

DRAINASE BERKELANJUTAN UNTUK KONSERVASI AIR DENGAN MEMPERTIMBANGKAN *LIFE-CYCLE COST*

Ratih Indri Hapsari¹⁾, Rossy Rachmawati Kusuma Putri²⁾, dan Agus Suhardono³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta 9, Malang 65141
E-mail: ratih@polinema.ac.id

Abstract

The drainage paradigm has switched from removing the stormwater quickly to the sustainable design that allows the water conservation by cost-effective solutions. In this study the evaluation of sustainable drainage system in built-up area in north-west Malang of Indonesia is presented. The drainage facilities for water conservation systems include retention pond and bio-absorption holes in addition to drainage channels. The decision is made under the criteria with respect to reduced runoff, infiltrated water, and extension of flood time concentration that is brought to the life cycle cost of the constructions. From the analysis, it can be concluded that the proposed drainage system feasible in terms of hydrological and financial value with reduced runoff, extension of rising limb, and benefit-cost ratio of 0.322 m³/s, 16.71 minute, and 1.39 respectively.

Keywords: Sustainable drainage, conservation, life cycle cost

Abstrak

Paradigma drainase telah beralih dari menghilangkan air hujan dengan cepat ke desain berkelanjutan yang memungkinkan konservasi air dengan solusi hemat biaya. Dalam studi ini disajikan evaluasi sistem drainase berkelanjutan di daerah terbangun di barat laut Malang Indonesia. Fasilitas drainase untuk sistem konservasi air meliputi kolam retensi dan lubang resapan hayati di samping saluran drainase. Keputusan dibuat berdasarkan kriteria yang berkaitan dengan pengurangan limpasan, air yang menyusup, dan perpanjangan konsentrasi waktu banjir yang dibawa ke biaya siklus hidup konstruksi. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa sistem drainase yang diusulkan layak secara hidrologi dan finansial dengan penurunan limpasan, perpanjangan tungkai, dan rasio manfaat-biaya masing-masing sebesar 0,322 m³ / s, 16,71 menit, dan 1,39.

Kata Kunci: Drainase berkelanjutan, konservasi air, Life Cycle Cost

PENDAHULUAN

Selama ini, konsep drainase konvensional menimbulkan masalah lain yaitu berkurangnya air tanah dikarenakan air tidak diresapkan ke dalam tanah. Air merupakan komponen terpenting didalam kehidupan makhluk hidup. Pada dasarnya semakin banyak penduduk di suatu wilayah, maka kebutuhan air akan semakin meningkat. Dimana peningkatan pemanfaatan air ini, biasanya berbanding terbalik dengan produksi air yang dihasilkan. Hal ini akan berdampak pada area konservasi air atau tangkapan air. Semakin sedikit area konservasi, maka semakin sedikit air yang diresapkan ke dalam tanah dan juga semakin banyak air yang dilimpaskan ke permukaan tanah.

Drainase berkelanjutan dilakukan dengan cara meminimalisasi air limpasan dan menyimpannya sebanyak mungkin ke dalam pori-pori tanah (Zhou, 2004). Biopori merupakan resapan air dengan membuat lubang pada tanah dan mengisinya dengan sampah organik (Brata dan Nelistya, 2008). Kekurangan biopori yaitu lubang yang telah dibuat cenderung tidak mampu menampung banyaknya jumlah air. Kolam retensi adalah cekungan yang dapat menampung atau meresapkan air sementara. Kolam retensi tidak hanya digunakan untuk pengendalian banjir, namun digunakan pula sebagai sarana pariwisata air dan konservasi air. Namun kelemahannya adalah konstruksi ini membutuhkan biaya yang besar.

Kelurahan Tlogomas di Kota Malang memiliki tata guna lahan yang sebagian besar merupakan lahan terbangun seluas 1.254.156,83 m² dengan rincian tanah seluas 553.789 m² digunakan untuk perumahan, sarana dan jalan sedangkan sisanya merupakan lahan tidak terbangun yang berupa sawah, makam, ruang terbuka hijau dan tanah kosong. Pada beberapa lokasi sering terjadi genangan seperti pada RW 6 dan 8. Sistem drainase perkotaan berkelanjutan merupakan salah satu konsep yang cocok diterapkan pada proses pengembangan kawasan padat penduduk. Dimana limpasan pada musim hujan akan diupayakan untuk dikendalikan dan dimanfaatkan kembali se-optimum mungkin dengan cara meresapkan kembali ke dalam tanah.

