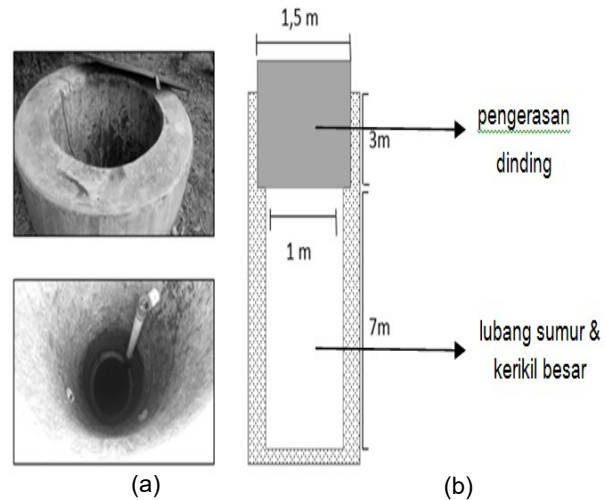
Berdasarkan gambar di atas didapatkan bahwa setiap segmen dari saluran drainase telah memiliki kecocokan dengan perancangan awal. Kecepatan rancangan tidak melebihi dari kecepatan yang diijinkan serta penampang dari saluran mampu untuk menampung air dalam PUH 20 tahun, sehingga sesuai dengan konsep *zero runoff*. Dengan perhitungan nilai T_0 dan T_d di atas, maka akan dilakukan perhitungan nilai debit puncak dalam setiap saluran menggunakan metode rasional dan didapatkan debit puncak seperti pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil perhitungan debit puncak (Q_p)

Saluran	Q_p	Q_p Total ($m^3/detik$)	PUH
Drain 1	0,0182	0,0286	20 tahun
Drain 2-3	0,0104		
Drain 1	0,0188	0,0296	50 tahun
Drain 2-3	0,0109		

Nilai Q_p tersebut selanjutnya akan digunakan sebagai landasan dalam perancangan kedalaman sumur resapan. Dalam lokasi model persil ini digunakan sumur resapan dengan diameter 0,8 m dan kedalaman 15 m untuk sumur A yang menampung air dari drain 1 dan diameter 1,2 m dengan kedalaman 10 m untuk sumur B yang menampung air dari drain 2-3 dengan pengerasan dinding setebal 25 cm setiap sisi dengan kedalaman 3 meter dari muka tanah. Sisa kedalaman sumur diisi dengan kerikil besar. Pengerasan dan pengisian kerikil besar tersebut bertujuan untuk

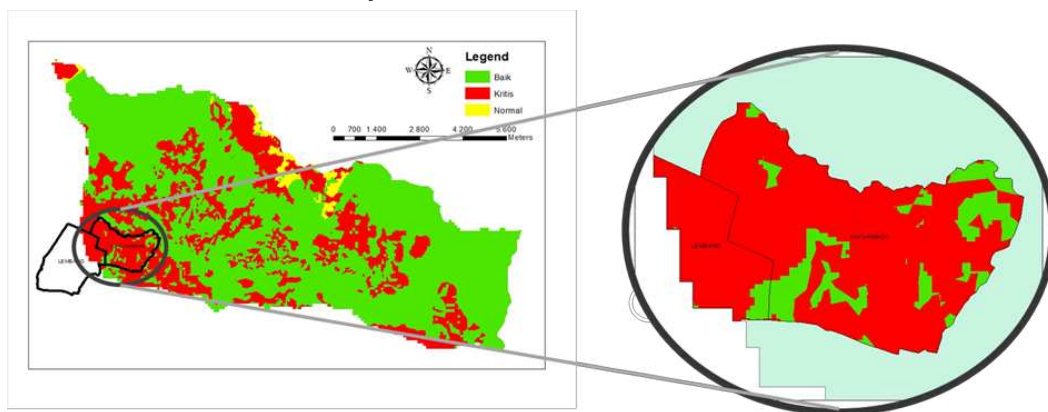
menjaga kestabilan sumur agar tidak terjadi kerusakan akibat pergeseran tanah maupun amblasan karena air yang masuk. **Gambar 7** menunjukkan sumur resapan B yang telah dibuat dan akan digunakan.



