

Model Rain Garden Untuk Penanggulangan Limpasan Air Hujan di Wilayah Perkotaan

by Rony Riduan

Submission date: 16-Jan-2019 10:10AM (UTC+0700)

Submission ID: 1064649873

File name: Untuk_Penangulangan_Limpasan_Air_Hujan_di_Wilayah_Perkotaan.pdf (543.37K)

Word count: 5150

Character count: 29898

MODEL RAIN GARDEN UNTUK PENANGGULANGAN LIMPASAN AIR HUJAN DI WILAYAH PERKOTAAN

Nova Annisa¹, Rony Riduan² dan Hafizh Prasetya³

1. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani Km.37, Banjarbaru, Kode Pos 70714, Indonesia
2. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani Km.37, Banjarbaru, Kode Pos 70714, Indonesia
3. Program Doktor Ilmu Lingkungan, Universitas Brawijaya, Jl. MT. Haryono 169, Malang, Kode Pos 65145, Indonesia

E-mail: aiyuvasha@unlam.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan kota di Indonesia sangat pesat, dan ditandai dengan peningkatan dibidang infrastruktur. Adanya pembangunan itu, mengubah kota menjadi bentuk formal dan kaku. Ruang terbuka hijau semakin berkurang dan banyak digantikan dengan bangunan beton. Adanya curah hujan yang tinggi mengakibatkan tidak terkontrolnya jumlah limpahan air hujan. Akibatnya banjir besar yang kerap kali terjadi. Salah satu solusi yang dapat dipertimbangkan untuk mengatasi permasalahan banjir yang tergolong sederhana namun manfaatnya sangat bisa dirasakan adalah dengan menggunakan rain garden.

Kata kunci: Rain garden, limpasan air hujan, pembangunan kota

ABSTRACT

The development of the town in Indonesia is very rapid, and is characterized by an increase in the infrastructure sector. The existence of the development, transform the city into a formal and rigid shape. Diminishing green space and many were replaced with concrete buildings. The presence of high rainfall resulting in uncontrolled amount of rain water runoff. As a result, major flooding that often occurs. One solution may be considered to address the flooding problems that the benefits are relatively simple but can be felt is to use rain garden.

Keywords: Rain garden, rain water runoff, urban development

1. PENDAHULUAN

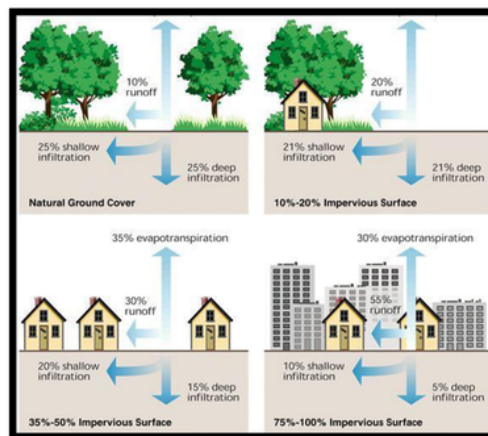
Latar Belakang

Pesatnya kegiatan pembangunan sarana dan prasarana fisik di beberapa wilayah kota metropolitan di Indonesia yang diikuti dengan kegiatan industri, transportasi, kontruksi, perdagangan, dan pusat-pusat perkantoran menimbulkan dampak kepada lingkungan. Adanya pembangunan tersebut cenderung

menurunkan kualitas lingkungan hidup, yang akan merugikan dan menurunkan kesejahteraan umat manusia sendiri. Ruang terbuka hijau menjadi berkurang dan digantikan dengan lingkungan beton, yang kaku dan serba keras. Akibatnya tidak tersedianya lagi daerah resapan air di wilayah kota tersebut (Darsono, 2007; Soemarno. 2010; Halief, dkk, 2011).

Ketika hujan jatuh di daerah yang alamnya adalah lahan yang ditutupi pepohonan, alang-alang dan rumput pada daerah hutan atau perkebunan maka hujan tersebut pada awalnya relatif hanya membasahi dedaunan (*canopy storage*) dan setelah itu ranting pohon yang mulai dibasahi kemudian cabang serta batang pohon (*stemflow*). Air akan mengalir terus membasahi dedaunan kering yang telah jatuh, kemudian membasahi rerumputan. Setelah semua relatif sudah basah baru permukaan tanahnya mulai dibasahi. Setelah tanah mulai basah kemudian meresap ke dalam tanah sampai menjadi jenuh air tanahnya maka aliran atau limpasan air permukaan (RO) mulai terjadi. Pada saatnya resapan atau infiltrasi tetap terjadi dan/atau perkolasi juga mulai terjadi. Memang tentunya ada curah hujan yang langsung ke tanah dari daun jatuh ke tanah (*throughfall*). Sebagian yang tersimpan di dedaunan (*canopy storage capacity*) akan menguap sebagai air yang hilang (*interception loss*). Apabila hujan berhenti maka aliran permukaan tanah (RO) tidak terjadi tapi kalau hujan masih berlangsung maka RO akan terjadi dan mengalir secara perlahan ke sungai.

Apabila lahan yang sama diganti dengan perumahan maka hujan yang sama akan jatuh langsung ke permukaan atap rumah lalu mengalir ke talang dan dari talang langsung masuk ke saluran drainase rumah kemudian langsung mengalir ke drainase perkotaan atau jalan dan akan langsung menuju anak sungai atau sungai. Hujan yang langsung jatuh ke perkerasan beton di halaman rumah atau perkerasan jalan (aspal atau beton) akan langsung mengalir ke saluran drainase dan langsung ke sungai. Jadi prosesnya sangat cepat dari langit, ke atap, dan ke sistem drainase dan masuk ke sistem sungai. Dengan demikian maka aliran yang masuk ke saluran dan/atau sungai relatif jauh lebih banyak dan lebih cepat (Kemur, 2011).