Sanitya dan Burhanudin (2013) meneliti tentang penentuan lokasi dan jumlah lubang resapan biopori di kawasan DAS Cikapundung bagian tengah. Hasil dari penelitian ini menyimpulkan bahwa hampir seluruh kawasan yang berada di DAS Cikapundung Tengah kepadatan bangunannya berkisar 60-90% dan diperlukan biopori sebanyak 945.446. Yudianto dan Roy (2009) dan Florince dkk. (2016) meneliti tentang pemanfaatan kolam retensi dan sumur resapan pada sistem drainase kawasan padat penduduk. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa saluran drainase keadaan eksisting tidak lagi memadai untuk menerima beban limpasan hujan sehingga diperlukan kolam retensi untuk menurunkan debit banjir.

Sehubungan dengan latar belakang di atas, perlu dilakukan kajian penerapan fasilitas drainase berkelanjutan untuk konservasi air di Kelurahan Tlogomas Kota Malang dengan kajian berdasarkan aspek hidrologis dan *life cycle cost*. Diharapkan hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi pengambil kebijakan di Kota Malang untuk pengendalian banjir sekaligus konservasi air.

METODE PENELITIAN

Studi penelitian data perencanaan dilakukan di Malang, yaitu di Kelurahan Tlogomas Kecamatan Lowokwaru. Kelurahan Tlogomas terletak di sebelah utara Kota Malang, tepatnya berbatasan dengan Kabupaten Malang. Kelurahan Tlogomas mempunyai luas 1.807.945,83 m². Data yang dibutuhkan adalah laju resap air di tanah yang didapat melalui pengujian. Hasilnya ditunjukkan di Tabel 1. Data sekunder yang diperlukan adalah peta topografi dan peta Daerah Aliran Sungai, data hujan harian, peta tata guna lahan, jumlah penduduk, tarif air, dan data hasil pengujian tanah.



Gambar 1. Peta lokasi daerah studi (PWKUB, 2017)

Tabel 1
 Hasil pengujian laju resapan air

No	Tanggal Pengujian	LRB KE -	Dimensi		Volume Resapan Air	Waktu resapan (menit)
			Diameter (cm)	Panjang (cm)		
1	23-Jul-17	1	10	± 80	1,5	147
		2	10	± 80	1,5	174
		3	10	± 80	1,5	183
2	24-Jul-17	1	10	± 80	1,5	35
		2	10	± 80	1,5	38
		3	10	± 80	1,5	40

Daerah studi berada di lokasi berskala sedang dengan luas 180,79 ha sehingga kala ulang yang digunakan adalah 5 tahun. Curah hujan rancangan dianalisis dengan metode Log Pearson Tipe 3 (Soemarto, 1987). Waktu konsentrasi dan intensitas hujan dikaji dengan metode Kirpich dan Mononobe. Debit banjir rancangan dengan kala ulang 5 tahun dianalisis dengan Metode Rasional (Suripin, 2003) dengan rumus:

$$t_c = t_0 + t_d$$

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

$$Q = C.I.A$$

Dimana \bar{x} adalah rata-rata curah hujan harian maksimum (mm/hari), S deviasi standar (mm/hari), G konstanta, t_c waktu konsentrasi (jam), I intensitas hujan (mm/jam), R_{24} curah hujan rancangan (mm/hari), C koefisien pengaliran, dan A luas DTA (m^2).

Fasilitas drainase berwawasan lingkungan yang diterapkan adalah biopori dan kolam retensi. Jumlah biopori dapat dihitung dari data-data yang sudah ada dengan menggunakan rumus (Brata dan Nelistya, 2008):

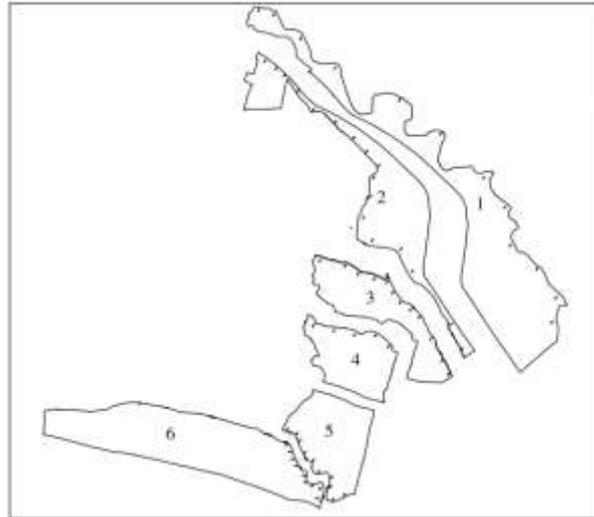
$$n = \frac{I \times L}{v} \quad Q = \frac{LRA}{3600}$$