Gambar 7. Sumur resapan B lokasi model persil (a) Sumur resapan dan (b) Penampang melintang

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan bahwa jika membandingkan nilai Q_p pada PUH 20 tahun dari lokasi percontohan dengan Q resapan yang diperhitungkan dengan menggunakan Metode Sunjoto pada setiap sumur dihasilkan nilai Q resapan $0,0244 m^3/detik$ untuk sumur A dan $0,0181 m^3/detik$ untuk sumur B (pada $T = T_c$) yang lebih besar dibandingkan dengan Q_p pada PUH 20 tahun (Q_p ke sumur A $0,0182 m^3/detik$ dan Q_p ke sumur B $0,0104 m^3/detik$), sehingga rancangan dapat dikatakan telah sesuai dengan konsep *zero runoff*. Konsep tersebut menunjukkan kemampuan dari penerapan sumur resapan di wilayah permukiman dengan setiap meter sumur resapan rata-rata memiliki nilai Q resap sebesar $1,6 - 1,8 L/dt$ untuk lokasi model persil.

Berdasarkan hasil penilaian penggunaan sumur resapan di kawasan permukiman di atas, akan dilakukan penerapan untuk kawasan yang lebih besar, karena model persil ini berada di kawasan Kecamatan Lembang dan Kayuambon yang memiliki kawasan kritis kondisi hidrologis. **Gambar 8** berikut merupakan lokasi Kecamatan Lembang dan Kayuambon.



Gambar 8. Kecamatan Lembang dan Kayuambon

Berdasarkan gambar di atas didapatkan bahwa persentase jumlah lahan kritis secara hidrologis adalah 46,05 ha (93,20 %) untuk Kecamatan Lembang dan 176,18 ha (82,43%) untuk Kecamatan Kayuambon. Dominasi penggunaan lahan tersebut adalah 100% lahan di kawasan Lembang dan 92,57 % lahan di kawasan Kayuambon adalah permukiman, sehingga dinilai penerapan sumur resapan cocok untuk diterapkan di kedua kawasan tersebut. Berikut merupakan gambaran dari kawasan permukiman di Kecamatan Lembang dan Kayuambon.



Gambar 9. Permukiman Kecamatan Lembang dan Kayuambon (Google Street View, diakses 17 Maret 2017)

Perhitungan intensitas hujan hasil persamaan Van Breen-Talbot untuk Kawasan Lembang menggunakan Stasiun Lembang dan Kawasan Kayuambon menggunakan Stasiun Lembang dan Margahayu dengan asumsi T_c sama dengan durasi hujan ($T_c=73,35$ menit) menggunakan **Persamaan 10** untuk curah hujan 119,37 mm/hari dengan PUH 20 tahun. Nilai Q_p didapatkan seperti perhitungan pada **Gambar 10** berikut.

Kecamatan Lembang
$C = 0,9$ $A = 43,74 \text{ ha}$ $I = 59,96 \text{ mm/jam}$ $Q = 0,002778 \times C \times I \times A$ $= 0,002778 \times 0,9 \times 59,96 \text{ mm/jam} \times 43,74 \text{ ha}$ $= 6,56 \text{ m}^3/\text{det}$
Kecamatan Kayuambon
$C = 0,9$ $A = 154,93 \text{ ha}$ $I = 59,40 \text{ mm/jam}$ $Q = 0,002778 \times C \times I \times A$ $= 0,002778 \times 0,9 \times 59,40 \text{ mm/jam} \times 154,93 \text{ ha}$ $= 23,01 \text{ m}^3/\text{det}$

Gambar 10. Perhitungan Q_p limpasan di Kecamatan Lembang dan Kayuambon

Hasil Q_p tersebut akan digunakan untuk menghitung jumlah sumur yang harus dibuat untuk mengembalikan kondisi hidrologis lahan bila digunakan metode peresapan Sunjoto dengan dasar perancangan sumur berdiameter 1,2 m dan kedalaman 10 m. Hasil perhitungannya seperti terlihat pada **Tabel 4** berikut.

Tabel 4. Hasil perhitungan jumlah sumur resapan dengan metode Sunjoto

Desain Sumur	Metode Sunjoto					Jumlah
	H (m)	F (m)	K (m/detik)	R (m)	Q Resap (m/detik)	
Kecamatan Lembang	10	17,22	0,000064	0,6	6,56	591
Kecamatan Kayuambon	10	17,22	0,000064	0,6	23,01	2061

Dengan penerapan jumlah sumur resapan menggunakan konsep *zero runoff* /dirancang dalam PUH 20 tahun tersebut diperkirakan dapat mengurangi kondisi kritis lahan sebesar 9,97 % persen dari luasan kritis hidrologi di keseluruhan DAS Cikapundung Hulu.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari dari penelitian ini antara lain adalah:

1. Perubahan rezim hidrologi yang disebabkan oleh adanya perubahan penggunaan lahan ditunjukkan dengan adanya peningkatan nilai koefisien limpasan dan penurunan aliran dasar (*baseflow*) dari tahun 1971-2012 serta adanya kecenderungan peningkatan rata-rata debit maksimum harian tahunan dan penurunan rata-rata debit minimum tahunan hasil dari analisis *moving average*.
2. Penanggulangan yang disarankan untuk daerah Sub DAS Cikapundung Hulu yang termasuk ke dalam daerah konservasi adalah konsep *zero runoff* yang diaplikasikan dalam drainase lingkungan (sumur resapan) di setiap persil permukiman.
3. Hasil simulasi limpasan terhadap model persil memperlihatkan bahwa penerapan saluran drainase dan sumur resapan yang diaplikasikan dalam PUH 20 tahun tidak menghasilkan limpasan karena keseluruhan limpasan yang dihasilkan masuk dalam sumur resapan ($Q_{\text{resap}} > Q_{\text{limpasan}}$).
4. Jika model *zero runoff* ini diaplikasikan untuk skala kecamatan, maka di Kecamatan Lembang perlu dibangun 591 sumur resapan, sedangkan untuk Kecamatan Kayuambon dibutuhkan 2061 sumur resapan yang masing-masing berdiameter 1,2 meter dan kedalaman 10 meter yang dirancang dalam periode ulang 20 tahun, sehingga diperkirakan dapat mengurangi kondisi kritis hidrologi lahan sebesar 9,97 % dari kawasan kritis hidrologi.

Daftar Pustaka

Chu. M.L., Knouft. J.H., Ghulam. A., Guzman. J.A., Pan. Z., 2013, Impacts of Urbanization On River

Flow Frequency: A Controlled Experimental Modeling-Based Evaluation Approach, *Journal of Hydrology, Elsevier B.V.*, Vol. 495, 1 – 12.

Google Street View, *Foto-foto Kecamatan Kayuambon dan Kecamatan Lembang*, diakses tanggal 17 Maret 2017, <https://www.google.co.id/maps/@-6.8232698,107.6334685,18.25z?hl=en>.

Du. J., Qian. L., Rui, H., Zuo, T., Zheng, D., Xu, Y., Xu, C.Y., 2012, Assessing the Effects of Urbanization On Annual Runoff And Flood Events Using An Integrated Hydrological Modeling System For Qinhuai River Basin, China, *Journal of Hydrology Elsevier B.V.*, Vol 464-465, 127 – 139.

Hardjosuprpto. M.M., 1998, *Drainase Perkotaan-Volume 1*, Penerbit Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Isik. S., Kalin. L., Schoonover. J.E., Srivastava. P., Lockaby. B.G., 2013, Modeling Effects Of Changing Land Use/Cover On Daily Streamflow: An Artificial Neural Network And Curve Number Based Hybrid Approach, *Journal of Hydrology, Elsevier B.V.*, Vol. 485, 103 – 112.

Sabar. A., Akhsayanty. R., 2006, Studi Komparatif Metode Peresap Buatan Untuk Pengendalian Limpasan Air Hujan di Permukiman Perkotaan Kasus Kelurahan Lebakgede-Kec. Coblong Kota Bandung, *Jurnal Purifikasi*, Vol 7, No 1, 1 – 14.

Sabar. A., 2009, *Perubahan Iklim, Konversi Lahan dan Ancaman Banjir dan Kekeringan di Kawasan Terbangun*. Pidato Ilmiah Guru Besar MGB-ITB, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Setiawan. D., 2009, *Pengembangan model indeks konservasi sebagai instrumen pengendalian pemanfaatan ruang dan penerapan drainase lingkungan (studi kasus: Mintakat Lembang DAS Cikapundung Hulu)*, Thesis, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Syafrina. B.A., 2009, *Analisis Keterkaitan Penggunaan Lahan dan Karakteristik Debit Aliran Sub DAS Cikapundung*, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Peraturan Gubernur Jawa Barat Nomor 58 Tahun 2011, Perubahan Atas Peraturan Gubernur Jawa Barat Nomor 21 Tahun 2009 Tentang Petunjuk Pelaksanaan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 1 Tahun 2008 Tentang Pengendalian Pemanfaatan Ruang Kawasan Bandung Utara.