Gambar 1. Meningkatnya *Runoff* karena Perubahan Penggunaan Lahan (Kemur, 2011)

Sebenarnya yang menjadi persoalan adalah kualitas aliran permukaan juga berubah akibat berkurangnya daerah resapan dan akumulasi dari *urban residu* dan sebagainya (Chisholm, 2008; Li et al, 2013). Aliran air permukaan akan mendapat pengotoran selama pengalirannya misalnya oleh

lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri kota dan sebagainya. Pengotoran air ini akan berbeda-beda sesuai daerah yang dilewatinya, jenis-jenis pengotornya merupakan pengotoran fisik, kimia dan bakteriologi (Sutrisno, 2004). Selain pada kualitas aliran permukaan penurunan kualitas terjadi juga pada kualitas air tanah. Hasil penyelidikan Balai Lingkungan Geologi Tahun 2006 di Cekungan Air Tanah (CAT) Karanganyar – Boyolali menunjukkan bahwa kualitas air tanah mengalami penurunan yang ditandai dengan naiknya kegramaman atau daya hantar listrik (DHL) air tanah (Sulaeman, 2014). Pada penelitian⁴ lainnya, konsentrasi pencemar pada limpasan air hujan di wilayah perkotaan mengandung sebanyak 35 mg/L–1500 mg/L total suspended solid (TSS), 1 mg/L–4 mg/L total nitrogen, 0.6 mg/L–3 mg/L total phosphorus, and 50 µg/L–1000 µg/L logam berat (seperti Cu, Pb, and Zn) (Davis *et al*, 2009; Roy-Poirier *et al*, 2010). Kehadiran herbisida, seperti glyphosate (N-hosphonomethyl)glycine) pada limpasan perkotaan juga sudah banyak yang melaporkan (Carlisle dan Trevors, 1988; Bucheli *et al*, 1998; Huang *et al*, 2004; Wilson dan Boman, 2011). Herbisida jenis ini banyak digunakan untuk mengendalikan berbagai spesies rumput, herba berdaun lebar, dan gulma yang mengganggu taman.

⁸ *Rain garden* dapat menjadi salah satu alternatif dan terbukti bisa mengatasi masalah zat-zat berbahaya itu (Coffman, 2000; Billow, 2002). Teknologi *rain garden* ini memanfaatkan tumbuhan sebagai komponen utamanya. Ada sekitar 46 jenis tanaman yang dapat dipakai dalam sistem *rain garden*. Tanaman tersebut sangat bervariasi, mulai dari tanaman air, dan bukan tanaman air, serta yang tergolong dalam rerumputan (Billow, 2002; Hausken *et al*, 2013). Pemilihan jenis tanaman pun dapat menentukan efisiensi *rain garden*. Beberapa hasil studi melaporkan bahwa penggunaan *rain garden* untuk menangani pencemaran bahan organik dan logam berat. Menurut Yang, *et al* (2013), *rain garden* sangat efektif dalam menghilangkan nitrat (91%), fosfat (99%), atrazine (90%), dicamba (92%), glifosat (99%), dan 2,4-d (90%). Berdasarkan dari penelitian Chisholm (2008) yang telah dilakukan, bahwa *rain garden* sangat cocok bila dikembangkan dalam lingkungan perkotaan.

Untuk meningkatkan⁴ removal nitrogen di *rain garden*, maka zona jenuh air (daerah yang terendam air) dibuat dalam sistem *rain garden* tersebut (Kim *et al*, 2003; Hsieh dan Davis, 2005; Dietz dan Clausen, 2005; Zhang *et al*, 2011). Zona jenuh air ini dibuat dengan menyiapkan pipa saluran pembuangan memiliki elevasi yang lebih tinggi dari yang biasanya. Desain ini memungkinkan terjadinya proses denitrifikasi jika waktu kontak tidak mencukupi untuk melakukan removal bahan pencemar nitrogen tersebut. *Rain garden* dengan sistem dua tahapan adalah hal baru yang sedang dikembangkan. Konsep ini menggunakan urutan jenuh air (kondisi anaerob) ke tak jenuh air (kondisi aerob). Oleh karena itu, penelitian tentang model *rain garden* sebagai salah satu cara untuk mengatasi air hujan yang melimpah dan menurunkan polutan berbahaya sangat menarik untuk dilakukan.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dirumuskan permasalahan terkait penelitian dan analisis dalam penelitian ini meliputi:

1. Bagaimana seleksi tanaman untuk dijadikan *rain garden*?
2. Bagaimanakah kemampuan *rain garden* dalam menurunkan polutan ?

Dasar Teori

a. *Rain garden*

Rain garden adalah sebuah hamparan alami seperti sebuah taman, yang terdiri dari kombinasi tanah, serasah daun, dan tanaman. *Rain garden* disebut juga sebagai daerah bioretensi, dimana di desain untuk menampung sementara air hujan, melakukan penyaringan, dan membantu proses infiltrasi dan evaporasi (Bannerman, 2003; Bell *et al*, 2005; Giacalone, 2008; Hinman, 2007; Hinman, 2013).

Rain garden dirancang untuk mengalirkan limpasan cepat dengan melakukan infiltrasi yang dipercepat. *Rain garden* dibuat dalam skala rumah tangga, tidak ada rekayasa alam, dan menggunakan tanah asli (Dietz & Clausen, 2005; Dietz, 2011). Menggunakan tanaman spesies asli daerah setempat yang mengandung unsur estetika, dan membantu proses penyerapan dengan adanya zona perakaran aktif melalui makro pori. *Rain garden* tidak hanya memperindah suatu daerah, tetapi mempunyai manfaat yang besar bagi lingkungan.

Untuk membuat *rain garden* melibatkan beberapa hal, antara lain: siklus hidrologi, tata letak, konservasi sumberdaya, penciptaan habitat buatan, siklus nutrisi, sifat kimia tanah, hortikultura, desain permukaan, dan ekologi (Hinman, 2007; Santisi, 2011; Hinman, 2013). Walaupun terdengar sangat kompleks, tetapi *rain garden* sangat mudah dalam aplikasi dan perawatannya. *Rain garden* dapat dibentuk sesuai dengan lingkungan rumah yang dimiliki.

1 Prinsip low impact development (LID)

Low impact development (LID) adalah suatu konsep pengelolaan air hujan secara lokal dan ramah lingkungan. Konsep ini sekarang sedang berkembang di beberapa negara di dunia. LID dikembangkan dengan tujuan untuk mempertahankan lingkungan dari kerusakan akibat perkembangan kota yang sangat pesat. Sistem ini berbeda dengan sistem konvensional, yang dibangun untuk mengumpulkan, mengalirkan dan membuang air hujan yang berlebih dengan waktu secepat mungkin. LID dikembangkan dengan memanfaatkan teknologi murah namun dapat mempertahankan kelestarian lingkungan.

Teknologi LID dirancang untuk mengontrol polusi air limpasan permukaan, mengurangi volume, memperpanjang waktu pengaliran, dan menyelesaikan masalah-masalah yang berkaitan dengan ekologi. Dengan kata lain, LID merupakan salah satu upaya untuk mengkonservasi air.

LID menerapkan prinsip pengelolaan secara terintegrasi, yang dikombinasikan dengan sistem drainase lokal. Ada beberapa macam usaha untuk pengelolaan air hujan yang digolongkan dalam teknik LID, seperti teknik bioretensi, rain garden, saluran rumput, serta sistem resapan air. Dengan adanya LID, maka akan mempertahankan daya dukung lingkungan, serta mempertahankan ruang terbuka hijau yang diamanatkan oleh Undang-Undang (Coffman, 2000; Darsono, 2007; Halief, dkk, 2011).