Dimana n adalah jumlah lubang resapan biopori, I intensitas hujan terbesar dalam 10 tahun (mm/jam), L luas bidang kedap air (m^2), V laju peresapan air rata-rata per lubang (liter/jam), dan Q debit (liter/detik). Kapasitas kolam retensi adalah besarnya daya tampung kolam, terhadap debit air hujan yang berada di dalamnya. Untuk mengetahui debit yang mampu ditampung dalam kolam, maka dilakukan perhitungan debit banjir dan dari perhitungan tersebut dibuat hidrograph aliran air yang dapat ditampung kolam sampai kondisi $Q = 0$.

Sebelum dilakukan perhitungan pengurangan debit drainase, terlebih dahulu dilakukan perhitungan debit limpasan, kemudian untuk menentukan pengurangan debit drainase dilakukan pengurangan antara debit air sebelum adanya biopori dengan debit cadangan air tambahan sesudah adanya biopori. Untuk menganalisa perencanaan konservasi air tersebut, parameter yang dibutuhkan untuk perhitungan finansial yaitu nilai rencana anggaran biaya, biaya pemeliharaan, biaya depresiasi, dan biaya manfaat dari biopori dan kolam retensi. Biaya-biaya tersebut harus dibagi oleh nilai suku bunga pada tahun dimana anggaran itu muncul. Manfaat yang diperoleh adalah resapan air yang dapat disetarakan dengan harga air. Ketika setelah semua biaya tersebut sudah dihitung maka langkah selanjutnya yaitu mencari nilai sekarang bersih/*net present value* (NPV) dan *benefit-cost ratio* BCR untuk mencari layak atau tidaknya perencanaan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hujan rancangan dengan kala ulang 5 tahun dari hasil analisis adalah 79,090 mm/hari. Daerah tangkapan air/DTA ditentukan dengan cara membagi Kelurahan



Gambar 2. Peta DTA

Tabel 2
 Debit limpasan

Sub DAS	Lo (m)	Ld (m)	Luasan A (m ²)	C	R (mm/hari)	nd	V	S	to menit	td menit	tc jam	I m/s	Q m ³ /s
1	65,73	1837,19	526.192,56	0,54	79,090	0,284	1,2	0,0027	3,047	25,517	0,476	0,00001	3,5496
2	220,35	1221	298.729,97	0,58	79,090	0,236	1,2	0,0022	3,672	16,958	0,344	0,00002	2,6768
3	183,52	603,36	188.774,45	0,49	79,090	0,354	1,2	0,0080	3,423	8,380	0,197	0,00002	2,0655
4	255,3	311,15	153.563,21	0,54	79,090	0,281	1,2	0,0499	2,988	4,322	0,122	0,00003	2,5814
5	152	384,98	189.383,35	0,57	79,090	0,242	1,2	0,0260	2,823	5,347	0,136	0,00003	3,1196
6	68,79	260,67	418.887,11	0,48	79,090	0,363	1,2	0,0002	4,045	3,620	0,128	0,00003	6,0217

Tlogomas menjadi sub DTA-DTA yang dipisahkan oleh elevasi tertinggi dan terendah. Gambar 2 menunjukkan peta DTA. Perhitungan debit banjir rancangan ditunjukkan dalam Tabel 1.

