

# Penerapan Resapan Biopori untuk Konservasi Lahan Desa Munggangsari Kab. Temanggung, Jawa Tengah

Muhammad Mukhlisin, Junaidi

*Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang  
Jl. Prof H. Sudarto, S.H. Tembalang Semarang 50275  
Email : mmukhlis2@gmail.com*

## **Abstract**

*Rapid urban growth resulting in rapid land-use changes will also result in reduced water absorption function and result in reduction of groundwater filling. Communities in Munggangsari Village are tobacco farmers and some of the sand miners in agricultural areas have resulted in the destruction of morphological and ecological systems of their lands that have the potential to cause disasters. In reducing the impact of that condition, Civil Engineering Department of Semarang State Polytechnic conduct devotion to community in the form of training and implementation in the form of training / workshop and counseling of land conservation and field practice aimed at raising awareness in terms of conservation and sustainability management of land resources and resources Ground water using simple Lubang Resapan Biopori (LRB) technology. This activity is expected to be done with good planning and measurable so as to maintain the conservation of water resources in the area.*

**Kata Kunci** : biopori, sistem drainase yang berkelanjutan, konservasi lahan

## **PENDAHULUAN**

Perubahan iklim telah diakui secara luas sebagai isu global karena dampaknya terhadap sistem air perkotaan khususnya terhadap perubahan limpasan air permukaan dan banjir perkotaan (Willems et al. 2012). Banyak ilmuwan telah melaporkan dalam penelitian mereka bahwa peningkatan yang diharapkan dalam intensitas desain karena perubahan iklim dapat mencapai 20% -80%, tergantung pada wilayah (Arnbjerg-Nielsen, 2012; Ekström et al. 2005).

Pertumbuhan daerah perkotaan yang cepat menghasilkan banyak tantangan terkait dengan manajemen

air. Perubahan tata guna lahan dari lahan perkebunan, sawah, hutan menjadi perumahan menyebabkan fungsi penurunan daerah penyerapan air. Penurunan lahan terbuka menyebabkan terhambatnya infiltrasi air dan menghasilkan pengurangan pengisian air tanah. Saat ini, paradigma pengelolaan air hujan di daerah perkotaan telah beralih dari pendekatan tradisional yaitu limpasan air permukaan segera sampai ke sungai, ke pendekatan yang berwawasan lingkungan. Dalam paradigma baru ini, air hujan yang berlebihan dikendalikan dengan menggunakan infiltrasi dalam bentuk

konservasi air tanah (Charlesworth, 2010).

Charlesworth (2010) menjelaskan tentang sistem drainase berkelanjutan yang diharapkan dapat menjaga kualitas air, kuantitas air, kemudahan dan keanekaragaman hayati. Realisasi dari system ini bisa membantu mengurangi dampak perubahan iklim global dan memberikan bantuan kepada penduduk kota beradaptasi dengan perubahan yang telah terjadi.

Permasalahan lingkungan seperti pencemaran, kerusakan lahan, bencana kekeringan dan banjir dari tahun ke tahun masih terus berlangsung dan semakin luas. Kerusakan lingkungan karena eksploitasi tanah/lahan juga terjadi di Kabupaten Temanggung. Hal ini misalnya terjadi di Desa Munggangsari Kecamatan Ngadirejo yang berada di daerah sabuk hijau Gunung Sindoro dan merupakan kawasan lindung dan daerah resapan air. Keberadaan dan kelestarian lingkungan di Desa Munggangsari berpengaruh terhadap daerah di bawahnya, sehingga harus tetap dilestarikan dan dilindungi dari kegiatan produksi ataupun kegiatan manusia yang dapat mengurangi atau bahkan merusak fungsinya (Revisi RTRW Kabupaten Temanggung, 2003).

