



Perencanaan Penerapan Konsep *Zero run-off* dan Agroforestri Berdasarkan Kajian Debit Sungai di Sub DAS Belik, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta

Arnellya Fitri¹ dan Azura Ulfa²

[Diterima: 29 April 2015; disetujui dalam bentuk akhir: 10 Juli 2015]

Abstrak. Daerah Aliran Sungai (DAS) Belik merupakan salah satu Daerah Tangkapan Air (DTA) yang berada di daerah perkotaan Kabupaten Sleman. Akibat alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan pemukiman yang padat menyebabkan semakin berkurangnya area resapan air hujan. Kurangnya area resapan air hujan menyebabkan kapasitas saluran drainase Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Belik pada saat hujan tidak mampu menampung air sehingga banjir di sekitar saluran drainase terjadi. Tujuan penelitian ini untuk memberikan solusi dengan menggunakan konsep zero run-off dalam upaya mencegah genangan banjir di perkotaan yang kurang memiliki ruang terbuka hijau dan area resapan air hujan. Kajian debit banjir yang dilakukan pada sungai Belik menggunakan metode rasional dan metode SCS CN yaitu metode yang digunakan dalam penentuan debit puncak pada satu kejadian hujan. Perhitungan debit diperlukan untuk mengetahui besar limpasan maksimum pada drainase saluran DAS Belik. Metode hidrograf SCS CN menggunakan parameter tekstur tanah, tebal hujan, CN wilayah, retensi potensial maksimum air oleh tanah, dan kedalaman hujan efektif. Sedangkan metode rasional menggunakan parameter koefisien aliran, intensitas hujan, dan luas daerah pengaliran dalam menghitung debit limpasan. Keseluruhan hasil perhitungan kedua metode melebihi besar debit pengukuran langsung menggunakan Metode Slope Area, artinya keseluruhan hasil menunjukkan banjir atau limpasan permukaan yang melebihi kapasitas drainase.

Kata kunci. Limpasan permukaan, metode SCS CN, metode rasional, zero run-off

[Received: 29 April 2015; accepted in final version: 10 July 2015]

Abstract. Belik Watershed is one of the Water Catchment Areas located in urban areas of Sleman District. Land conversion from agricultural to residential area cause the descending of rain water catchment area. Lack of rain water catchment area can cause drainage channel capacity of Belik sub zone cannot hold rain water, so that flooding occurred around the drainage channel. The aim of this research is to give a way out to overcome the flood problem by using zero run-off concepts, to prevent the flood in urban area which does not have sufficient green room and rain water penetration area. The study of flood discharge using the rational method and SCS CN method which is a method used to determine peak flow when the rain pour in Belik sub zone. The discharge calculations are necessary to determine the maximum runoff drainage of Belik sub zone channel. The hydrograph SCS CN method uses soil texture parameters, thick of the rain, CN region, the maximum potential water retention by the soil, and

¹ Kartografi dan Penginderaan Jauh, Universitas Gadjah Mada, Sekip Utara, Jalan Kaliurang, Bulaksumur Yogyakarta 55281, E-mail: arnellyafitri@gmail.com

² Geografi Ilmu Lingkungan, Universitas Gadjah Mada.

the depth of the effective rain. Meanwhile, the rational method uses flow coefficient parameter, rainfall intensity, and area of drainage in calculating discharge runoff. All of the calculations results from both methods are bigger than the result using direct measurement with slope area method. This means that all of the result shows that flood or run off is bigger than the drainage capacity.

Keywords. *Run-off, SCS CN method, rational method, zero run-off*

Pendahuluan

Alih fungsi lahan yang semakin meningkat menyebabkan semakin berkurangnya Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan berkurangnya area resapan air khususnya di daerah perkotaan. Hal ini disebabkan oleh pesatnya peningkatan jumlah penduduk di perkotaan yang mengakibatkan semakin meningkatnya kebutuhan ruang dan sumberdaya. Berkurangnya area resapan air akan mempercepat terjadinya aliran permukaan (*run-off*) dan memicu terjadinya banjir (Kodoatie, 2002). Daerah perkotaan yang dekat dengan sungai dapat memicu terjadinya banjir. DAS (Daerah Aliran Sungai) Belik termasuk salah satu DAS yang berada di daerah perkotaan. Banjir berasal dari aliran limpasan yang mengalir melalui sungai atau menjadi genangan. Limpasan air yang mengalir pada permukaan tanah disebabkan oleh tingkat infiltrasi air telah terlampaui, dengan kata lain tanah telah jenuh sehingga air mengalir menjadi limpasan permukaan. Proses hujan menjadi aliran yang sebenarnya terjadi di alam sangat rumit, sehingga sulit untuk disimulasikan seluruh kejadiannya ke dalam sebuah model. Model hujan aliran sederhana, penggunaannya mudah, yang sampai saat ini masih dipergunakan yaitu model Rasional. Model ini berorientasi pada banjir dengan keluaran berupa debit puncak dan penerapan model ini terbatas pada DAS kecil (Subarkah, 1980).

Aliran permukaan (*run off*) adalah bagian dari air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah (Murtiono, 2008). Air hujan yang menjadi *run off* sangat bergantung kepada intensitas hujan, penutupan tanah, dan ada tidaknya hujan yang terjadi sebelumnya (kadar air tanah sebelum terjadinya hujan). Kadar air tanah sebelum terjadinya hujan biasa disebut AMC (*Antecedent Moisture Content*) (Rahim, 2006). Konsep periode ulang seharusnya tidak boleh diartikan bahwa suatu kejadian hujan atau banjir besar dengan periode ulang misalnya 20 tahun akan berlangsung setiap 20 tahun, melainkan apabila kejadian terjadi pada tahun ini, maka probabilitas kejadian tersebut akan terulang lagi tahun depan adalah 5%. Besarnya periode ulang menunjukkan interval tahun rata-rata berlangsungnya kejadian ekstrem dalam kurun waktu yang sangat panjang (Asdak, 2002).