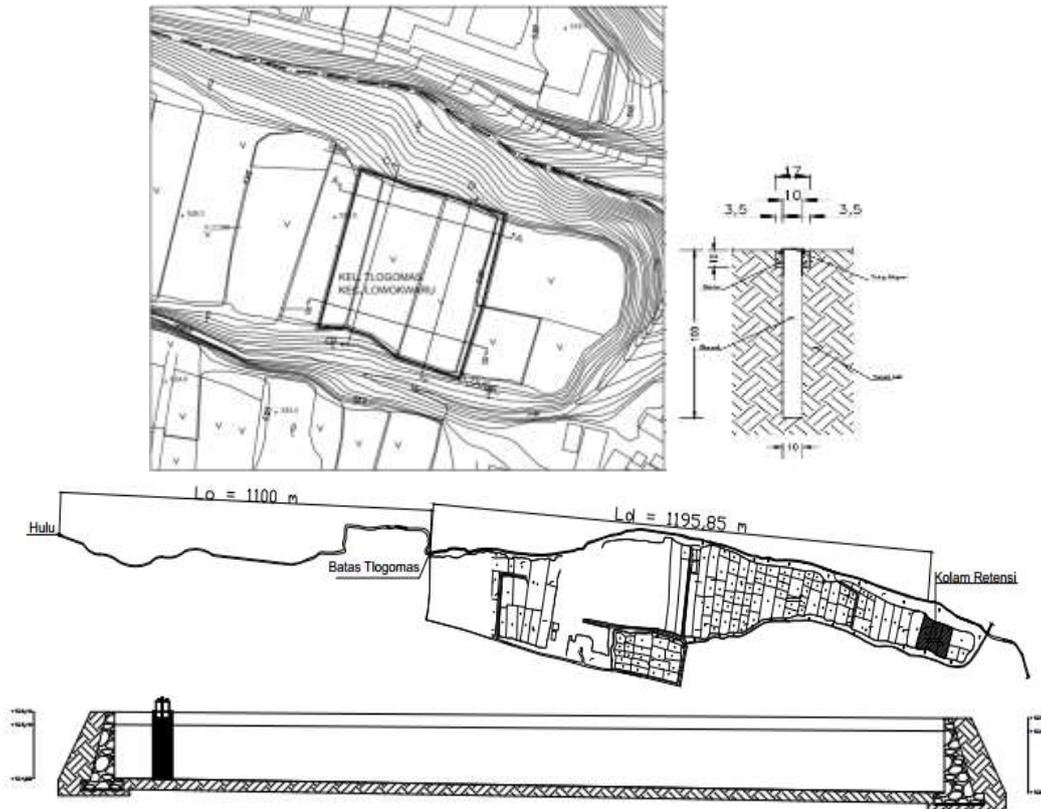
Untuk merencanakan biopori, diperlukan data durasi hujan dominan. Data ini diperoleh dari *JAXA Global Rainfall Watch-GSMAP (Global Satellite Mapping of Precipitation)*. Dikarenakan pada data ini hanya terdapat hasil pengamatan dari tahun 2010 – 2017 maka dalam menentukan intensitas hujan harian digunakan acuan hasil pengamatan tahun 2016 pada hasil *Basic Year 90%* pada stasiun Dau dengan curah hujan 81,8 mm, yang terjadi pada tanggal 10 Desember 2016. Intensitas hujan ditunjukkan pada Gambar 2. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jumlah kebutuhan biopori yang ideal adalah 161.873 unit untuk seluruh kawasan. Debit resapan biopori sama dengan nilai laju resapan air yaitu 7 liter/jam atau $1,9 \cdot 10^{-6}$ m³/detik atau 9.789.919,59 m³/tahun untuk seluruh kawasan.



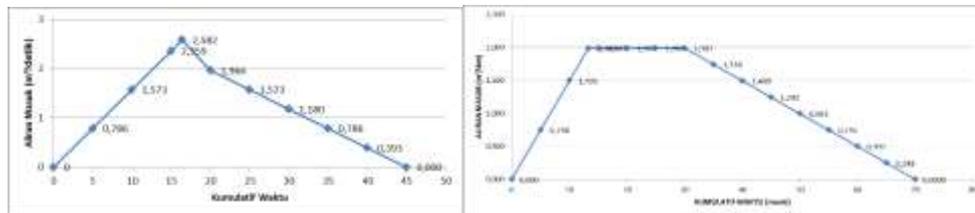
Gambar 3. Grafik Rata-rata Intensitas Hujan

Perencanaan kolam retensi ini akan di bangun pada bagian sub DAS 6, dengan luas daerah *catchment area* = 418.887,11 m². Lokasi ini terletak pada koordinat 7°56'17.6"S 112°35'46.6"E dengan elevasi pada ketinggian 324 – 320. Lokasi kolam ini merupakan lahan pertanian, sehingga cocok digunakan sebagai lokasi kolam. Hulu lokasi tersebut terletak sepanjang ± 1,1 km dari batas kelurahan Tlogomas. Daerah tangkapan air seluas 418.887,11 m² untuk kolam sebagaimana pada Gambar 4 memberikan kontribusi debit inflow sebesar 2,582 m³/detik. Dari simulasi muka air kolam, diperoleh kapasitas rencana kolam adalah 11.253,72 m³. Dengan luas penampang kolam sebesar 3.751,24 m² dan laju infiltrasi sebesar 0,000002 m³/detik, maka debit resapan per tahunnya adalah luas penampang dikalikan laju infiltrasi yaitu 226.874,927 m³/tahun.