Pemanfaatan lahan yang tidak benar akan mempunyai dampak yang luas terhadap lahan di hulu dan hilir. Untuk mengembalikan kelestarian sumber daya air dari suatu daerah yang telah mengalami kerusakan ada

beberapa hal yang dapat dilakukan seperti pembuatan trotoar berpori, Lubang Resapan Biopori (LRB), pemanenan air hujan, *green roofs*, lahan basah, kolam retensi, fasilitas retensi, area perendaman, system drainase, drainase swale filter, parit infiltrasi berfilter, permukaan yang permeabel, penyimpanan air, sawah dan lahan basah sebagai infrastruktur drainase berkelanjutan yang paling populer (Charlesworth, 2010; Zhou, 2014), dimungkinkan diterapkan untuk mengganti atau melengkapi drainase konvensional dengan menggunakan saluran atau pipa. Penggunaan desain inovatif ini memerlukan pendekatan multidisiplin (Zhou, 2014), yang tidak hanya mempertimbangkan aspek teknis, tetapi juga masalah lingkungan, sosial, kesehatan dan ekonomi. Evaluasi juga harus memperhitungkan kinerja jangka panjang dari kombinasi opsi desain dua atau lebih konstruksi. Sistem ini diharapkan dapat memanfaatkan lebih sedikit sumber daya dengan biaya efisien dan memberikan manfaat maksimal mengenai kemudahan mendapatkan air yang baik secara kuantitas maupun kualitasnya (Ellis et al., 2004).

Di Indonesia sendiri teknologi Lubang Resapan Biopori banyak dilakukan dalam uji coba pelaksanaan system drainase berkelanjutan, dimana penerapan LRB ini diharapkan bisa menjaga konservasi sumber daya air (Anggraeni et al. 2013; Rahmasari et al. 2015; Destry et al. 2015; Hapsari et al. 2016).

Masyarakat di Desa Munggangsari adalah petani tembakau yang mengandalkan hidupnya hanya dari hasil panen dan penjualan tembakau. Keadaan bentang alam dan lahan di desa ini dimanfaatkan sebagai lahan budidaya tembakau yang secara tradisional tidak menghendaki vegetasi lain yang dapat mengganggu pertumbuhan, sehingga keadaan lahan pertanian dan desa menjadi minus dari tanaman keras. Kegiatan ekonomi lainnya adalah dengan menambang pasir di areal pertanian mereka untuk dijual karena harganya yang tinggi. Kegiatan penambangan pasir ini telah merusak morfologi dan sistem ekologi lahan mereka sehingga berpotensi menimbulkan bencana. Untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan Tim Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang melakukan Pengabdian Kepada Masyarakat berbentuk Pelatihan dan Penerapan berbentuk pelatihan/workshop dan penyuluhan konservasi lahan dan praktek lapangan yang bertujuan untuk meningkatkan kesadaran dalam hal konservasi dan keberlanjutan (*sustainability*) pengelolaan sumber daya lahan dan sumber air tanah dengan menggunakan teknologi system drainase yang berkelanjutan dalam hal ini menggunakan teknologi sederhana Lubang Resapan Biopori (LRB).

#### **LOKASI PENERAPAN BIOPORI**

**Desa Munggangsari, Kec.**

**Ngadirejo, Temanggung**

Wilayah Kecamatan Ngadirejo merupakan daerah yang mempunyai

hawa sejuk sampai dingin, suhu rata-rata 18° C sampai 29° C. Kelembaban udara rata-rata bulanan 66,30 % (Laboratorium Perlindungan Tanaman Pangan propinsi Jawa Tengah di Kedu tahun 2005). Dengan keadaan suhu yang demikian sangat mendukung perkembangan usaha pertanian, perikanan dan kehutanan di wilayah Kecamatan Ngadirejo, dengan memanfaatkan sumberdaya alam yang ada secara optimal serta dibarengi dengan peningkatan sumberdaya manusia yaitu peningkatan pengetahuan, keterampilan dan sikap para petani yang erat kaitannya dengan penerapan teknologi pertanian, Perikanan dan Kehutanan. Disamping sumberdaya alam dan sumberdaya manusia, sumberdaya ekonomi sangat mendukung bahkan menentukan keberhasilan usaha dibidang Pertanian, Perikanan dan Kehutanan

Di Kecamatan Ngadirejo sampai dengan tahun 2008 sudah terbentuk 13 gabungan kelompok tani (Gapoktan) dari 13 desa yang ada di wilayah Kecamatan Ngadirejo, masing-masing desa satu Gapoktan.