Menurut Asdak (2002) model SCS dikembangkan berdasarkan hasil pengamatan bertahun-tahun yang melibatkan banyak daerah pertanian di Amerika Serikat. Model ini berlaku untuk daerah dengan luas kurang dari 13 km² dengan kemiringan lahan kurang dari 30%. Model SCS berusaha mengaitkan karakteristik DAS seperti tanah, vegetasi, dan tataguna lahan dengan CN yang menunjukkan potensi volume aliran permukaan untuk curah hujan tertentu. Metode SCS-CN dikembangkan Victor Mockus tahun 1950. Hidrograf ini menggunakan fungsi hidrograf tanpa dimensi untuk menyediakan bentuk standar hidrograf satuan. Dan juga koordinat hidrograf ini telah ditabelkan, sehingga mempersingkat waktu untuk perhitungan hidrograf dengan rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$t_l = \frac{L^{0.8} (2540 - 22.86 CN)^{0.7}}{14.104 CN^{0.7} 5^{0.5}} \quad (1)$$

$$t_p = \frac{t_r}{2} + t_l \quad (2)$$

Dan untuk persamaan debit puncak:

$$Q_p = 2.08 A/tp \quad (3)$$

(Ponce, 1989)

Asdak (2002) berpendapat bahwa intensitas hujan terbesar dalam suatu DAS ditentukan dengan memperkirakan waktu konsentrasi dalam suatu DAS tersebut, serta intensitas hujan maksimum untuk periode ulang tertentu dan untuk lama waktu hujan sama dengan waktu konsentrasi.

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah semakin singkat hujan berlangsung, intensitasnya cenderung semakin tinggi dan semakin besar periode ulangnya, semakin tinggipula intensitasnya. Dalam perhitungan intensitas curah hujan, metode yang digunakan adalah Metode Mononobe, dengan persamaan berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (4)$$

(Suripin, 2003)

Metode rasional banyak digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan deras pada daerah tangkapan (DAS) kecil. Suatu DAS disebut DAS kecil apabila distribusi hujan dapat dianggap seragam dalam suatu ruang dan waktu dan biasanya durasi hujan melebihi waktu konsentrasi (Triatmodjo, 2008).

Metode rasional dalam menentukan laju puncak aliran permukaan (debit puncak) mempertimbangkan waktu konsentrasi, yaitu waktu yang dibutuhkan air yang mengalir di permukaan tanah dari tempat yang terjauh sampai tempat keluarnya (*outlet*) di suatu daerah aliran (Arsyad 2010).

Persamaan dalam menghitung debit puncak dengan model rasional (United State Soil Conservation Service 1987) adalah sebagai berikut (Asdak 2002; Arsyad 2010):

$$Q_p = 0,278 CIA \quad (5)$$

Koefisien pengaliran adalah persentase jumlah air yang dapat mengalir melalui permukaan tanah dari keseluruhan air hujan yang jatuh pada suatu daerah. Semakin kedap suatu permukaan tanah, maka semakin tinggi nilai koefisien pengalirannya (C).

$$C = \frac{\sum C_n A_n}{A_{total}} \quad (6)$$

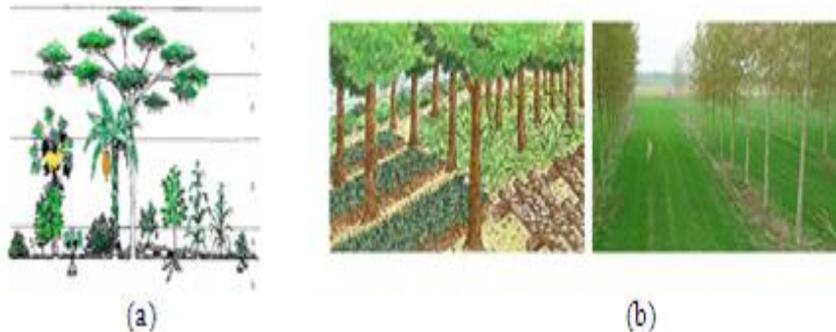
(Kamiana, 2010).

Menurut Rahim (2006), koefisien pengaliran merupakan kombinasi dari tiga faktor, yaitu topografi, penggunaan lahan, dan tekstur tanah. Nilai C umumnya sudah diklasifikasikan berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah ada.

Agroforestri

Daerah perkotaan yang padat akan memiliki tingkat kerentanan terhadap banjir yang besar, sehingga diperlukan upaya untuk mengurangi dan mengendalikan banjir yang terdapat di daerah perkotaan. Salah satu konsepnya yaitu Agroforestri dan Konsep *Zero Run-off*. Agroforestri dikenal dengan istilah Wanatani yaitu menanam pohon di lahan pertanian. Sistem ini telah

dipraktikkan oleh petani di berbagai tempat di Indonesia selama berabad-abad. Menurut De Foresta et al (1997), agroforestri dapat dikelompokkan menjadi dua sistem yaitu *system agroforestry* sederhana dan *system agroforestry* kompleks. Sistem agroforestri sederhana yaitu menanam pepohonan secara tumpang sari dengan satu atau beberapa jenis tanaman semusim. Jenis-jenis pohon yang ditanam bisa bernilai ekonomi tinggi misalnya kelapa, karet, cengkeh, dan jati. Sistem agroforestri kompleks merupakan suatu sistem pertanian menetap yang berisi banyak jenis tanaman yang ditanam dan dirawat dengan pola tanam dan ekosistem menyerupai hutan. Dalam sistem ini tercakup beraneka ragam jenis komponen seperti pepohonan, perdu, tanaman musiman, dan rerumputan dalam jumlah yang banyak.



Gambar 1. Agroforestri Perkebunan (a); Agroforestri Area Sawah dan Hutan (b)

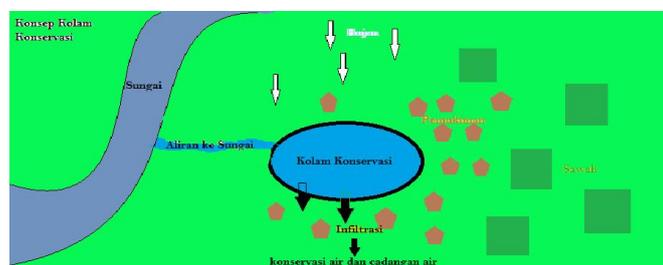
Zero Run-off

Berdasarkan Pergub DKI Jakarta No. 43 Tahun 2013 tentang Pelayanan Rekomendasi Peil Lantai Bangunan pasal 1 ayat 16, yang dimaksud dengan zero delta Q (*run off*) adalah: “Kebijakan prinsip keharusan agar tiap bangunan tidak boleh mengakibatkan bertambahnya debit air ke sistem saluran drainase atau sistem aliran sungai”.