3. METODE PENELITIAN

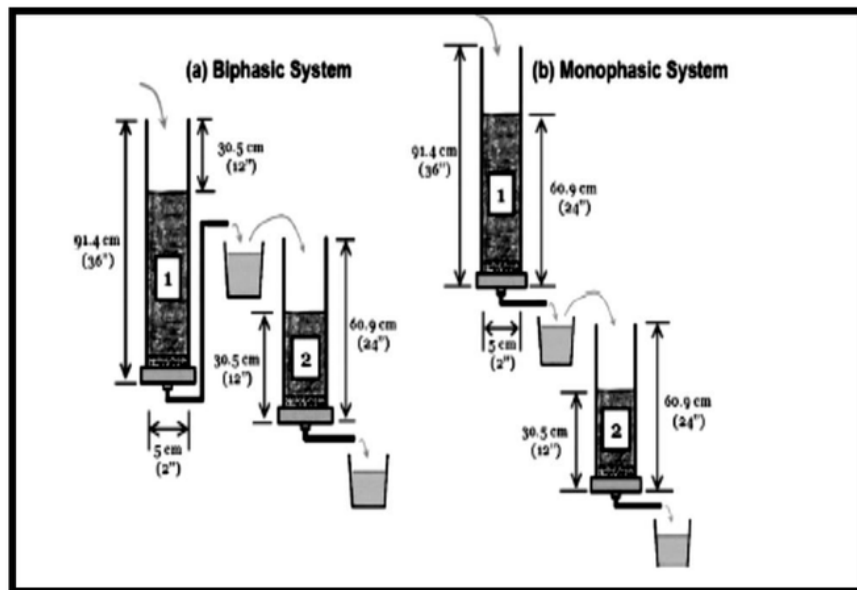
a. Rencana Model Skala Laboratorium

i) Desain kolom dan pengaturannya

Kolom *rain garden* tanpa tanaman dibangun untuk membandingkan kinerja hidrolis dari efisiensi penyisihan bahan pencemar. Desain dibuat dengan membandingkan dua model yang berbeda (lihat Gambar 2). Desain model *rain garden* dimodifikasi dari model yang dikembangkan oleh Yang, *et al* (2010).

Desain pertama berupa model dua fase dengan urutan dari jenuh air, ke tidak jenuh air. Pada model ini dua buah kolom dibuat dari pipa PVC (*polyvinyl klorida*). Kolom 1 dengan panjang pipa 91,4 cm dan diameter 5 cm dan kolom 2 dengan panjang pipa 60,9 cm dan diameter 5 cm (Gambar 2a). Pada kolom 1 diciptakan untuk jenuh air, sehingga saluran pembuangan dibengkokkan ke atas sampai setengah bagian kolom 1. Desain ini bertujuan untuk meningkatkan waktu kontak antara air dengan media tanah. Air yang akan keluar dari pipa tersebut, akan dimasukkan kembali pada kolom 2. Pada kolom dua dibuat pembuangan dengan pendekatan tradisional, yaitu mengalir ke bagian bawah.

Desain kedua dengan menggunakan satu fase, didesain juga dengan menggunakan 2 buah kolom, dimana masing-masing mempunyai pembuangan dengan pendekatan tradisional pada bagian bawahnya (Gambar 2b). Untuk perbandingan langsung dari dua buah model, maka model dua fase akan diaplikasikan pada desain satu fase.



Gambar 2. Perbandingan Dua Buah Desain *Rain Garden* Sistem Kolom

Kedua buah model, diletakan batu sebanyak 200 g (dengan ukuran 3,2-12,7 mm) pada bagian dasar kolom dengan ketinggian 5 cm. Kolom kemudian diisi dengan tanah campuran dari pasir, tanah pucuk, dan kompos (dengan perbandingan 6:2:2 rasio volume). Kandungan pasir campuran akan dianalisis di laboratorium sebelum digunakan dalam percobaan ini untuk melihat karakteristiknya. Kolom pertama akan diisi tanah dengan kedalaman 60,9 cm (24") dan kolom kedua diisi dengan tanah campuran dengan kedalaman 30,5 cm (12").

Sebelum dilakukan percobaan maka terlebih dahulu dilakukan pretreatment terhadap desain, yaitu dengan memasukan satu liter air destilasi pada masing-masing desain. Lakukan pengulangan selama 4 kali untuk kegiatan ini. Air hasil pencucian tersebut akan dianalisis untuk memperkirakan konsentrasi polutannya. Sebelum dilakukan pengujian utama, baik kolom 1 dan 2 arus dikeringkan terlebih dahulu.

Semua eksperimen dilakukan dalam suhu ruangan sekitar 20°C, dengan mengaplikasikan tiga tingkatan polutan. Setiap perlakuan akan disertai dengan kontrol. Polutan dengan konsentrasi rendah dan tinggi akan diaplikasikan pada kedua desain. Polutan yang digunakan adalah polutan hasil simulasi dilaboratorium dengan kandungan kimia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Simulasi Polutan Limpasan Air Hujan Pada Model Kolom

| Parameter | Rumus Kimia | Konsentrasi Rendah (mgL ⁻¹) ^a | | | | Konsentrasi Tinggi (mgL ⁻¹) ^a | | | |
|---------------------------------|--|--|-------|-----|-----|--|-------|-----|-----|
| Nutrisi | Nitrat (NO ₃ -N) | 5 | | | | 50 | | | |
| | Phosphate (PO ₄ -P) | 2 | | | | 20 | | | |
| Herbisida | Glyphosate | 2 | | | | 4 | | | |
| | (C ₃ H ₈ NO ₅ P) | | | | | | | | |
| C/N Rasio ^b (w/w) | | 0:1 | 0,5:1 | 1:1 | 2:1 | 0:1 | 0,5:1 | 1:1 | 2:1 |
| | Glukosa (C ₆ H ₁₂ O ₆) | 0 | 2,5 | 5 | 10 | 0 | 25 | 50 | 100 |

Sumber : Yang, *et al* (2010)

Keterangan:

^a untuk setiap percobaan, sebanyak 1 liter air limpasan hujan telah disiapkan sebelumnya

^b karbon sebagai glukosa, konsentrasi di hitung berdasarkan input konsentrasi dari nitrat

Pada kolom 1 selama 1 jam akan diterapkan aliran sebesar 16,7 ml/menit. Penelitian ini terdiri dari 18 unit eksperimental rain garden (yaitu tiga tingkat polutan, dua desain rain garden dan tiga kali ulangan untuk setiap kombinasi).