Gapoktan Margo Mulyo desa Munggangsari merupakan salah satu kelompok tani yang ada di wilayah kec. Ngadirejo. Kelompok tani ini dipilih sebagai mitra dalam program pengabdian masyarakat karena merupakan kelompok tani yang berada di wilayah tempat penambangan galian C berada dan secara lingkungan, sosial dan ekonomi terdampak langsung oleh keberadaan dan aktifitas pertambangan. Gapoktan ini memiliki 129 anggota yang berasal

dari 4 kelompok tani. Jumlah asset usaha berupa lahan pertanian seluas 135 hektar.

### Penambangan Pasir

Penambangan pasir yang dilakukan oleh warga Desa Munggangsari, Kec. Ngadirejo telah mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan, seperti:

- a. Hilangnya sebagian lapisan tanah karena tanah yang diruntuhkan sebelum pasir diambil tidak disimpan atau disendirikan tetapi dicampur dengan pasir yang ada untuk dijual. Hilangnya lapisan tanah menyebabkan kesuburan tanah hilang sehingga tanah tidak produktif lagi dan berubah menjadi lahan kritis (Gambar 1).



Gambar 1. Tanah yang bercampur pasir menjadi tidak produktif

- b. Hilangnya tanaman-tanaman penutup dan pelindung tanah, hal ini dapat menyebabkan aliran permukaan pada saat hujan menjadi meningkat karena tidak adanya tanaman pelindung sehingga meningkatkan laju erosi lahan.
- c. Lahan pertanian yang dulu hijau dan penuh dengan tanaman berubah menjadi lahan tandus yang penuh dengan tumpukan pasir dan batu atau *banthak* (Gambar 2a dan b).



Gambar 2. (a) Perubahan tata guna lahan dan (b) tumpukan pasir dan batu sisa galian



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Penambahan yang memakan badan jalan desa dan (b) tebing bekas galian yang rawan longsor

- d. Resiko terjadinya longsor (Gambar 3a dan b) karena tebing tidak berteras padahal struktur tanah adalah berpasir (rawan longsor).
- e. Setiap kali memasuki musim kemarau masyarakat selalu mengalami kesulitan air bersih karena sumur-sumur warga banyak yang mengering dan sumber mata air alami banyak yang mati. Keadaan ini telah berlangsung lama dan makin parah sejak adanya kegiatan penambangan pasir galian C yang terletak di atas desa.

### **Teknologi Lubang Resapan Biopori (LRB).**

Biopori adalah lubang-lubang di dalam tanah yang terbentuk sebagai hasil aktivitas organisme tanah, seperti cacing, rayap dan fauna lainnya. Lubang-lubang yang terbentuk akan terisi air sehingga dapat meningkatkan cadangan air dalam tanah. Multimanfaat biopori antara lain mencegah genangan dan banjir, longsor, meningkatkan kesuburan tanah, dan mengurangi sambaran petir.

Lubang resapan biopori dapat dibuat dengan cara membuat lubang vertikal ke dalam tanah selebar 10 – 30 cm dan sedalam 8 cm – 1 m. Kemudian diisi dengan sampah organik. Sampah organik adalah sampah yang dapat mengalami pembusukan atau hancur secara alami, seperti daun, rumput, akara-akaran, sisa makanan, sisa sayuran, dan semacamnya. Sampah organik yang dimasukkan ke dalam lubang resapan biopori akan dapat menghidupi fauna tanah.