Artinya debit air akibat pembangunan (*run off* tambahan akibat pembangunan) harus ditahan sehingga tambahan debit (ΔQ) nya adalah nol. Hal ini diupayakan dengan membuat 3 komponen utama, yaitu:

- 1) Sistem Penampungan Air Hujan (SPA) / Rain Water Tank (RWT),
- 2) Kolam resapan/ kolam konservasi
- 3) Sumur resapan.

Kolam konservasi adalah kolam-kolam yang ada di daerah perkotaan, pemukiman, pertanian, dan daerah Perkebunan (Maryono, 2005). Desain kolam konservasi disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kolam Konservasi di daerah permukiman

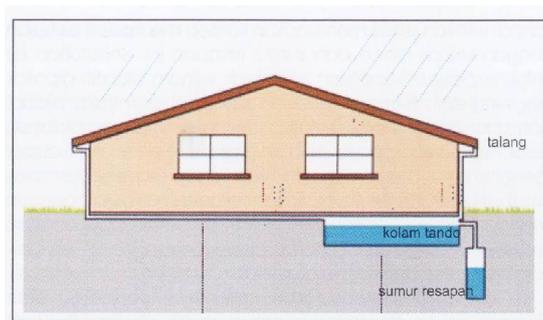
Kolam pengumpul air hujan (PAH) merupakan kolam atau wadah yang dipergunakan untuk menampung air hujan yang jatuh di atas bangunan (rumah, gedung perkantoran, atau industri) yang disalurkan melalui talang. Berikut adalah Gambar PAH yang disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Penampungan Air Hujan
(Sumber: Maryono, 2006)

Terdapat 2 manfaat dari kolam tampungan air hujan yang digabungkan dengan penampungan air hujan yaitu:

1. Menampung air larian
2. Menyimpan air untuk musim kemarau dan bisa dimanfaatkan



Gambar 4. SPAH yang diterapkan di perkotaan

Sumur resapan adalah salah satu prasarana untuk menampung dan meresapkan air hujan. Berbeda dengan cara konvensional dimana air hujan dibuang/dialirkan ke sungai kemudian diteruskan ke laut. Sumur resapan ini merupakan sumur kosong dengan kapasitas tampung yang cukup besar sebelum air meresap ke dalam tanah. Dengan adanya tampungan, maka air hujan mempunyai cukup waktu untuk meresap ke dalam tanah. Berikut adalah gambar sumur resapan pada Gambar 5.



Gambar 5. Sumur Resapan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui debit banjir pada salah satu saluran Sungai Belik, membandingkan nilai debit menggunakan metode Rasional dan metode debit SCS-CN yang memiliki parameter tersendiri di tiap metode yang perlu diuji keakuratannya pada saluran yang dikaji, dan rencana penerapan konsep *zero run-off* dan agroforestri dalam upaya mengurangi banjir di daerah perkotaan.

Metodologi

Penelitian dilakukan di saluran Sungai Belik. Metode penelitian ini dibagi menjadi 3 tahap yaitu pra survei, tahap survei dan tahap pengolahan data.

1. Pra Lapangan
 - Kajian Pustaka
 - Interpretasi sub-DAS Belik melalui Citra dan Peta RBI
 - Pembuatan Peta Sub-DAS Belik
 - Pembuatan Peta Tentatif Penggunaan Lahan Sub-DAS Belik
2. Lapangan
 - Pengukuran debit metode *slope area method*
 - Pengamatan Penggunaan Lahan Lapangan
 - Pengamatan kondisi Daerah sekitar sub DAS Belik
 - Data Curah Hujan (Sekunder)
3. Pengelolaan Data
 - Perhitungan debit puncak Sub DAS Belik dengan 2 metode:
 1. Rational Method
 2. SCS CN Method
 - Analisis mengenai konsep Zero Runoff dan Agroforestri berdasarkan peta penggunaan lahan Sub DAS Belik
 1. Sistem penampungan air hujan (SPAH) / *Rain Water Tank* (RWT),
 2. Kolam resapan
 3. Sumur resapan.
 4. Agroforestri

Perhitungan yang dilakukan:

Metode Rasional

Berdasarkan curah hujan dan Penggunaan Lahan.

Limpasan Maksimum.

$$Q = 0,278 C.I.A$$

Ket:

Q: Debit aliran permukaan (m^3/s)

C: Koefisien aliran

I: Intensitas Hujan (mm/jam)

A: Luas daerah drainase (m^2)

Waktu Konsentrasi (Tc)

Persamaan yang umum digunakan ialah yang dikembangkan oleh Kupich:

$$T_c = 0.0195L^{0.77}S^{-0.385}$$

Ket:

Tc: waktu konsentrasi (menit)

L: panjang maksimum aliran (m)

S: Beda tinggi titik pengamatan dengan lokasi terjauh saluran dibagi panjang saluran.

- Koefisien Aliran

$$C = C_1A_1 + C_2A_2 + C_3A_3 + \dots + C_nA_n / A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n$$

Ket:

C: Koefisien aliran

Cn: Koefisien aliran pada masing-masing penggunaan lahan

An: Luas lahan dengan jenis penggunaan lahan

Intensitas Hujan

Curah hujan yang digunakan dalam perhitungan ini berupa curah hujan tahunan yang didapatkan dari data sekunder. Data curah hujan yang digunakan yaitu selama 10 tahun dari tahun 1989- 1998.

Hasil dan Pembahasan

Lokasi penelitian dilakukan di selatan Kota Yogyakarta tepatnya di Desa Tamanan Kecamatan Banguntapan Kabupaten Bantul. Panjang saluran drainase adalah 85,725 m dengan penggunaan lahan dominan berupa sawah irigasi dengan tekstur tanah geluh berpasir. Saluran drainase dimanfaatkan sebagai sumber air untuk pengairan sawah artinya saluran drainase tersebut diambil dari Sungai Belik dan outletnya juga berakhir di Sungai Belik.