Limbah yang berasal dari kolom 1 pada masing-masing desain dikumpulkan dan diukur volumenya setiap 30 menit selama dua jam. Setelah air buangan di kolom satu tidak ada lagi, maka diukur volume akhir dari air pada kolom satu tersebut. Sisihkan sebanyak 3% dengan memasukkannya kedalam botol 30 ml untuk dilakukan pengujian. Sisa buangan dari kolom 1 kemudian diterapkan pada kolom kedua selama 5-10 jam dari waktu pengeringan yang telah ditentukan pada kolom 1 pada setiap desain. Total volume limbah dari kolom 2 diukur, dan sampel alikuat diambil. Sampel yang telah dikumpulkan dalam botol sampel dan disimpan pada suhu 4 °C selama 3 hari sampai analisis lebih lanjut.

Glukosa digunakan sebagai sumber C untuk mengevaluasi pengaruh rasio perlakuan C/N pada efisiensi penyisihan polutan. Untuk memperkecil variabel karakter hidrolis akibat adanya penambahan kompos pada media tanah, menggunakan perlakuan yang berbeda yaitu hanya menggunakan glukosa.

ii) Metode analisis

pH dan suhu dalam air buangan setiap kolom diukur. Nitrat dan fosfat (nutrisi terlarut) dalam effluent dari setiap kolom diukur di laboratorium. Glyphosate yang terkandung dalam herbisida diukur dengan menggunakan gas kromatografi. Dengan ekstraksi mengikuti metode Yang, *et al* (2010).

Semua analisis statistik dilakukan dengan menggunakan minitab versi 15. Untuk menunjukkan perbedaan setiap perlakuan maka akan diuji dengan menggunakan analisis anova satu arah, dengan menggunakan derajat perbedaan jujur signifikan Tukey pada tingkat alpha 0,05.

b. Rencana Model Skala Lapangan

i) Model *rain garden* dan pengaturannya

Penelitian skala lapangan dilakukan dengan mensimulasikan kuantitas dan kualitas air larian seperti kondisi aslinya. Aliran masuk, dibuat dengan debit 10 liter permenit selama 1 jam. Komposisi simulasi air larian berdasarkan hasil simulasi dari Li, *et al* (2013), dengan kandungan kimia dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Simulasi Kualitas Limpasan Air Hujan

| Polutan | Konsentrasi Target | Bahan Kimia yang digunakan |
|---|--------------------|--|
| TSS | 98,17 mg/L | Silika |
| Fosfor (TP, HPO ₄) | 0,17 mg/L | Na ₂ HPO ₄ |
| Nitrogen (TN, NH ₄ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N) | 1,84 mg/L | 0,15 mg/L NaNO ₂ , 0,15 mg/L NaNO ₃ , 0,77 mg/L NH ₄ Cl |

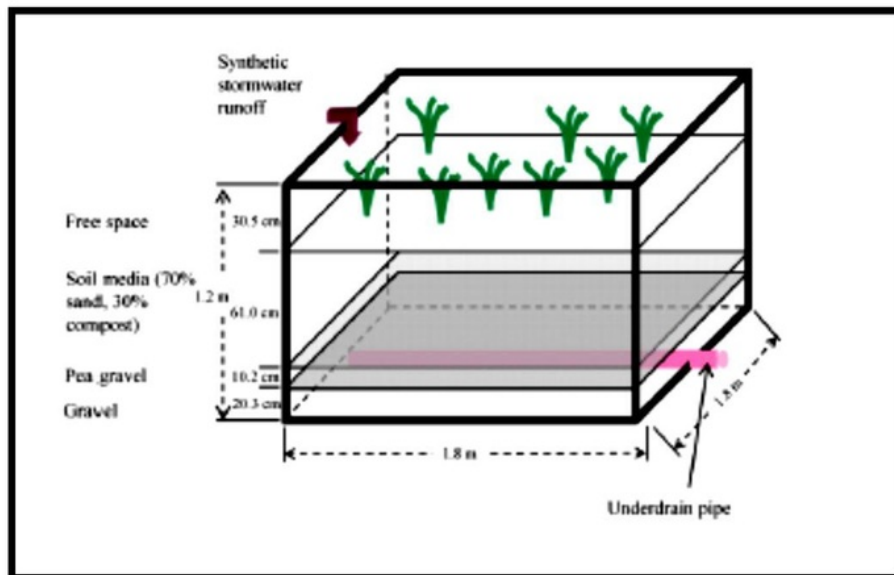
Sumber: Li, *et al* (2013)

Tiga buah *rain garden* dibangun identik sama ukuran, dan komposisi material, tetapi berbeda varietas vegetasinya. Ukuran kotak adalah panjang 1,8 m (6 kaki), lebar 1,8 m (6 kaki), dan 1,2 m (4 kaki). Semua kotak dilapisi dengan lapisan permeable yang kedap air. Pada bagian bawah terdapat pipa PVC dengan diameter 10,2 cm (4 inci) sebagai saluran pembuangan dan untuk pengambilan sampel air. Pipa ini dilapisi dengan lapisan batu kerikil setebal 20,3 cm (8 inci). Setelah itu, terdapat lapisan kerikil kecil seperti kacang polong dengan ketebalan 10,2 cm (4 inci). Setelah lapisan ini adalah lapisan tanah dengan kedalaman 61,0 cm (2 kaki), dan daerah terbuka untuk berfungsi sebagai kolam dengan ketebalan 30,5 cm (1 kaki) (lihat Gambar 3).

Seleksi tanaman untuk di jadikan *rain garden* berdasarkan parameter seperti: laju pertumbuhan, variasi klorofil daun dan laju evapotranspirasi. Tanaman dipilih masing-masing 5 jenis tanaman terbaik dari tiga genus berbeda (semak, herba, dan rumput). Pada setiap kotak, akan ditanam tanaman dari genus yang sama dan dicampur dengan 5 spesies yang berbeda. Jarak tanam antara tanaman yang satu dengan tanaman yang lain adalah 0,2 m. Tanaman yang dipilih berasal dari tanaman lokal maupun tanaman yang umum yang biasa digunakan untuk komposisi taman.

Air dikumpulkan dari pipa pembuangan dengan waktu 30 menit, 60 menit, dan 180 menit setelah simulasi berjalan. Kemudian air didalam kotak diambil lagi setelah 24 jam. Sampel air yang telah dikumpulkan disimpan dalam lemari es dengan suhu 4 derajat Celsius. Sampel dapat bertahan sampai 28 hari sebelum dilakukan analisis di laboratorium.

Sampel tanah diambil sebelum dan sesudah perlakuan. Dengan parameter uji yang sama dengan yang terdapat pada sampel air. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan cara komposit. Penelitian ini terdiri dari 18 unit eksperimental *rain garden* (yaitu tiga tingkat polutan, tiga desain *rain garden* dan dua kali ulangan untuk setiap kombinasi).



Gambar 3. Sketsa Desain *Rain Garden* Skala Lapangan

ii) Metode analisis

Analisis varian (ANOVA) digunakan untuk menentukan perbedaan yang signifikan antara kandungan nutrisi sebelum dan sesudah perlakuan. Uji Duncan digunakan untuk menentukan signifikan perbedaan diantara perlakuan. Pengujian ini dibantu dengan SPSS versi 15.