#### **1. Manfaat Lubang Resapan Biopori (LRB) :**

- a. Meningkatkan daya resapan air. Sebagai contoh suatu permukaan tanah berbentuk lingkaran dengan diameter 10 cm, yang semula memiliki bidang resapan  $78,5 \text{ cm}^2$  setelah dibuat lubang resapan biopori dengan kedalaman 100 cm, akan memiliki luas bidang resapan  $3218 \text{ cm}^2$  atau  $1/3 \text{ m}^2$ .
- b. Membuat kompos alami dari sampah organik daripada dibakar. Sampah organik yang dimasukkan dalam lubang

resapan biopori akan diuraikan mikroorganisme tanah menjadi kompos. Kompos dapat dipanen setiap periode tertentu dan dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik berbagai jenis tanaman.

- c. Mengurangi genangan air yang menimbulkan penyakit.
  - d. Mengurangi resiko banjir di musim hujan.
  - e. Maksimalisasi peran dan aktivitas flora dan fauna tanah.
  - f. Mencegah terjadinya erosi tanah dan bencana tanah longsor.
2. Kriteria Lahan

Tempat yang dapat dibuat / dipasang lubang biopori resapan air :

- a. Pada dasar saluran air hujan di sekitar rumah, kantor, sekolah, dsb.

- b. Di sekeliling pohon.
- c. Pada tanah kosong antar tanaman / batas tanaman.

## METODE PELAKSANAAN

### Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian

Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat oleh Tim Pengabdian Kepada Masyarakat Politeknik Negeri Temanggung yaitu dengan memberikan penyuluhan dan praktek lapangan. Materi penyuluhan adalah dengan memberikan pemahaman dan wawasan tentang konservasi air tanah, kaitannya dengan upaya menjaga dan melestarikan sumber daya air melalui pembudayaan konsep “Menabung Air”. Jadwal Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat adalah sebagai berikut (Tabel 1).

Tabel 1 Jadwal Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat

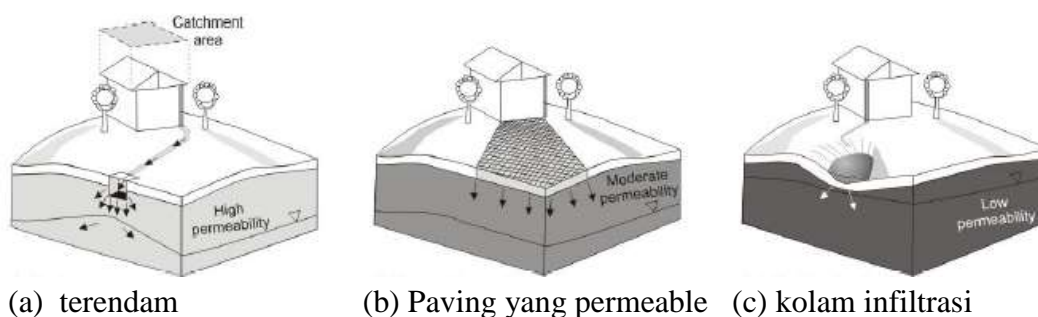
No	Waktu	Materi	Tempat
1	Hari ke 1	Pembelian alat bor biopori	Jurusan Teknik Mesin Unnes
2	Hari ke 2	Koordinasi dengan penyuluh kecamatan Ngadirejo, ketua gapoktan dan sekretaris desa Munggangsari Ngadirejo tentang waktu pelaksanaan pengabdian dan Pendataan peserta	Kantor desa Munggangsari Ngadirejo
3	Hari ke 3	Peminjaman LCD dan pembelian alat untuk kegiatan penyuluhan dan praktek	Jurusan Teknik Sipil Polines dan Toko besi, dll
4	Hari ke 3	Penyebaran Undangan	Desa Munggangsari
5	Hari ke 4	Pelaksanaan kegiatan penyuluhan	Kantor desa Munggangsari
6	Hari ke 4	Pelaksanaan praktek pembuatan biopori	Halaman kantor desa Munggangsari