Perhitungan debit puncak di lokasi kajian tersebut menggunakan metode hidrograf SCS-CN dan menggunakan metode rasional untuk periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, dan 20 tahun. Perhitungan debit puncak setiap metode disajikan dalam tabel sebagai berikut:

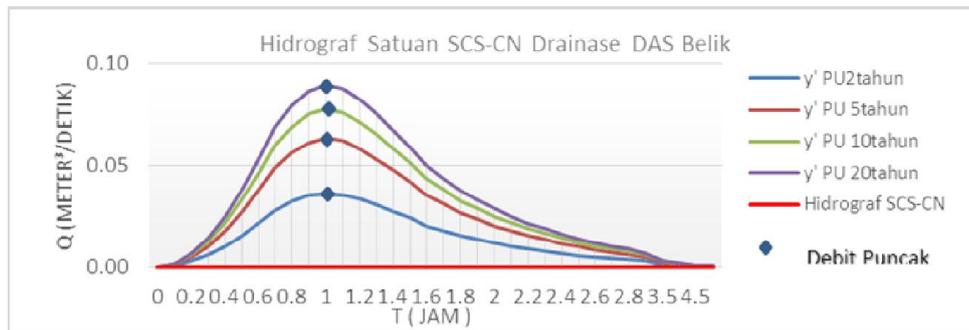
a. Metode Hidrograf SCS-CN

| Drainase | Luas (m ²) A | Tekstur Tanah | Kelas SCS Tanah | Penggunaan Lahan | CN (II) | CN (III) | CN x A |
|----------|-----------------------------|---------------|-----------------|------------------|---------|----------|-------------|
| 1 | 21000 | Geluh Pasiran | B | Sawah Irigasi | 75 | 87 | 1834177,125 |

| | CN | L (meter) | S (derajat) | tl (jam) | tp (jam) | Qp (m ³ /s) |
|----------|----|-----------|-------------|----------|------------|------------------------|
| Drainase | 87 | 85,725 | 0,002 | 18,8842 | 19,3842027 | 0,000217202 |

(Hasil analisis, 2015)

Berikut ditampilkan hidrograf satuan pada kala ulang 2, 5, 10, dan 20 tahun pada Gambar 6.



Gambar 6. Hidrograf SCS-CN Drainase DAS Belik
Sumber: Hasil analisis, 2015

b. Metode Rasional

| | | |
|------------------|------|----------------------|
| Penggunaan Lahan | C | A (km ²) |
| Sawah irigasi | 0,75 | 0,021000000 |

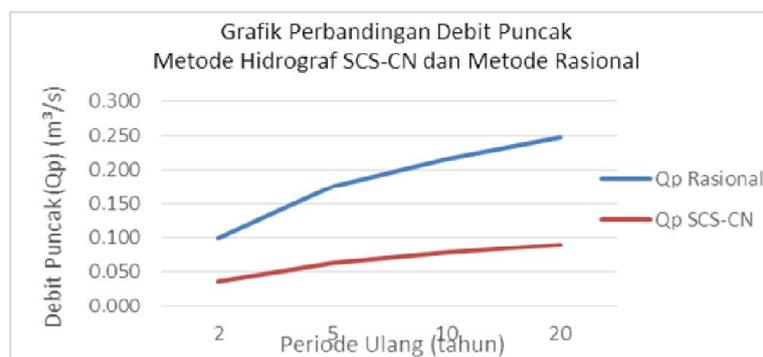
| | | | |
|---------------|-----------|------------|----------|
| Periode Ulang | I Rainbow | I Mononobe | Qp |
| 2 | 166,6 | 22,9075 | 0,1003 |
| 5 | 291,8 | 40,1225 | 0,175676 |
| 10 | 357,2 | 49,115 | 0,21505 |
| 20 | 411,3 | 56,55375 | 0,247621 |

Tabel Perbandingan Nilai Debit Puncak (Qp)
 Metode SCS-CN dan Metode Rasional

| | | |
|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Periode Ulang (PU) | Qp Rasional (m ³ /s) | Qp SCS-CN (m ³ /s) |
| 2 | 0,100 | 0,036 |
| 5 | 0,176 | 0,063 |
| 10 | 0,215 | 0,078 |
| 20 | 0,248 | 0,089 |

Sumber: Hasil analisis, 2015

Berikut perbandingan antara hidrograf metode SCS- CN dan metode rasional, pada Gambar 7.

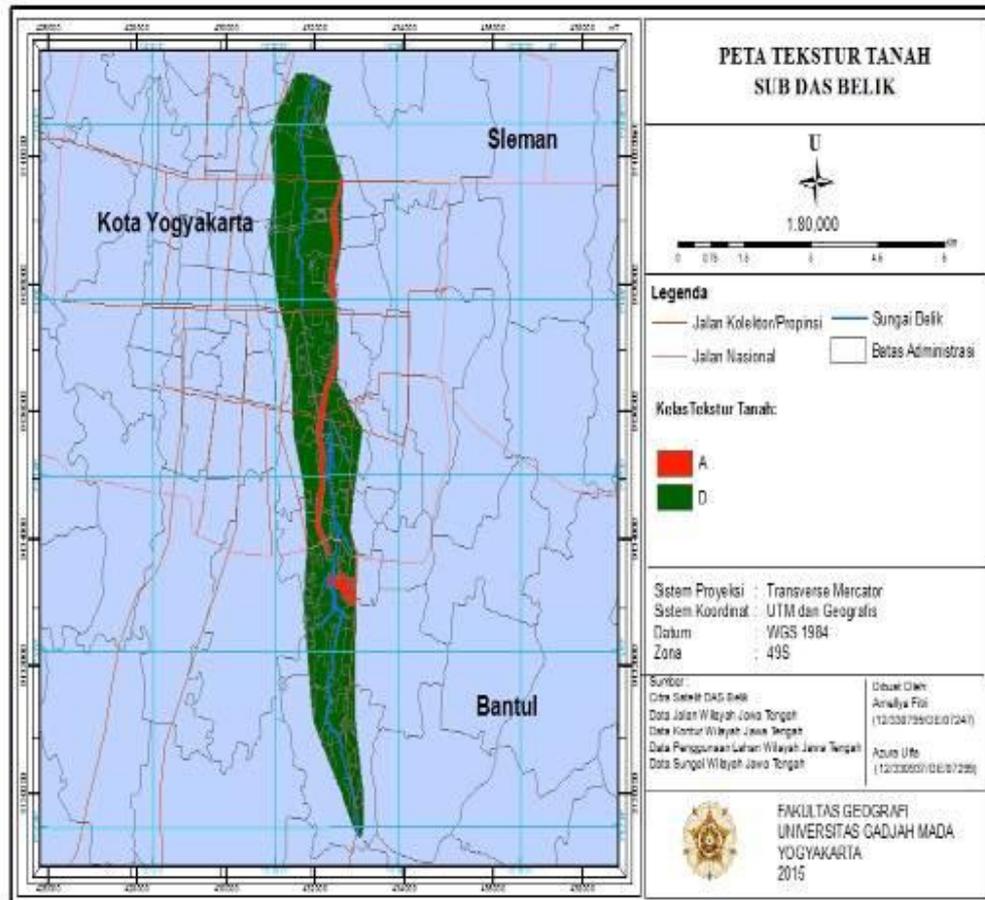


Gambar 7. Grafik Perbandingan Debit Puncak Metode SCS-CN dan Metode Rasional
Sumber: Hasil analisis, 2015