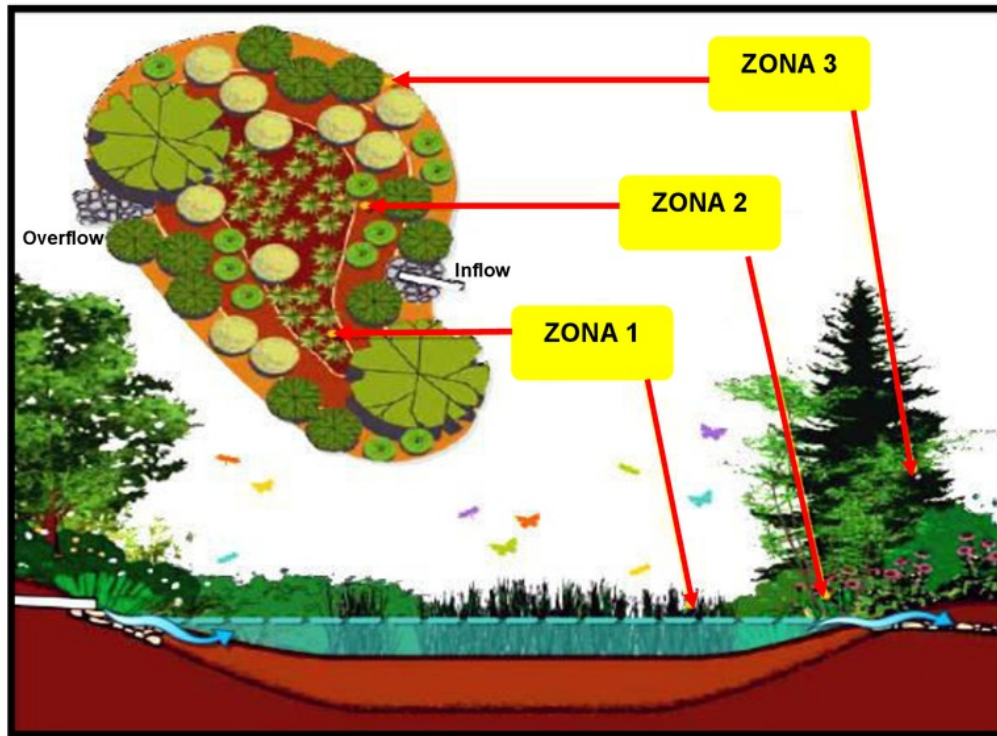
c. Pengukuran Limpasan Air Hujan

Pengukuran limpasan air hujan dilakukan secara deskriptif menggunakan aplikasi online *National Tree Benefit Calculator*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum, *rain garden* memiliki tiga zona tanam, yaitu:

- Zona 1: zona paling rendah dan sebagai daerah genangan air, baik secara berkala ataupun terus menerus. Tanaman di zona 1 harus bisa bertahan terhadap kelebihan air.
- Zona 2: zona ini meliputi daerah lereng, dan secara berkala basah atau jenuh air selama hujan besar. Pada zona ini diperlukan tanaman yang mampu menstabilkan lereng dan mencegah terjadinya erosi.
- Zona 3: zona ini mencakup daerah disekeliling *rain garden*. Pada daerah ini ditandai dengan tanah kering, dan tidak terpengaruh oleh terjadinya genangan. Tanaman di zona ini dipilih tanaman yang tahan terhadap kekeringan (Hinman, 2007; Hinman, 2013). Pembagian zona penanaman tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 4. Zona Tanam Rain Garden (Hinman, 2013)

Tanaman yang ada di *rain garden* perlu dipadukan antara warna bunga, daun, buah dan latar dari *rain garden* tersebut. Pemilihan berdasarkan perpaduan warna dengan kontras, sehingga menimbulkan efek visual yang indah. Dibawah ini (Tabel 3) ada beberapa tanaman yang indah berdasarkan perubahan warna pada setiap musimnya.

Tabel 3. Jenis Tanaman yang Menghasilkan Perubahan Warna Pada Setiap Musimnya

| No | Nama Umum | Nama Latin |
|----|--------------------------|---|
| 1 | Strawberry Tree | <i>Arbutus unedo</i> 'Compacta' |
| 2 | Himalayan Birch | <i>Betula utilis</i> 'Jacquemontii' |
| 3 | Orange New Zealand Sedge | <i>Carex testacea</i> |
| 4 | Cornelian Cherry | <i>Cornus mas</i> |
| 5 | Red-Twig Dogwood | <i>Cornus sericea</i> , <i>Cornus sericea</i> 'Midwinter Fire', <i>Cornus sericea</i> 'Kelseyi' |
| 6 | Blue Oat Grass | <i>Helictotrichon sempervirens</i> |
| 7 | Oregon Grape | <i>Mahonia</i> sp |
| 8 | Pacific Ninebark | <i>Physocarpus opulifolius</i> 'Diablo' |
| 9 | Western Sword Fern | <i>Polystichum munitum</i> |
| 10 | Snowberry | <i>Symphoricarpos albus</i> |
| 11 | Evergreen Huckleberry | <i>Vaccinium ovatum</i> |

Sumber: Hinman, 2013

Dibawah ini ada beberapa jenis tanaman yang dapat mengundang burung kecil, kupu-kupu, lebah, serangga, dan jenis burung lainnya ke dalam lahan *rain garden*.

Tabel 4. Tanaman yang Mengundang Satwa Liar

| No | Nama Umum | Nama Latin |
|----|-----------------------|------------------------------|
| 1 | Western Serviceberry | <i>Amelanchier alnifolia</i> |
| 2 | Red-Twig Dogwood | <i>Cornus sericea</i> |
| 3 | Purple Coneflower | <i>Echinacea</i> sp |
| 4 | Lavender | <i>Lavendula</i> sp |
| 5 | Oregon Grape | <i>Mahonia</i> sp |
| 6 | Mock Orange | <i>Philadelphus lewisii</i> |
| 7 | Pacific Ninebark | <i>Physocarpus capitatus</i> |
| 8 | Cascara | <i>Frangula purshiana</i> |
| 9 | Red-Flowering Currant | <i>Ribes sanguineum</i> |
| 10 | Salmonberry | <i>Rubus spectabilis</i> |
| 11 | Black-Eyed Susan | <i>Rudbeckia</i> sp |
| 12 | Snowberry | <i>Symphoricarpos albus</i> |

Sumber: Hinman, 2013

Dibawah ini adalah kemampuan pepohonan yang dapat menahan limpasan air hujan.