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### System Drainase

Hal yang perlu dipertimbangkan dalam pembuatan system drainase yang berkelanjutan adalah kesesuaian kondisi tanah dalam proses perencanaan awal pemasangan sistem drainase berdasarkan kemampuan infiltrasi air dalam tanah. Pertimbangan awal pendekatan system drainase yang berkelanjutan sangat penting karena hal ini akan menentukan tata letak dari lahan yang dibutuhkan. Kemampuan kapasitas infiltrasi sangat bergantung pada jenis dan disain sistem infiltrasi itu sendiri. Tiga jenis infiltrasi yang umum dipakai dalam system drainase yang berkelanjutan seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Kondisi permeabilitas

tanah akan sangat menentukan sistem mana yang paling tepat digunakan. Misalnya, di lahan yang kering dimana kondisi permukaan air tanah cukup dalam, maka sistem drainase yang baik dan LRB bisa diterapkan (Gambar 4a). Pada kondisi tanah yang kurang permeabel cenderung tidak bisa menyusut dengan mudah maka sistem drainase perlu dirancang untuk infiltrasi pada area permukaan yang luas (misalnya perkerasan yang permeabel) (Gambar 4b), atau dengan menyediakan kapasitas penyimpanan air yang cukup (misalnya cekungan infiltrasi) (Gambar 4c). Ini untuk memastikan bahwa sistem infiltrasi bisa berjalan dengan baik (Dearden and Price, 2012).

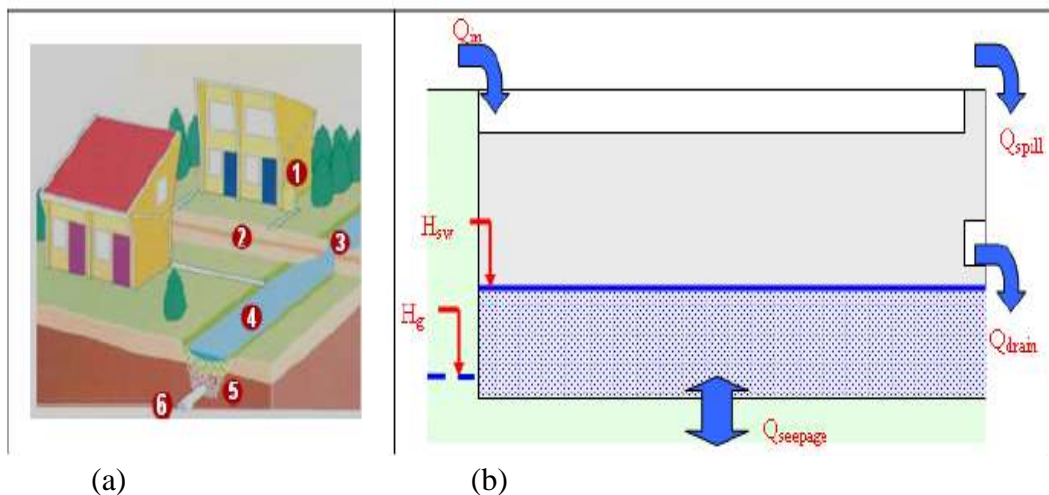


Gambar 4. Diagram skematik yang menggambarkan solusi drainase yang berbeda untuk area tangkapan atap yang diliputi oleh kondisi bawah permukaan yang berbeda (Dearden and Price, 2012).

### System Drainase swale filter

Untuk system drainase yang berkelanjutan di daerah perkotaan baru yang ada Belanda banyak menggunakan system drainase swale filter yang digunakan untuk mengurangi tekanan air hujan yang lebat dengan cara menginfiltrasikan

air hujan yang ada langsung ke dalam tanah. Di beberapa bagian kota di Belanda kadang-kadang ada yang mengalami kekeringan (yang akan datang) karena permukaan air tanah yang rendah. Pembangunan sistem ini akan memberikan manfaat tambahan melalui pengisian air tanah.