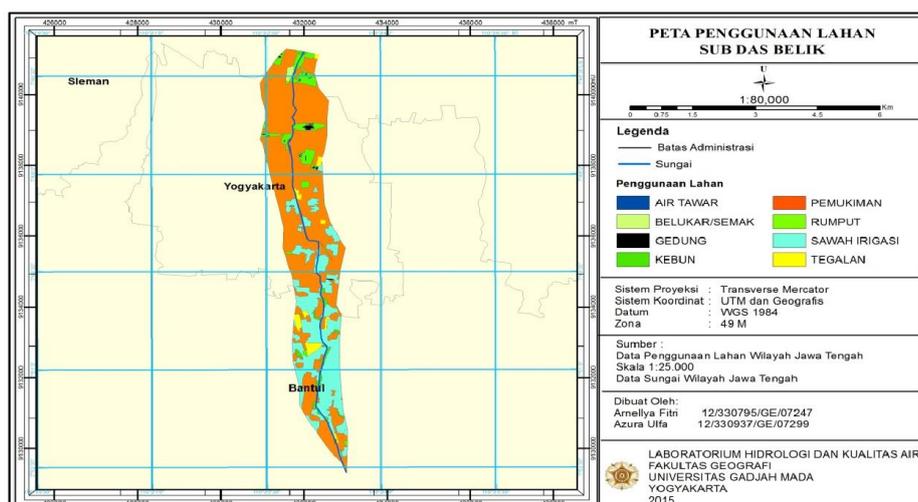
Besar debit puncak dari setiap metode menunjukkan perbedaan secara tegas dengan selisih besar nilai debit puncak berkisar puluhan hingga ratusan liter per detik. Perbedaan hasil diakibatkan oleh parameter dan lokasi pengembangan masing-masing metode. Metode SCS-CN dikembangkan di Amerika Serikat yang secara regional beriklim subtropis hingga dingin. Parameter yang digunakan terdiri atas jenis tanah, vegetasi, tata guna lahan dengan CN yang menunjukkan potensi volume aliran permukaan untuk curah hujan tertentu. Sedangkan metode rasional digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan deras pada daerah tangkapan DAS. Artinya sumber air yang berpotensi menjadi debit puncak berasal dari sistem DAS. Metode ini mempertimbangkan waktu konsentrasi yaitu waktu yang dibutuhkan air yang mengalir di permukaan tanah dari tempat masukan air hingga terjauh sampai tempat keluarnya, metode ini cocok diterapkan pada DAS kecil (Triatmodjo, 2008).

Grafik debit puncak metode SCS-CN dan metode rasional menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan dimana nilai debit puncak yang diperoleh dengan metode SCS-CN lebih kecil dibandingkan dengan metode rasional. Hal ini disebabkan oleh penggunaan rumus mononobe dalam hal penetapan nilai Intensitas curah hujan dan juga pengukuran langsung parameter-parameter yang dibutuhkan di lapangan. Hasil perhitungan debit secara langsung diperoleh sebesar 0,0026 m³/s sedangkan berdasarkan perhitungan menggunakan metode SCS-CN dan metode rasional jauh lebih besar. Hal ini berarti bahwa daerah kajian akan mengalami banjir.

Hasil grafik menunjukkan terjadi peningkatan debit puncak untuk periode ulang 2, 5, 10, dan 20 tahun. Hasil ini tidak mempertimbangkan perubahan penggunaan lahan. Peningkatan debit puncak bisa dikurangi dengan menambah daerah resapan air hujan dan mengatasi terjadinya pembangunan pemukiman dan perumahan yang mengakibatkan semakin kecilnya daerah resapan air. Untuk itu perlu dilakukan beberapa konsep yang digunakan untuk mengendalikan banjir genangan di perkotaan yang memiliki sedikit ruang terbuka. Berikut adalah peta Penggunaan lahan dan peta tekstur tanah DAS Belik, Daerah Istimewa Yogyakarta yang disajikan pada Gambar 8 dan Gambar 9.

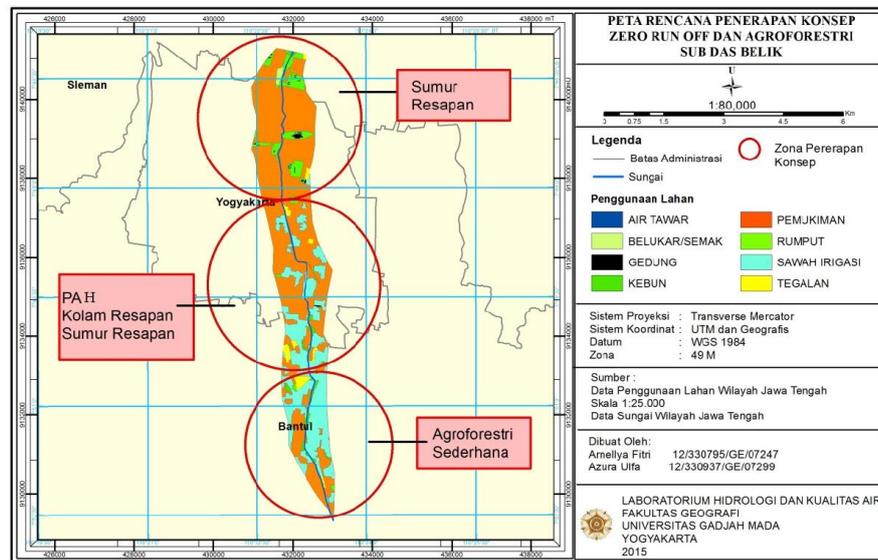


Gambar 8. Peta Tekstur Tanah DAS Belik



Gambar 9. Peta Penggunaan Lahan DAS Belik

Berikut adalah peta rencana penerapan konsep *zero run-off* dan agroforestri pada DAS Belik yang disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Peta Rencana Penerapan Konsep di DAS Belik

Tekstur tanah sangat berpengaruh terhadap tingkat infiltrasi tanah. Tekstur tanah pasiran memiliki sifat mudah meloloskan air, yang disebabkan oleh pori-pori tanah yang besar, sehingga saat diberikan hujan air akan mudah terinfiltrasi ke dalam tanah. Namun, ketika kemampuan tanah menyerap air terlampaui dan tanah jenuh, maka air akan bergerak secara horisontal menjadi aliran permukaan (*run-off*). Sebaliknya, jika tekstur tanah lempung maka kemampuan tanah dalam meloloskan air kecil sehingga *run-off* terjadi lebih besar daripada infiltrasi. Peranan penggunaan lahan dalam parameter terjadinya banjir berkaitan dengan luasan area yang digunakan di atas permukaan tanah dan peruntukannya. Besar kecilnya infiltrasi sangat ditentukan oleh jenis penggunaan lahan. Jenis penggunaan lahan pada Sub DAS Belik merupakan hasil dari data penggunaan lahan RBI skala 1:25.000 tahun 2011.