Tabel 5. Kemampuan Pepohonan dalam Menahan Limpasan Air Hujan

| No | Jenis Pohon | | Diameter batang (cm) | Menahan limpasan air hujan (l/tahun) |
|----|--------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|
| | Nama latin | Nama lokal | | |
| 1 | <i>Acacia mangium</i> | Akasia | 78 | 19,871 |
| 2 | <i>Alstonia sp</i> | Alstonia | 58 | 22,551 |
| 3 | <i>Averrhoa bilimbi</i> | Belimbing wuluh | 25 | 4,754 |
| 4 | <i>Casuarina equisetifolia</i> | Cemara udang | 54 | 5,303 |
| 5 | <i>Eugenia aquea</i> | Jambu air | 33 | 5,496 |
| 6 | <i>Ficus benjamina</i> | Beringin | 86 | 41,101 |
| 7 | <i>Gliricidia maculata</i> | Gamal | 99 | 6,525 |
| 8 | <i>Lawsonia inermis</i> | Pacar kuku | 27 | 4,470 |
| 9 | <i>Mangifera indica</i> | Mangga | 32 | 8,145 |
| 10 | <i>Manilkara zapota</i> | Sawo | 25 | 4,754 |
| 11 | <i>Mimusops elengi</i> | Tanjung | 43 | 13,350 |
| 12 | <i>Muntingia calabura</i> | Kersen | 27 | 4,470 |
| 13 | <i>Nephelium lappaceum</i> | Rambutan | 57 | 6,525 |
| 14 | <i>Pericopsis mooniana</i> | Kayu kuku | 29 | 4,470 |
| 15 | <i>Pinus mercurii</i> | Pinus | 60 | 13,020 |
| 16 | <i>Pithecellobium dulce</i> | Asem belanda | 48 | 6,525 |
| 17 | <i>Psidium guajava</i> | Jambu biji | 12 | 1,480 |
| 18 | <i>Pterocarpus indicus</i> | Angsana | 114 | 35,242 |
| 19 | <i>Spondias mombin</i> | Kedondong | 33 | 5,496 |
| 20 | <i>Swietenia macrophylla</i> | Mahoni berdaun lebar | 22 | 1,548 |

| No | Jenis Pohon | | Diameter batang (cm) | Menahan limpasan air hujan (l/tahun) |
|--------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|
| | Nama latin | Nama lokal | | |
| 21 | <i>Swietenia microphylla</i> | Mahoni berdaun kecil | 33 | 3,331 |
| 22 | <i>Syzygium polyanthum</i> | Salam | 29 | 5,882 |
| 23 | <i>Terminalia catappa</i> | Ketapang | 44 | 13,350 |
| Jumlah | | | | 237,660 |

Sumber: *National Tree Benefit Calculator*, 2013

Rain garden yang ditanam bersama dengan jenis pepohonan atau semak dan ditutup dengan lapisan mulsa dapat menimbulkan dampak positif terhadap lingkungan. Adanya perpaduan ini memungkinkan air untuk masuk ke dalam tanah, mengisi ulang akuifer, dan mengurangi arus puncak. Selain itu, *rain garden* diharapkan dapat menyerap beberapa polutan, yang telah dikaitkan dengan beberapa proses diantaranya adsorpsi, dekomposisi, pertukaran ion, dan volatilisasi.

Bagian tanaman yang mengadsorpsi air di tanah adalah akar terutama rambut akar. Molekul air dan ion mineral masuk dalam akar melalui sel-sel epidermal rambut akar dan bergerak ke sel-sel korteks secara osmosis. Air juga bergerak di antara sel-sel korteks. Pengambilan mineral ke dalam akar dengan transpor aktif sehingga potensial solut sel (ψ_s) meningkat. Pengambilan mineral ini difasilitasi oleh transpirasi. Bila laju transpirasi rendah maka pengambilan mineral didukung oleh tekanan akar. Tekanan akar dapat menaikkan air dalam tumbuhan sampai ketinggian 20 m. zat nutrisi terlarut di air mengalir diantara sel-sel parenkim langsung menuju korteks akar dan melintasi sel-sel endodermis (Mastuti, 2016).

Proses evaporasi dari permukaan tanaman disebut transpirasi. Proses fisiologis yang berjalan secara simultan dengan transpirasi adalah proses fotosintesis (Wahyudi, 2009). Proses ini berlangsung di daun dan bagian daun yang memegang peranan penting dalam proses ini adalah stomata. Stomata daun merupakan sarana utama untuk pertukaran gas pada tumbuhan vaskular. Stomata merupakan pori-pori kecil, biasanya di sisi bawah daun yang dibuka atau ditutup dibawah kendali sepasang sel berbentuk sel penjaga. Ketika terbuka, stomata memungkinkan masuknya CO_2 ke daun untuk sintesis glukosa (fotosintesis), dan juga memungkinkan untuk melepaskan air (H_2O) dan oksigen bebas (O_2) (Grant dan Vatnick, 2004).

Selain membuka dan menutup stomata (perilaku stomata), tanaman dapat menggunakan kontrol atas nilai tukar gas dengan variasi kerapatan stomata dalam daun baru ketika mereka diproduksi (seperti pada musim semi atau musim panas). Semakin banyak stomata per satuan luas (kerapatan stomata) maka semakin banyak CO_2 yang bisa diserap, dan semakin banyak air yang dapat dilepaskan. Dengan demikian, kerapatan stomata yang lebih tinggi dapat sangat memperkuat potensi untuk mengontrol perilaku atas kehilangan kadar air dan serapan CO_2 (Grant dan Vatnick, 2004). Berdasarkan hasil penelitian oleh Sukawi (2008), sebatang pohon dapat menguapkan air sebesar 400 l/hari dalam proses evapotranspirasi.

Davis *et al* (2001) melakukan penelitian skala laboratorium dengan membuat dua buah model *rain garden* berbentuk kolom. Hasil penelitian mereka menyebutkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi

lebih dari 90 % untuk tembaga (Cu), timbal (Pb), dan seng (Zn), 68 % total Kjeldahl - N (TKN), dan 87 % untuk amonia - N (NH₃ - N). Sedangkan untuk parameter nitrit dan nitrat - N (NO₃ - N) penurunannya relatif rendah yaitu sebesar 24 %.

³ Pohon dapat menahan limpasan air hujan melalui dua cara, yaitu a) proses intersepsi, yaitu air hujan akan tertahan di permukaan tajuk pohon, ranting dan batang dan mengalami penguapan hingga akhirnya mengering. b) *throughfall* (air hujan yang jatuh ke permukaan tanah dari tajuk pohon), *stemflow* (air hujan yang mengalir melalui permukaan ranting dan batang), dan *interfall* (penutupan serasah) akan memperkecil daya air hujan yang jatuh sebelum mencapai permukaan tanah, sehingga air hujan memiliki waktu untuk mengalami infiltrasi (penyerapan air oleh pori-pori tanah) dan perkolasi (penyerapan air tanah ke bagian yang lebih dalam) (Andrifal, 2012).