Kelayakan pembangunan biopori dan kolam retensi di kelurahan Tlogomas berdasarkan data arus manfaat yang diperoleh dan arus biaya yang dikeluarkan selama 30 tahun. Nilai manfaat diperoleh dari nilai manfaat biopori dan kolam retensi yang diambil dari debit air yang meresap ke dalam tanah yaitu sebesar 27.194,221 m³/hari untuk biopori dan 630,208 m³/hari untuk kolam retensi dikalikan dengan 50% tarif dari harga air bersih PDAM Kota Malang sebesar Rp 2700,00/m³. Pengali 50 % diasumsikan sebagai persentase air yang meresap tersebut merupakan air yang masih akan masuk kedalam tanah dan melewati proses yang panjang untuk menjadi cadangan air tanah. Rincian manfaat dan biaya adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Desain biopori dan kolam retensi



Gambar 5. Simulasi kolam

- Biaya investasi Rp 17.527.834.980,00
- Biaya operasional dan pemeliharaan Rp 2.435.245.476,00
- Biaya depresiasi Rp. 1.822.006.007,36
- Pendapatan dari volume air yang merresap Rp 13.522.672.603,00

Hasil analisis finansial menunjukkan bahwa NPV, PBP, dan BCR untuk tingkat suku bunga 7.16% adalah Rp 36.057.407.927,20, 4,66 tahun, dan 4,66 berturut-turut. Nilai ini mengatakan bahwa pembangunan biopori dan kolam retensi di kelurahan Tlogomas tersebut layak. Kesimpulannya ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3
Kelayakan Teknis dan Finansial

Kriteria	Nilai
Debit limpasan awal	20,015 m ³ /dt
Debit resapan	0,322 m ³ /dt
Debit setelah ada drainase berkelanjutan	19,693 m ³ /dt
Waktu konsentrasi awal	13,29 menit
Waktu konsentrasi setelah ada kolam retensi	30 menit
Penundaan waktu konsentrasi banjir	16,71 menit
NPV	Rp 36.057.407.928,00
BCR	1,39

SIMPULAN

Kajian kelayakan teknis pembangunan fasilitas drainase berupa sumur resapan dan biopori di kelurahan Tlogomas menunjukkan bahwa fasilitas ini layak dengan debit resap sebesar 19.693 m³/detik. Secara finansial, hasilnya menunjukkan kelayakan dengan NPV, PBP, dan BCR untuk tingkat suku bunga 7.16% adalah Rp 36.057.407.927,20, 4,66 tahun, dan 4,66 berturut-turut. Untuk pengembangan penelitian sebaiknya nilai parameter tanah yang dipakai dalam perhitungan harus diuji langsung pada lokasi itu, supaya hasil yang didapatkan lebih akurat. Sebaiknya debit yang digunakan dalam perhitungan dimensi kolam retensi digunakan debit yang minimum dan untuk perhitungan trial and error dicoba untuk beberapa kali Tc sehingga dimensi yang didapatkan tidak terlalu besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Brata K. dan Nelistya, A. (2008). *Lubang resapan biopori*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Florince, F., Arifiani, N., dan Adha, I. (2016). Studi kolam retensi sebagai upaya pengendalian banjir Sungai Way Simpung Kelurahan Palapa Kecamatan Tanjung Karang Pusat. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 3(3), 507-520.
- Juliandari, M. (2013). Efektivitas lubang resapan biopori terhadap laju infiltrasi di Desa Amboyo. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1.
- Sanitya, R.S. dan Burhanudin, H. (2013). Penentuan lokasi dan jumlah lubang resapan biopori di Kawasan DAS Cikapundung bagian tengah. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 13(1), 1-14.
- Soemarto, C.D. (1995). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Suripin. (2004). *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Yudianto, D. dan Roy, A.F.V. (2009). Pemanfaatan kolam retensi dan sumur resapan pada sistem drainase kawasan padat penduduk. *Jurnal Teknik Sipil Maranatha*, 103-121.
- Zhou, Q. (2004). A review of sustainable urban drainage systems considering the climate change and urbanization impacts. *Water*, 6, 976-992.