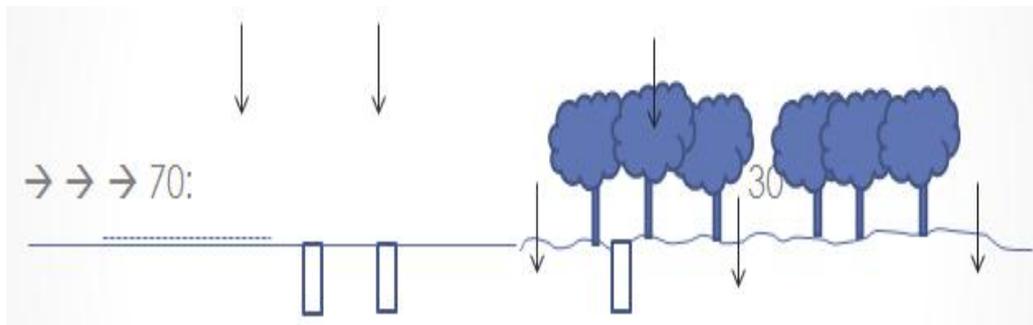
Hasil dari klasifikasi penggunaan lahan (Gambar 9) antara lain permukiman, rumput, sawah irigasi, tegalan, kebun, gedung, semak atau belukar, dan air tawar. Hasil yang diperoleh bahwa untuk daerah hulu sub DAS Belik, banyak terdapat permukiman dan topografinya lebih tinggi dari daerah hilir. Permukiman di daerah hulu yang cukup padat karena termasuk daerah perkotaan sehingga sering terjadi banjir jika curah hujan yang cukup tinggi dan terletak di kota Yogyakarta. Daerah tengah berupa permukiman dan sawah irigasi yang hampir seimbang. Daerah hilir lebih didominasi oleh sawah irigasi dan berada di kabupaten Bantul. Kasus banjir di Sub DAS Belik ini merupakan banjir yang terjadi di daerah hulu dan berada di daerah perkotaan. Untuk itu diperlukan rencana penanggulangan yang baik untuk mengurangi banjir di daerah hulu. Berdasarkan analisis bahwa peta rencana penerapan zero run off terbagi menjadi tiga zona. Zona untuk daerah hilir dapat digunakan penerapan sumur resapan, zona tengah dengan menerapkan PA, kolam resapan dan sumur resapan, sedangkan untuk zona hulu dapat menggunakan *agroforestry* sederhana.

Setelah melakukan kajian terhadap debit sungai di DAS Belik maka dibutuhkan analisis untuk penerapan suatu konsep yang bisa dilakukan di DAS Belik. Suripin (2004) menjelaskan bahwa

dalam perencanaan drainase, bagian air hujan yang menjadi perhatian adalah aliran permukaan *surface run-off*, sedangkan untuk pengendalian banjir tidak hanya aliran permukaan tetapi juga limpasan (*run-off*). Faktor-faktor meteorologi yang berpengaruh pada limpasan terutama adalah karakteristik hujan, seperti intensitas hujan, durasi hujan, dan distribusi curah hujan. Sedangkan karakteristik DTA yang berpengaruh diantaranya adalah luas dan bentuk DTA, topografi, dan tata guna lahan.

Konsep dasar sistem ini pada hakekatnya adalah memberi kesempatan pada air hujan untuk meresap ke dalam tanah dengan cara menampung air tersebut pada suatu sistem resapan. Diperlukan bangunan juga suatu sistem penampungan dan peresapan air hujan dalam proses pembangunan dan pengembangan lahan. Sistem penampungan dan peresapan air hujan merupakan suatu sistem drainase untuk mengurangi aliran permukaan akibat hujan. Beberapa sistem penampungan dan peresapan air hujan diantaranya adalah sumur resapan (berupa sumur resapan individu, kolam resapan dan parit berorak) atau lubang biopori (Ridhoatmaji, 2013). Konsep ideal suatu Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang ada dalam program P2KH (Program Pengembangan Kota Hijau) yang dicanangkan oleh Kementerian PU menyatakan bahwa komposisi yang tepat antara *hardscape* dan *softscape* adalah 30 : 70 (Gambar 11).

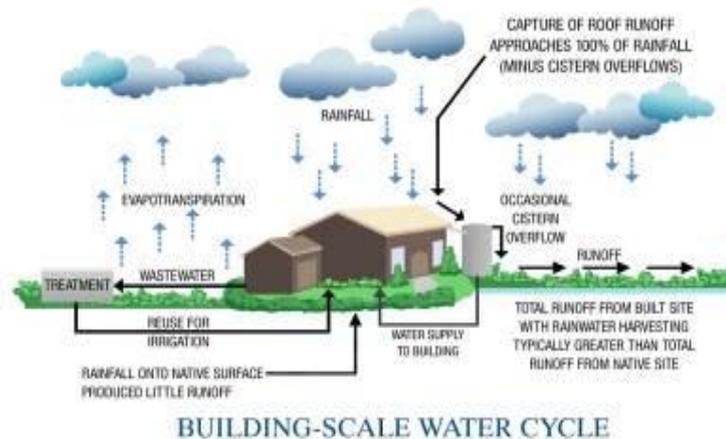
Konsep *zero run off* merupakan salah satu isu utama yakni suatu RTH mampu secara mandiri menyerap air buangan tanpa mengalirkannya ke luar *site*. Dengan persentase 30 : 70 diharapkan area-area *softscape* mampu menyerap air dengan efektif. Peningkatan efektifitas penyerapan air bisa dibantu dengan biopori dan sumur resapan. Di sisi lain *hardscape*-nya itu sendiri disarankan memakai material dengan *zero run-off*, artinya material yang secara mandiri mampu menyerap air tanpa mengalirkan ke area lain. Contoh material yang diharapkan mampu berfungsi sebagai material dengan *zero run-off* adalah seperti *paving block* dan *grassblock*.



Gambar 11. *Hardscape* dan *softscape* 30 : 70

Model simulasi *zero runoff system* dibuat berdasarkan analisis kesetimbangan air. Simulasi ZROS perlu dilakukan untuk mengetahui perubahan kadar air tanah di lokasi penelitian tanpa perlakuan penampungan dan peresapan air hujan (rorak dan saluran pengumpul). Parameter yang digunakan sebagai input yaitu aliran permukaan (Q_r), curah hujan (P) dan evapotranspirasi (E_{Tc}). Perhitungan aliran permukaan menggunakan metode SCS Curve Number. Pada simulasi ini, penentuan nilai koefisien limpasan CN dihitung menggunakan sistem komposit. Lokasi penelitian memiliki lima jenis tutupan lahan yang berbeda dengan luas lahan yang berbeda pula. Dengan sistem komposit, nilai CN yang diperoleh lebih akurat dan representatif. *Run-off* dihitung secara harian dengan *input* berupa CN dan curah hujan (P). Syarat terjadinya *run-off* menurut metode SCS-CN yaitu curah hujan melebihi 20% dari nilai S (kondisi tutupan lahan berdasarkan nilai CN (Wirasembada, 2014).

Secara umum tiga komponen *zero run-off* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 12.

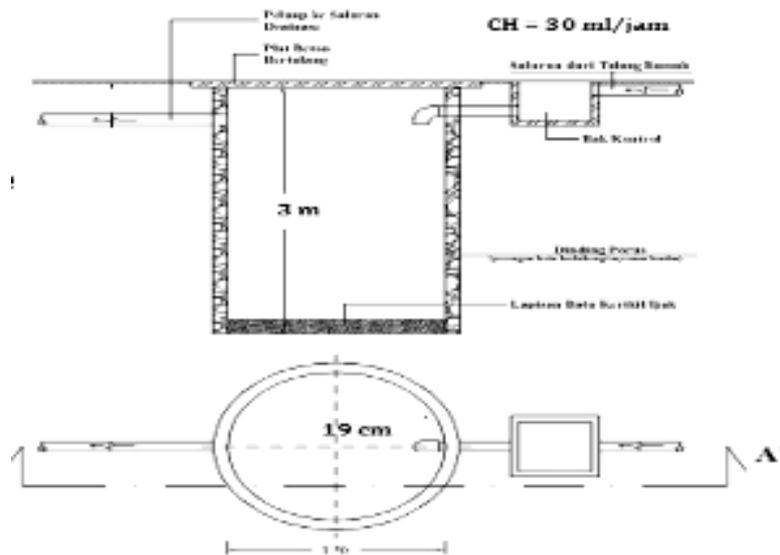


Gambar 12. Komponen Zero run-off

Zero run-off merupakan salah-satu konsep dalam upaya mengendalikan banjir yang diakibatkan oleh air hujan dan *run-off*. Konsep *zero run off* sudah pernah diterapkan di DKI Jakarta dalam upaya mengendalikan banjir di daerah hilir DKI Jakarta. Untuk DAS Belik, kriteria sumur resapan yang direncanakan adalah sebagai berikut:

1. Setiap luas bangunan 50 m² memiliki 1 sumur resapan dengan kedalaman 3 m dan dengan diameter 90 cm. Sumur resapan ini di disain untuk curah hujan 30 ml/jam dengan asumsi, ketika curah hujan kurang dari 30 ml/jam, maka air akan sepenuhnya masuk dan meresap ke dalam tanah sehingga tersimpan menjadi air tanah.
2. Sumur resapan dilengkapi dengan filter untuk mencegah pencemaran air tanah. Filter bisa berupa tanaman-tanaman organik.
3. Biopori baik untuk peresapan air atau mempercepat infiltrasi air, namun kurang cocok untuk mengendalikan banjir. Hal yang lebih efisien yaitu dengan membangun embung, waduk, atau situ. Pembangunan embung sudah pernah dilaksanakan dalam upaya mengendalikan banjir di Kota Yogyakarta.
4. Pembuatan kolam retensi di halaman yang masih terdapat tanah. Kolam retensi bisa berupa taman atau ledoan untuk jalur masuknya air ke dalam tanah
5. Membuat area resapan dengan agroforestri sederhana, dimana setiap rumah memiliki taman yang ditanami tanaman bertingkat sehingga akan membantu dalam upaya menahan laju aliran air permukaan.

Konstruksi sumur resapan dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Model sumur resapan berdasarkan analisis, 2015

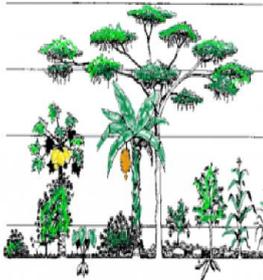
Setiap 50 m² bangunan memiliki 1 sumur resapan. Sumur resapan bisa dilengkapi dengan filter yang berfungsi sebagai penyaring bahan pencemar yang berpotensi mencemari air tanah. Salah satu filter yaitu tanaman-tanaman yang bisa menyerap bahan pencemar dan batuan-batuan yang bisa menahan sampah dan bahan pencemar. Kedalaman sumur 3 m (Kedalaman muka air tanah) dan efektivitas sumur resapan dengan diameter sumur 19 cm.

Agroforestri yaitu sistem pertanaman campuran antara tanaman semusim dengan tanaman tahunan berkayu (pohon), dalam suatu tapak yang sama (Suprayogi et. al, 2013). Penerapan agroforestri cocok dilakukan pada daerah yang tidak memiliki cukup ruang untuk ditanami pohon atau ruang terbuka hijau. Prinsip dari agroforestri adalah menghaikan humus yang berasal dari tanaman sehingga menghasilkan tanah yang memiliki tingkat kesuburan yang baik. Tanah memiliki pori-pori yang baik sehingga membantu dalam proses infiltrasi air, sehingga dapat mengurangi *run-off*.

Penerapan konsep *Zero Run off* dan agroforestri di Sub DAS Belik dilakukan dengan melihat berdasarkan penggunaan lahan, jarak dengan sungai, dan kondisi luas daerah RTH

1. Penggunaan lahan permukiman padat tanpa RTH diterapkan *Zero run-off* dengan komponen PAH dan sumur resapan
2. Penggunaan lahan Permukiman dengan sedikit halaman di sekitar rumah menggunakan *zero run-off* dengan komponen PAH, sumur resapan, kolam resapan, dan kolam penampungan air hujan di bawah tanah
3. Penggunaan lahan pemukiman dengan halaman cukup luas diterapkan kolam sumur resapan, kolam konservasi, dan agroforestri sederhana
4. Pertanian dan perkebunan diterapkan agroforestri sederhana.

Agroforestri sederhana dapat membantu dalam mengurangi limpasan permukaan. Beberapa syarat penerapan konsep agroforestri:

| Metode | Peran atau fungsi | Syarat | Gambar |
|------------------------|--|--|---|
| Agroforestri sederhana | <p>Agroforestri yaitu sistem pertanaman campuran antara tanaman semusim dengan tanaman tahunan berkayu (pohon), dalam suatu tapak yang sama dan dapat dikombinasikan dengan kegiatan peternakan, atau perikanan. Menanam pohon secara tumpang sari dengan satu atau beberapa jenis tanaman semusim (karet, kelapa, cengkeh, jati, kaliandra). Jenis tanaman semusim (padi, jagung, palawija, sayur-mayur, pisang, dan kakao)</p> <p>Fungsi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Memelihara dan mempertahankan kualitas air 2. Mengatur jumlah air dalam kawasan 3. Menyeimbangkan jumlah air dan sedimentasi dalam kawasan DAS (widiyanto <i>et al.</i>, 2003) 4. Menjaga kemantapan dan kontinuitas ruang pori sehingga infiltrasi lebih cepat 5. Mempertahankan dan meningkatkan ketersediaan air dalam lapisan perakaran (Suprayogi <i>et al.</i>, 2013) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Lahan kritis atau sangat kritis 2. Areal di luar kawasan hutan 3. Penggunaan lahan semak, tegalan, atau tanah terbuka kosong 4. Kemiringan lereng >8% |  |

Upaya pembuatan komponen-komponen *Zero run-off* dan Agroforestri adalah salah satu bentuk mitigasi terhadap bencana banjir genangan yang lebih besar pada daerah sekitar kali Belik khususnya di Kota Yogyakarta. Upaya untuk mengendalikan dan mengurangi banjir di perkotaan tidak hanya dengan menggunakan konsep yang telah ada, namun upaya untuk mengurangi alih fungsi lahan menjadi lahan terbangun harus dikendalikan guna untuk melindungi ekosistem dan siklus hidrologi dalam sebuah DAS. Pembagian zonasi mempertimbangkan penggunaan lahan yang ada di daerah Sub DAS Belik dan mempertimbangkan konsep yang bisa diterapkan disana.

Kesimpulan

Penerapan konsep *zero run-off* dan *agroforestry* dipertimbangkan setelah pembuktian kajian debit banjir di DAS Belik. Penerapan konsep *zero-run off* yang direncanakan di sub DAS Belik yaitu dengan membangun sumur resapan dangkal. Sumur resapan dangkal berupa sumur resapan individu tidak dapat diterapkan di setiap rumah yang ada, melainkan hanya di beberapa rumah yang memiliki lahan pekarangan yang cukup luas. Untuk kolam resapan dapat dibangun di sepanjang saluran drainase utama. Sistem resapan lainnya yaitu berupa lubang resapan biopori yang dapat menjadi salah satu pilihan alternatif dalam mengurangi genangan karena konstruksinya yang sangat sederhana dan tidak memerlukan banyak biaya. Penerapan konsep *zero-run off* di Sub DAS Belik akan cukup efektif dalam upaya mengendalikan banjir di Kota Yogyakarta. Pengelolaan limpasan seharusnya tidak hanya dilakukan di daerah hilir aja, namun juga di daerah hulu. Dengan demikian penanggulangan banjir yang sering terjadi di daerah perkotaan Sub DAS Belik dapat lebih efektif.

Daftar Pustaka

- Arsyad, Sitanala (2010) *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.
- Asdak, Chay (1995) *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kamiana, I. M (2010) *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kodoatie, R.J., dan Sugiyanto (2002) *Banjir Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya Dalam Perspektif Lingkungan*. Semarang: Pustaka Pelajar.
- Kodoatie, Robert J., dan R. Sjarief (2010) *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Kusuma, M. S.B., D. K. Natakusumah, D. Harlan, B. M. Ginting (2011) Application of Finite Volume Method in Modeling the Flood Propagation Generated by Dam-Break on the Non-Uniformly Building Layout. Paper Presented at the 3rd *International Conference on Construction Industry*, in Padang. Colloboration between University of Bung Hatta and Universiti Teknologi Malaysia.
- Li, Simons & Associates (1982) *Engineering Analysis of Fluvial System*. Fort Collins, CO: Simons Li & Associates
- Maryono, A (2005) *Menangani Banjir, Kekeringan, dan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Maryono, A. dan E. N. Santoso (2006) *Metode Memanen dan Memanfaatkan Air Hujan untuk Penyediaan Air Bersih, Mencegah Banjir dan Kekeringan*. Jakarta: Kementerian Negara Lingkungan Hidup
- Murtiono, U. H (2008) Model Estimasi Volume Limpasan Permukaan, Debit Puncak Aliran, dan Erosi Tanah dengan Model Soil Conservation Service (SCS) Rasional dan Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE), Studi Kasus di DAS Keduang, Wonogiri. *Forum Geografi*, 22 (2), 169-185.
- Ponce, V. M (1989) *Engineering Hidrology: Principles and Practice*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Ridhoatmaji, D (2013) *Analisis dan Desain Bangunan Hidrolika dengan Konsep Zero Runoff di Perumahan Taman Sari Persada, Bogor*. Tugas Akhir Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Saleh C (2011) Kajian Penanggulangan Limpasan Permukaan dengan Menggunakan Sumur Resapan (Studi Kasus di Daerah Perumnas Made Kabupaten Lamongan). *J Med Tek Sip* 9(2):116-124
- Setiabudi B (2009) Pencegahan Banjir dan Penurunan Muka Air Tanah Dengan Sumur Resapan. *METANA* 6(1):9-15.
- Subarkah, I (1980) *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma.
- Suprayogi, Slamet, Setyawan Purnama, dan Darmakusuma Darmanto (2013) *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- Suripin (2004) *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- Triatmodjo, B (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wirasembada, Y. C.(2014) *Analisis Efektivitas Zero Runoff System pada Lahan Miring di DAS Cidanau, Banten*. Tesis Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.