⁸ *Rain garden* tidak saja berfungsi sebagai penyerap air, tetapi juga dapat memurnikannya. Kualitas air dalam tanah pun akan meningkat, yang pada akhirnya akan memperbaiki kesuburan tanah didaerah tersebut. Bahkan dalam beberapa penelitian, keberadaan *rain garden* bisa menekan pencemaran di sungai hingga 30 persen (Chisholm, 2008). Berikut ini disajikan rangkuman efektifitas *rain garden* dalam menurunkan polutan (Tabel 6).

Tabel 6. Rangkuman Efektifitas *Rain Garden* dalam Menurunkan Polutan

| Sumber | Lokasi Geografi | Type Penggunaan | Rata-rata Penyerapan |
|-----------------|------------------------|---|---|
| PGCDER (1999a) | Lokasi tidak diketahui | Fasilitas bioretensi | <ul style="list-style-type: none"> - Total fosfor: 81% - Total nitrogen: 43% - Timbal : 99% - Seng: 99% |
| U.S. EPA (2000) | Largo, MD | Fasilitas bioretensi | <ul style="list-style-type: none"> - Tembaga (µg/L): 43% ± 11 - Timbal(µg/L): 70% ± 23 - Seng (mg/L): 64% ± 42 - Kalsium (mg/L): 27% ± 14 - Fosfor (mg/L): 87% ± 2 - Nitrat (sebagai N) (mg/L): 15% ± 12 - TKN (sebagai N) (mg/L): 67% ± 9 |
| NJDEP (2004) | Lokasi tidak diketahui | Bioretensi permanen untuk menampung air | <ul style="list-style-type: none"> - TSS: 90% - Total fosfor: 60% - Nitrat nitrogen: data tidak ada |
| | | Bioretensi dengan cekungan yang ditumbuhi dengan rumput | <ul style="list-style-type: none"> - TSS: 90% - Total fosfor: 30% - Nitrat nitrogen: 50% |

| Sumber | Lokasi Geografi | Type Penggunaan | Rata-rata Penyisihan |
|------------------------------|--|---|--|
| U.S. EPA (2005) | Somerset, MD | Kombinasi rain garden dan cekungan yang ditumbuhi dengan rumput | <ul style="list-style-type: none"> - Tembaga: 36% - Timbal: 21% - Seng: 37% - Nitrogen: tidak ada perubahan |
| Atchison <i>et al</i> (2006) | Lokasi tidak diketahui | Fasilitas bioretensi | <ul style="list-style-type: none"> - TSS: 90% - Tembaga: >95% - Timbal: >95% - Seng: >95% - Total fosfor: 80% - TKN: 65-75% - Ammonium: 60-80% - Organik: 90% - Bakteri: 90% |
| Davis <i>et al</i> (n.d) | College park, MD (Kampus Universitas Maryland) | <i>Rain gardens</i> (rata-rata dari banyak studi) | <ul style="list-style-type: none"> - TSS: 23% - Total fosfor: 72% - Nitrat nitrogen: 80% - Timbal: 91% - Seng: 64% - Tembaga: 56% |
| Davis <i>et al</i> (2003) | Jalur hijau, MD (Studi Lapang) | Fasilitas bioretensi | <ul style="list-style-type: none"> - Tembaga ($\mu\text{g/L}$): $97\% \pm 2$ - Timbal ($\mu\text{g/L}$): >95% - Seng ($\mu\text{g/L}$): >95% |
| Davis <i>et al</i> (2006) | Studi dalam kotak dilaboratorium selama 6 jam, rata-rata aliran dan waktu sebesar 4,1 cm/jam | Kotak besar (bioretensi) | <ul style="list-style-type: none"> - Fosfor (mg/L): 99 ± 0 - Nitrat nitrogen (mg/L): 97 ± 3 - TKN (mg/L): 97 ± 2 |
| Davis <i>et al</i> (2006) | Studi dalam kotak dilaboratorium: aliran ganda dengan kecepatan 8,1 cm/jam | Kotak besar (bioretensi) | <ul style="list-style-type: none"> - Fosfor (mg/L): 73 ± 13 - Nitrat nitrogen (mg/L): 70 ± 14 - TKN (mg/L): 73 ± 14 |

Sumber: Chisholm, 2008

5. KESIMPULAN

Rain garden dirancang untuk mengalirkan limpasan cepat dengan melakukan infiltrasi yang dipercepat. Selain dapat berfungsi sebagai drainase, *rain garden* ini juga dapat menyaring polutan logam berat, seperti tembaga, kadmium, krom, timah, dan zink, yang terlarut dalam air hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrifal, A. 2012. Intersepsi dan transpirasi. *Artikel*. Universitas Andalas.
- Bannerman, R. 2003. *Rain Garden. A How to Manual for Homeowners*. County UW-Extension Offices, Cooperative Extension Publications. USA.