Gambar 5. (a) Model system drainase (Donkers, 2010) dan (b) konsep model system drainase filter swale (Vergroesen et al. 2014).

Gambar 5 mengilustrasikan fungsi system drainase yang berkelanjutan. Curah hujan-limpasan dari atap rumah (1) dan jalan (2) mengalir ke arah saluran. Swale yang terdiri dari parit/saluran yang diisi dengan bahan kasar seperti kerikil (5), yang ditutupi oleh lapisan atas dengan bahan tanah lokal (3). Saat mulai hujan, air hujan dari atap (1) dan jalan (2) atau swale lainnya (3) memasuki saluran dari sisi hulu melalui pipa air hujan. Saluran (4) terisi dan infiltrasi air agak cepat ke bagian dasar saluran. Pada saat hujan terus berlanjut, permukaan aliran air di parit akan naik. Saluran pembuangan horizontal yang diletakkan di dalam saluran (6). Saluran pembuangan juga memiliki jalan keluar di sisi hilir parit, di mana air berlebih dapat mengalir dengan baik begitu parit terisi setengahnya (6). Bila parit diisi dengan kapasitas maksimum, air akan mengalir di atas tampungan di sisi hilir saluran (3 dan 4).

### Lubang Resapan Biopori

Kegiatan pengabdian dilaksanakan di Balai Desa Munggangsari, Ngadirejo Temanggung. Kegiatan pengabdian ini diikuti oleh beberapa komponen masyarakat, yaitu dari Balai Penyuluh Kecamatan Ngadirejo, Perangkat Desa Munggangsari, dan warga masyarakat yang mewakili beberapa kelompok anggota Gapoktan Margo Mulyo desa Munggangsari yang terdiri dari Tim Penyuluh Kecamatan Ngadirejo (3 orang), Perangkat desa Munggangsari (6 orang) dan anggota Gapoktan Margo Mulyo (32 orang).

Sesi praktek dilaksanakan di halaman Balai Desa. Pada sesi praktek ini, tim pengabdian menyediakan 6 buah alat bor biopori beserta kelengkapannya. Alat bor biopori ini dibagikan kepada 6 orang dari perwakilan kelompok anggota Gapoktan yang ada di Munggangsari. Para peserta diberi kesempatan untuk mencoba melakukan pengeboran dengan didampingi tim dari penyuluh kecamatan dan tim pengabdian

(Gambar 6). Lubang-lubang biopori yang telah selesai dibuat kemudian dilengkapi dengan penutup dari dop berlubang pada bagian permukaannya dan dinding bagian atas diperkuat dengan adukan semen sehingga tidak mudah runtuh/ambrol (Gambar 7).

Kegiatan praktek di lapangan dilaksanakan di halaman kantor desa Munggangsari setelah penyuluhan selesai (Gambar 6). Partisipasi peserta dalam praktek cukup baik, hal ini dapat dilihat dari banyaknya pertanyaan dan minat terhadap penerapan teknologi ini. Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan masih dalam musim kemarau dan mendekati persiapan musim panen tembakau sehingga kegiatan praktek dilakukan terbatas di halaman kantor desa.

### Dukungan Kelembagaan

Kegiatan-kegiatan yang berkaitan dengan kerja sama atau pelibatan banyak pihak membutuhkan dukungan keseriusan dan komitmen bersama untuk kesuksesannya. Demikian pula dengan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini, dimana unsur partisipasi dari lembaga obyek dan peserta penyuluhan sangat menentukan tingkat keberhasilan kegiatan ini (Gambar 6a).

Berdasarkan evaluasi selama pelaksanaan kegiatan, unsur dukungan kelembagaan dari pihak penyuluh kecamatan Ngadirejo dan perangkat desa maupun partisipasi peserta cukup baik. Hal ini terutama berkaitan dengan nilai manfaat dari muatan penyuluhan yang dipandang cukup mengena bila dilihat dari kondisi riil di kawasan tersebut.



(a)



(b)

Gambar 6. Sesi penjelasan dan praktek pembuatan lubang biopori



(a)



(b)

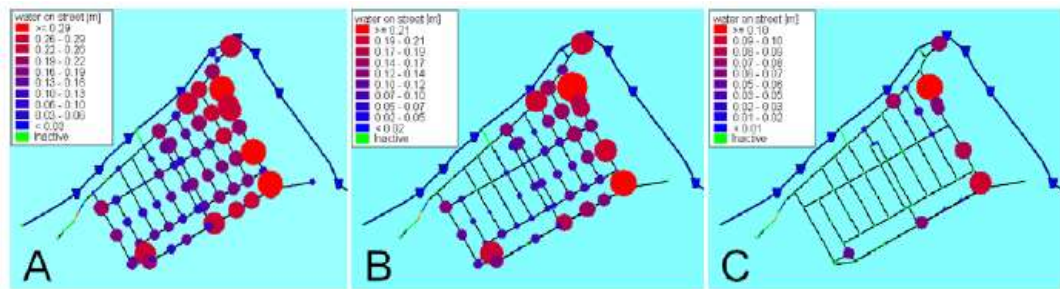
Gambar 7. (a) Lubang biopori dan (b) pemasangan penutup lubang biopori menggunakan dop paralon

### **Perbedaan Situasi Awal dan Situasi Akhir**

Dari beberapa rekaman selama kegiatan ini, ada harapan besar bahwa substansi dari kegiatan ini dapat mencapai sasaran, terutama aspek tindak lanjut dan nilai kemanfaatannya. Dengan adanya pengenalan teknologi dan kegiatan penyuluhan ini, masyarakat warga dapat semakin sadar dan paham tentang pentingnya konservasi air dan bagaimana tindakan/langkah yang dapat dilakukan dengan cara yang paling sederhana di lingkungan sekitar mereka. Meskipun untuk mencapai target skala yang lebih besar, tentunya dibutuhkan sumber dana dan daya yang cukup besar sehingga keterlibatan pihak-pihak lain, terutama pemerintah daerah terasa sangat diperlukan.

Sebagai contoh keberhasilan penerapan system drainase yang

berkelanjutan adalah seperti yang dilakukan di Belanda (Vergroesen et al. 2014). Dengan penerapan kombinasi *green roofs* dan *system drainase swale filter*. Hasil evaluasi dengan membandingkan kedalaman maksimum air yang tersimpan di jalanan selama simulasi acara curah hujan dengan kala ulang 50 tahun. Gambar 8 menunjukkan kedalaman maksimum untuk ketiga kasus yaitu (a) kondisi referensi, (b) dengan penerapan *green roofs*, dan (c) dengan penerapan *green roofs* dan *system drainase swale*). Gambar 8 menunjukkan penurunan yang begitu jelas dari kedalaman genangan air maksimum yang disebabkan oleh penerapan system drainase yang berkelanjutan, dimana penerapan teknologi *green roofs* dan *system drainase swale* mampu mengurangi kedalaman air genangan dengan sangat baik.



Gambar 8. Kedalaman air maksimum di jalan untuk (A) kondisi referensi, (B) penerapan green roofs dan (C) penerapan green roofs dan system drainase swale (Vergroesen et al. 2014).

## SIMPULAN

Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat di Desa Munggangsari, Ngadirejo Temanggung, dapat berjalan dengan baik sesuai dengan jadwal waktu yang direncanakan. Kegiatan yang dilakukan berupa penyuluhan tentang Masalah Air, Konservasi Air dan Lahan Pertanian, dan Materi Utama tentang Biopori. Kemudian dilanjutkan dengan peragaan (indoor) alat bor biopori dan kelengkapan yang dibutuhkan untuk pembuatan sumur biopori. Kegiatan praktek dilaksanakan setelah penyuluhan selesai dan dilaksanakan di halaman kantor desa. Partisipasi peserta penyuluhan cukup baik, dengan tingkat kehadiran 90% (32 peserta). Dukungan dari kelembagaan desa juga cukup baik dengan memberikan segala fasilitas yang dibutuhkan untuk kelancaran kegiatan ini. Kegiatan ini bila dilakukan dengan perencanaan yang baik dan terukur akan mampu menjaga konservasi sumber daya air yang ada dengan bimbingan dari tim penyuluh kecamatan Ngadirejo.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada ketua P3M Politeknik Negeri Semarang yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan pengabdian kepada masyarakat ini melalui hibah dana pengabdian kompetitif DIPA tahun 2013. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua anggota tim pengabdian dan masyarakat desa Munggangsari atas partisipasinya dalam kegiatan pengabdian ini sehingga kegiatan pengabdian ini dapat memberikan hasil yang optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, M., Prayitno, G., Hariyani, S and Wahyuningtyas, A. 2013. The Effectiveness of Bio-pore as an Alternative Eco drainage Technology to Control Flooding in Malang City (Case Study: Metro Sub-Watershed). *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, 3(2)23-28.
- Arnbjerg-Nielsen, K. 2012. Quantification of climate change effects on extreme

- precipitation used for high resolution hydrologic design. *Urban Water J.*, 9, 57–65.
- Charlesworth, S.M. 2010. A review of the adaptation and mitigation of global climate change using sustainable drainage in cities, *Journal of Water and Climate Change*, 1(3), p.165-180.
- Dearden, Rachel A.; Price, Simon J. 2012. A proposed decision-making framework for a national infiltration SuDS map. *Management of Environmental Quality : An International Journal*, 23 (5). 478-485.
- Destry, E., Purnaweni, H., dan Syafrudin. 2015. Evaluation on Sustainability of Technological Dimension Biopore Absorption Hole Management for Soil Water Conservation in Semarang City. *Sains Tanah – Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 12 (1), 1-9.
- Donkers. 2010. Swale Filter Drain System: Inflow–discharge relation. MSc Thesis, Faculty of Civil Engineering & Geosciences, TU-Delft.
- Ekström, M.; Fowler, H.J.; Kilsby, C.G.; Jones, P.D. 2005. New estimates of future changes in extreme rainfall across the UK using regional climate model integrations. 2. Future estimates and use in impact studies. *J. Hydrol.*, 300, 234–251.
- Ellis, J.B., Deutsch, J.C., Mouchel, J.M., Scholes, L. & Revitt, M.D. 2004.) Multicriteria decision approaches to support sustainable drainage options for the treatment of highway and urban runoff, *Science of the Total Environment*, 334335, p. 251-260.
- Hapsari, R.I., Muntaha, Y and Efendi, M. 2016. Multi-Criteria Approach for Designing Sustainable Drainage in Malang Residential Area Indonesia. *Dimensi – Journal of Architecture and Built Environment*, Vol. 43, No. 1, 37-46.
- Rahmasari, AF., Suripin dan Sudarno. 2015. Pengaruh Peresapan Air Hujan Menggunakan Lubang Resapan Biopori (LRB). *Wahana TEKNIK SIPIL* Vol. 20 No. 1 hal. Juni 2015 11-15
- Vergroesen, T., Verschelling, E., dan Becker, B. 2014. Modelling of Sustainable Urban Drainage Measures. *Revista de Ingeniería Innova*. Vol. 8, pp. 1 – 16
- Willems, P.; Arnbjerg-Nielsen, K.; Olsson, J.; Nguyen, V.T.V. 2012. Climate change impact assessment on urban rainfall extremes and urban drainage: Methods and shortcomings. *Atmos. Res.* 103, 106–118