- Bell, R; D. DiLollo; K. Smarz; M. Ling; C. Ambos; E. Jackson; D. Knezick; R. Pillar, T. McQuade; I. Martin. 2005. *Rain Garden Manual for New Jersey*. The Native Plant Society of New Jersey. USA.
- Billow, L. 2002. Right As Rain: Control Water Pollution With Your Own Rain Garden. The Environmental Magazine; May/Apr 2002; 44; *ProQuest Biology Journals*.
- Bucheli, T.D; S.R. Müller; S.Heberle; R.P.Schwarzenbach. 1998. Occurrence Of Pesticides In Rain Water Roof Runoff, And Artificial Stormwater Infiltration. *Environ. Sci. Technol.* 32, 3457–3464.
- Carlisle, S.M dan J.T.Trevors. 1988. Glyphosate In The Environment. *Water Air Soil Pollut.* 39, 409–420.
- Chisholm, H. 2008. *An Analysis Of The Efficacy Of Rain Garden For The Protection Of Water Resources In Annapolis Royal, NS*. The Faculty of Rural Planning and Development in the School of Environmental Design and Rural Development of The University of Guelph. Canada.
- Coffman, L. 2000. *Low-Impact Development Design Strategies, An Integrated Design Approach*. EPA 841-B-00-003. Prince George's County, Maryland. Department of Environmental Resources, Programs and Planning Division.
- Darsono, S. 2007. Sistem Pengelolaan Air Hujan Lokal yang Ramah Lingkungan. *Berkala Ilmiah Teknik Keairan* Vol. 13, No.4 Desember 2007. ISSN 0854-4549.
- Davis, A.P; M.Shokouhian; H.Sharma; C. Minami. 2001. Laboratory Study Of Biological Retention For Urban Stormwater Management. *Water Environ. Res.* 73,5–14.
- Davis, A.P; W.F. Hunt; R.G.Traver; M. Clar. 2009. Bioretention Technology: Overview Of Current Practice And Future Needs. *J. Environ. Eng.* 135, 109–117.
- Dietz, M.E dan J.C. Clausen. 2005. A Field Evaluation Of Rain Garden Flow And Pollutant Treatment. *Springer. Water, Air, and Soil Pollution (2005)* 167: 123-138.
- Dietz, M. 2011. *Rain Garden Overview and Design*. Worcester Youth Center Worcester, MA. University of Connecticut.
- Giacalone, K. 2008. *Rain Gardens. A Rain Garden Manual For South Carolina. Green Solutions To Stormwater Pollution*. Clemson Public Service. South Carolina
- Grant, B.W., & I. Vatnick, 2004. Environmental correlates of leaf stomata density. *Teaching Issues and Experiments in Ecology (TIEE)*. 1: 1-24.
- Halief, K; R. D. P. Ningsih; Nuryanto. 2011. Pengembangan Teknik Bioretention dalam Mengatasi Limpasan Air Hujan. *Proceeding PESAT (Psikologi Ekonomi, Sastra, Arsitektur dan Sipil)*. Vol.4 Oktober 2011. ISSN:1858-255.
- Hausken, S; C.O. Becker; M. Gardener; G. Thompson. 2013. *Rain Garden Plants*. Metro Soil & Water District. Detroit.
- Hinman, C. 2007. *Rain Garden Handbook for Western Washington Homeowners. Designing Your Landscape to Protect Our Streams, Lake, Bays, and Wetlands*. Washington State University Extension Faculty. Washington.
- Hinman, C. 2013. *Rain Garden Handbook for Western Washington*. Washington State University Extension Faculty. Washington.
- Hsieh, C dan A.P.Davis. 2005. Multiple-Event Study Of Bioretention For Treatment Of Urban Storm Water Runoff. *Water Sci. Technol.* 51, 177–181.
- Huang, X; T. Pedersen; M. Fischer; R. White; T.M.Young. 2004. Herbicide Runoff Along Highways. 1. Field Observations. *Environ. Sci. Technol.* 38, 3263–3271.

- Kemur, A. R. 2011. Konsep Tata Ruang Air Dalam Penanganan Banjir Kota Tangerang Selatan Dan Wilayah Sekitarnya. *Semiloka "Penanganan Banjir Kota Tangerang Selatan" dalam rangka Hari Air Sedunia ke 19*. Karawaci-Tangerang.
- Kim, H; E.A.Seagren; A.P.Davis. 2003. Engineered Bioretention For Removal Of Nitrate From Stormwater Runoff. *Water Environ. Res.* 75, 355–367.
- Li, M. H; C. Y. Sung; M. Swapp; M. H. Kim; K.H. Chu; J. McFalls. 2013. *Bioretention For Highway Stormwater Quality Improvement Improvement In Texas: Final Repot*. National Technical Information Service Alexandria. Virginia.
- Mastuti, R. 2016. *Keseimbangan Air pada Tumbuhan*. Jurusan Biologi, Fakultas MIPA. Universitas Brawijaya.
- Roy-Poirier, A; P.Champagne; Y.Filion. 2010. Review Of Bioretention System Research And Design: Past, Present, And Future. *J. Environ. Eng. -ASCE* 136 (9), 878–889.
- Santisi, J. 2011. From Rain to Garden. *The Environmental Magazine; May/Jun 2011; 22,3; ProQuest Biology Journals*.
- Soemarno. 2010. *Hutan Kota dan Pengelolaannya. Bahan Kajian*. PPSUB, Malang.
- Sulaeman, A. 2014. *Penerapan Low Impact Development Dalam Pembenahan Lingkungan Kantor Balai Sungai*. Balai Sungai, Pusat Litbang Sumber Daya Air. Badan Litbang PU. Jakarta.
- Sukawi, 2008. Taman kota dan upaya pengurangan suhu lingkungan perkotaan (Studi Kasus Kota Semarang). Hal. 266-271. *Seminar Nasional: Peran Arsitektur Perkotaan dalam Mewujudkan Kota Tropis*. UNDIP. Semarang.
- Sutrisno, C. 2004. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Rineka Cipta. Jakarta, Edisi ke Lima.
- Treebenefits, 2013. *National Tree Benefit Calculator*. <http://www.treebenefits.com/calculator/>
- Wahyudi, 2009. Ketersediaan alokasi ruang terbuka hijau kota pada ordo kota I Kabupaten Kudus. *Tesis*. Program Magister Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Wilson, P.C dan B.J. Boman. 2011. Characterization Of Selected Organo-Nitrogen Herbicides In South Florida Canals: Exposure And Risk Assessments. *Sci. Total Environ.* 412, 119–126.
- Yang, H; E.L. McCoy; P.S. Grewal. W.A. Dick. 2010. Dissolved Nutrients And Atrazine Removal By Column-Scale Monophasic And Biphasic Rain Garden Model Systems. *Chemosphere* 80 (2010) 929–934. www.elsevier.com/locate/chemosphere.
- Yang, H; W.A. Dick; E.L. McCoy; P. Phelan; P.S. Grewal. 2013. Field evaluation of a new biphasic rain garden for stormwater flow management and pollutant removal. *Ecological Engineering* 54 (2013) 22–31. www.elsevier.com/locate/ecoleng.
- Zhang, Z; Z.Rengel; T. Liaghati; T. Antoniette; K. Meney. 2011. Influent Of Plant Species And Submerged Zone With Carbon Addition On Nutrient Removal In Stormwater Biofilter. *Ecol. Eng.* 37, 1833–1841.

Model Rain Garden Untuk Penanggulangan Limpasan Air Hujan di Wilayah Perkotaan

ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

15%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

| | | |
|---|---|----|
| 1 | eprints.undip.ac.id Internet Source | 5% |
| 2 | unsri.portalgaruda.org Internet Source | 3% |
| 3 | Submitted to Lambung Mangkurat University Student Paper | 2% |
| 4 | Hanbae Yang, Warren A. Dick, Edward L. McCoy, P. Larry Phelan, Parwinder S. Grewal. "Field evaluation of a new biphasic rain garden for stormwater flow management and pollutant removal", Ecological Engineering, 2013 Publication | 2% |
| 5 | documents.mx Internet Source | 2% |
| 6 | ppjp.unlam.ac.id Internet Source | 1% |
| 7 | www.annapolisroyal.com Internet Source | 1% |

| | | |
|----|---|----|
| 8 | www.rumahurban.com Internet Source | 1% |
| 9 | phobos.ramapo.edu Internet Source | 1% |
| 10 | agoesfitowin.blogspot.com Internet Source | 1% |
| 11 | repository.usu.ac.id Internet Source | 1% |

Exclude quotes On

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography On