

# Penerapan Sistem Drainase Berkelanjutan di Kawasan Perkotaan Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Banjir

*The Application of Sustainable Drainage System in Urban Areas as Flood Mitigation Efforts*

**Indah Sarah Nur Azizah, Nursetiawan**

*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Setiap tahunnya penduduk di Yogyakarta mengalami peningkatan. Selain penduduk tetap dan penduduk sementara seperti para pelajar yang akan melanjutkan jenjang pendidikan yang lebih tinggi di Yogyakarta juga mengambil peran cukup besar pada peningkatan jumlah penduduk di Yogyakarta. Selain terkenal sebagai kota pelajar, Yogyakarta juga terkenal sebagai kota wisata. Orang-orang nya yang ramah menjadikan kota Yogyakarta yang nyaman untuk disinggahi. Oleh sebab itu banyak sekali pembangunan perumahan ataupun alih fungsi lahan. Yogyakarta memiliki banyak perumahan yang lokasinya berdekatan dengan tempat wisata. Alasan itu juga menjadi kesempatan emas pengembang/*developer* untuk mengembangkan perumahan dengan berbagai fasilitas. Kenyataan ini yang sedang kita hadapi, pertumbuhan sangat pesat tetapi banyak yang tidak memperhatikan lingkungan. Hal ini harus segera diselesaikan, salah satu solusi untuk permasalahan ini adalah dengan menerapkan konsep *green* dengan sistem drainase berkelanjutan. Sehingga dapat meminimalisir dampak bencana yang ditimbulkan karena adanya pembangunan. Metode penelitian yang dilakukan adalah menganalisis data kuisner yang disebarkan kepada *developer* yang memiliki proyek perumahan yang masih dalam pembangunan atau sudah selesai. Penelitian dilakukan di Daerah Istimewa Yogyakarta. Berdasarkan kuisner dan hasil analisis, para *developer* hampir 100% sudah mengerti mengenai sistem drainase berkelanjutan tetapi hanya sebatas pada sumur resapan air (SRA), saluran drainase tertutup, dan saluran drainase terbuka. Belum ada keinginan untuk menerapkan biopori yang sangat efektif dari segi waktu, lahan, dan biaya.

Kata-kata kunci : Sistem Drainase Berkelanjutan, Banjir, *Developer*

**Abstract.** Every year, Yogyakarta population are getting increased. Besides the permanent residents, temporary residents such as the students or the scholars which are going to continue their study in Yogyakarta take appreciable role in the escalation of population in Yogyakarta. Aside from well-known as student city or "Kota Pelajar", Yogyakarta also known as tourist city or "Kota Wisata". The humble people make Yogyakarta being a comfortable place to visit. Therefore, there are many housing construction or area functional shift. Yogyakarta has many housing which are located close with tourist attraction. That reason is being a gold chance for the *developer* to do develop housing construction with many facilities. The fact we are facing now is the growth is rapid but has lack awareness to the environment. This issue have to be done immediately. One of the solution to this problem is by applying green concept with sustainable drainage system. Thus, it may minimize the impacts of disaster which are caused by the construction.

*Keywords : Sustainable Drainage System, Flood, Developer*

## 1. Pendahuluan

Setiap tahunnya penduduk di Yogyakarta mengalami peningkatan. Selain penduduk tetap dan penduduk sementara seperti para pelajar yang akan melanjutkan jenjang pendidikan yang lebih tinggi di Yogyakarta juga mengambil peran cukup besar pada peningkatan jumlah penduduk di

Yogyakarta. Selain terkenal sebagai kota pelajar, Yogyakarta juga terkenal sebagai kota wisata. Orang-orang nya yang ramah menjadikan kota Yogyakarta yang nyaman untuk disinggahi. Oleh sebab itu banyak sekali pembangunan perumahan ataupun alih fungsi lahan. Yogyakarta memiliki banyak perumahan yang lokasinya berdekatan dengan tempat wisata.

Alasan itu juga menjadi kesempatan emas para developer untuk mengembangkan perumahan dengan berbagai fasilitas. Kenyataan ini yang sedang kita hadapi, pertumbuhan sangat pesat tetapi banyak yang tidak memperhatikan lingkungan. Hal ini harus segera diselesaikan, salah satu solusi untuk permasalahan ini adalah dengan menerapkan konsep green dengan sistem drainase berkelanjutan. Sehingga dapat meminimalisir dampak bencana yang ditimbulkan karena adanya pembangunan.

Pada 2006, pengetahuan developer tentang fungsi drainase yang berkelanjutan sudah baik. Tetapi kesanggupan untuk membuat Sumur Resapan Air (SRA) sangat rendah, dikarenakan biaya pembuatan SRA relative mahal. Seharusnya ini menjadi tanggung jawab developer pada saat pembangunan perumahan. Dikarenakan jika terjadi hujan yang berkepanjangan dengan intensitas air hujan yang tinggi bisa menyebabkan banjir, sedangkan jika dibuat SRA itu bisa meminimalisir banjir. (Mutaqin, 2006)

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Susanto, 2015) pada tahun 2015 di kawasan Kabupaten Sleman, para developer sudah 90% memahami konsep green pada sistem drainase berkelanjutan di kawasan perumahan dan sudah hampir semua. Sedangkan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Nurhikmah dkk, 2016) Pengelolaan system drainase harus dilakukan dari ruang lingkup yang paling kecil dahulu. Metode system drainase berkelanjutan sangat cocok dilakukan di daerah perkotaan. (Itsukushima, 2018). Selain itu bencana banjir merupakan salah satu masalah yang bisa mengancam keberlanjutan hidup. Intensitas banjir yang besar terus meningkat sebagai akibat dari curah hujan yang tinggi dan lahan kosong yang berkurang dan system drainase yang buruk. Sudah harus dilakukan perencanaan mitigasi bencana banjir yang sangat inovatif seperti drainase berkelanjutan (Renald dkk, 2016).

Metode menganalisis air diseluruh daerah tangkapan sangat baik, yang mana kontribusi untuk keseimbangannya adalah irigasi dan curah hujan dan nanti outletnya adalah evapotranspirasi dan rembesan

(Zubelzu dkk, 2019). Selain itu desain perkotaan yang tangguh telah menjadi tema paling penting yang sering dibahas bagi kota yang ingin bertahan dengan cepat dari meningkatnya bencana banjir, yang dimana penyebab paling besar adalah ulah manusia. (Griffiths, 2017).

Jika tidak cepat dilakukan perubahan maka infrastruktur itu sendiri yang akan terancam. Desain perkotaan saat ini harus segera diubah menjadi lebih ramah lingkungan (Abdulkareem & Elkadi, 2018). System drainase perkotaan yang berkelanjutan menawarkan solusi untuk masalah kualitas dan kuantitas air. Selain banyak manfaat dibidang ekonomi dalam hal layanan ekosistem juga (Johnson & Geisendorf, 2019).

Penelitian disini mencakup kendala dan tantangan para developer dalam penerapan system drainase berkelanjutan dengan konsep *green* di kawasan perumahan.

## **2. Konsep Sistem Drainase yang Berkelanjutan**

Konsep dasar sistem drainase yang berkelanjutan yaitu meningkatkan daya guna air, memperbaiki lingkungan, dan meminimalisir kerugian (Suripin, 2004). Inti penting dari sistem drainase berkelanjutan adalah bahwa air secepatnya mengalir dan seminimal mungkin menggenangi daerah layanan. Tetapi dengan semakin timpangnya pemakaian dan ketersediaan air, sebaiknya air yang mengalir ini bisa dimanfaatkan semaksimal mungkin (Sunjoto, 1987).

Beberapa keuntungan dalam upaya penerapan sistem drainase berkelanjutan:

- a. Meningkatkan kualitas air, melindungi limpasan, mengisi kembali air tanah.
- b. Menurunkan polusi sehingga membantu perbaikan kualitas lingkungan.
- c. Dan yang paling penting, mengurangi frekuensi resiko banjir.

Namun disamping banyak keuntungan yang diperoleh dengan diterapkannya sistem drainase berkelanjutan, terdapat juga faktor yang bisa menghambat, seperti aspek legal, aspek kepemilikan, aspek pemeliharaan, aspek administratif, aspek kelembagaan, dan

aspek pembiayaan adalah aspek-aspek yang perlu diperhatikan.

### 3. Sumur Resapan Air (SRA)

Sumur resapan air adalah rekayasa konservasi air berupa bangunan yg menyerupai sumur gali dengan kedalaman tertentu agar memperluas bidang serapan sehingga aliran permukaan berkurang, yang berfungsi untuk menampung, mempertahankan, meningkatkan, mengembangkan air hujan untuk daya guna air.

Berikut adalah manfaat dari pembuatan sumur resapan (Dephut, 1995) :

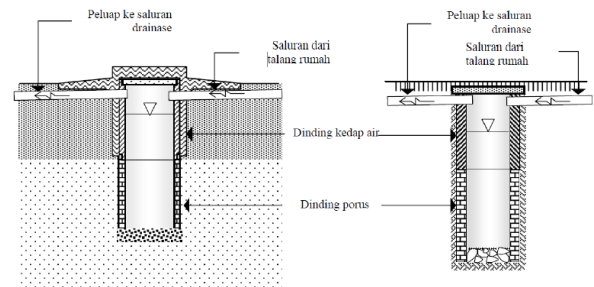
- Mengurangi aliran permukaan jadi mencegah terjadinya genangan air.
- Mempertahankan tinggi muka air sehingga menambah persediaan air tanah.
- Mengurangi terjadinya intrusi air laut bagi daerah yang berdekatan dengan wilayah pantai.
- Mencegah penurunan atau ambles lahan dari akibat pengambilan tanah yang berlebihan.
- Mengurangi pencemaran air tanah.

Persyaratan umum dalam perencanaan sumur resapan diantaranya (Suripin, 2004):

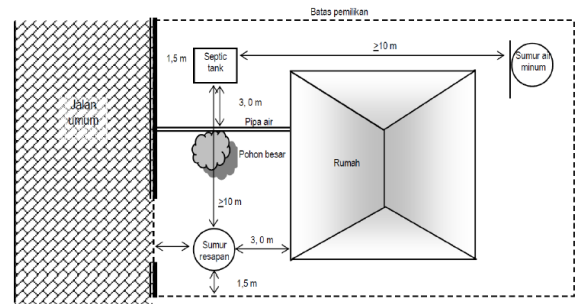
- Harus bebas kontaminasi limbah, jadi air yang diperoleh hanya air hujan.
- Dibuat pada lahan yang memiliki permeabilitas tinggi atau memiliki lapisan akuifer yang cukup tebal.
- Jika daerah dengan sanitasi lingkungan buruk, sumur resapan air hujah hanya menampung dari atap yang disalurkan melalui talang.
- Dalam perencanaan perlu diperhatikan aspek hidrogeologi, geologi, dan hidrologi.
- Sesuai dengan jarak minimum sumur resapan terhadap bangunan lainnya seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Jarak minimum sumur resapan terhadap bangunan disekitar (Suripin, 2004)

No.	Bangunan yang ada	Jarak minimal dengan sumur (m)
1	Bangunan/rumah	3
2	Batas pemilik lahan	1,5
3	Sumur untuk air minum	10
4	Septik tank	10
5	Aliran air (sungai)	30
6	Pipa air minum	3
7	Jalan umum	1,5
8	Pohon besar	3



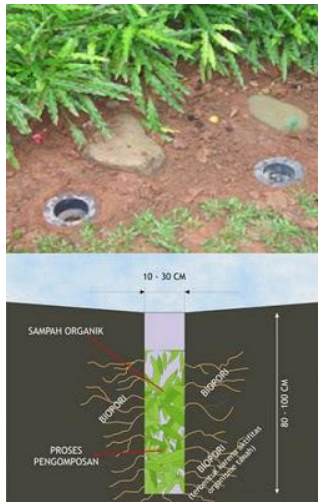
Gambar 1 Contoh Sumur Resapan (Suripin, 2004 ; 306)



Gambar 2 Tata Letak Sumur Resapan (Suripin, 2004 ; 309)

### 4. Biopori

Lubang Resapan Biopori adalah lubang yang berbentuk silindris secara vertical kedalam tanah yang berfungsi untuk resapan air yang ditujukan untuk mengatasi genangan air dengan cara meningkatkan daya resap air pada tanah. Sedangkan biopori adalah lubang yang dibuat oleh aktivitas fauna tanah atau akar tanaman. (Kamir, 2014)



Gambar 5 Biopori (Kamir, 2014)



Gambar 6 Biopori (Kamir, 2014)

Biopori disini sangat banyak manfaatnya dan juga mudah diaplikasikan diantaranya :

- a. Meningkatkan daya resapan air
- b. Mencegah genangan air yang menyebabkan banjir
- c. Mencegah erosi dan longsor
- d. Peningkatan cadangan air bersih
- e. Mengubah sampah organic menjadi kompos dan mengurangi emisi gas rumah kaca
- f. Memanfaatkan aktivitas fauna tanah dan aar tumbuhan

## 5. Kolam Retensi

Kolam retensi adalah suatu cekungan kolam yang bisa menampung volume air ketika debit maksimum di sungai dating, kemudian perlahan mengalirkannya ketika debit di sungai normal kembali. Ada 2 macam, yaitu kolam alami dan non alami. Kolam alami adalah cekungan yang sudah ada secara alami dan dapat dimanfaatkan.

Sedangkan non alami adalah yang dibuat sengaja dengan desain bentuk dan kapasitas tertentu .(Zhang et al., 2018)



Gambar 7 Kolam Retensi

## 6. Zero Delta Q policy

Zero Delta Q Policy adalah kebijakan untuk mempertahankan besaran debit run off/debit limpasan agar tidak bertambah dari waktu ke waktu, supaya memperbesar kesempatan air untuk berinfiltrasi ke dalam tanah. Dengan cara di hulu dan di tengah dilakukan pembangunan air sesuai dengan peraturan kepadatan yang diperbolehkan. Tetapi, air hujan yang masuk di wilayah tersebut tidak boleh keluar dari wilayah itu. Artinya, sebelum dan sesudah pembangunan bangunan air tidak menyebabkan liapan air di sungai-sungai.

Menurut Peraturan Pemerintah No.26 Tahun 2008 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) nasional menjelaskan bahwa setiap bangunan air tidak boleh mengakibatkan bertambahnya debit air ke sisem saluran drainase atau system aliran sungai. Metode Zero Delta Q Policy didukung dengan pembangunan drainase saluran terbuka, drainase saluran tertutup, biopori, dan kolam retensi.

## 7. Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Menurut UU No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, Ruang Terbuka Hijau adalah area yang dpenggunaannya bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman. RTH sendiri banyak sekali manfaatnya diantaranya, pembersih udara yang sangat efektif, pemeliharaan persediaan air,

pelestaria fungsi lingkungan flora dan fauna.



Gambar 8 Ruang Terbuka Hijau

## 8. Rainwater Tanks

Rainwater Tanks adalah tangki air yang digunakan untuk mengumpulkan dan menyimpan limpasan air hujan dari atap melalui pipa. Air yang disimpan dapat digunakan untuk menyiram kebun, pertanian, menyiram toilet, di mesin cuci, mencuci mobil, dan juga untuk minum, terutama ketika persediaan air lainnya tidak tersedia, mahal, atau berkualitas buruk, dan ketika diambil perawatan yang memadai bahwa air tersebut tidak terkontaminasi dan disaring secara memadai (Nurhikmah, Nursetiawan, & Akmalah, 2016).

Tangki air hujan multiguna dapat menjadi alat yang efektif untuk kontrol lokal limpasan perkotaan. Pembagian seluruh kapasitas dalam dua kompartemen dengan fungsi yang berbeda memungkinkan efisiensi operasi dan fasilitas yang lebih baik penggunaan yang dijatah sesuai dengan persyaratan. Misalnya, selama bulan-bulan musim semi dan musim panas (Raimondi & Becciu, 2014).

## 9. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan prosedur penelitian diantaranya :

- a. Persiapan
- b. Identifikasi masalah
- c. Studi Pustaka dan pengumpulan data
- d. Penyusunan dan penyebaran kuisioner

- e. Analisis dan pembahasan kuisioner
- f. Pengolahan data
- g. Kesimpulan dan saran
- h. Selesai

Penelitian dengan diawali studi pustaka dengan merumuskan latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah, yang difokuskan pada kendala dan tantangan para developer pada pelaksanaan konsep green dengan drainase berkelanjutan di kawasan perumahan.

Setelah itu penulis menyusun kuisioner dengan garis besar yaitu : profil developer, wawasan developer, keinginan developer, dan kendala developer dalam pelaksanaan system drainase berkelanjutan.

Penulis mengumpulkan data sekunder berupa alamat developer yang aktif maupun tidak dari REI dan daftar perumahan yang nantinya menjadi tujuan penulis untuk menyebarkan angket. Setelah mendapat data sekunder, data primer didapat dengan wawancara atau para developer mengisi kuisioner.

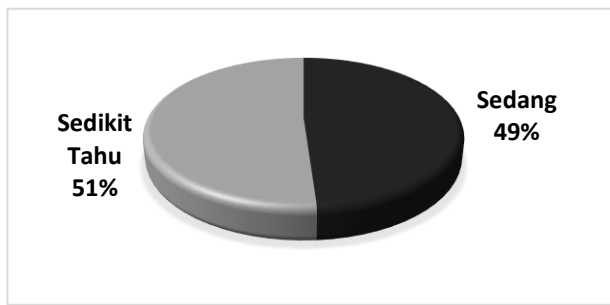
Jumlah kuisioner yang diajukan kepada responden adalah sebanyak 50, tetapi hanya 45 responden (90%) yang memberikan respon. Sehingga berkas yang nantinya di analisis ada 45 berkas. Dimana responden yang tersebut adalah para developer anggota REI maupun tidak dan memiliki proyek yang telah selesai atau masih dalam pembangunan.

Setelah kuisioner terkumpul, kuisioner di analisis untuk menyederhnakan data dan disimpulkan dari hasil pengolahan data.

## 10. Hasil dan Pembahasan

Tabel 2 Pengukuran terhadap wawasan umum developer

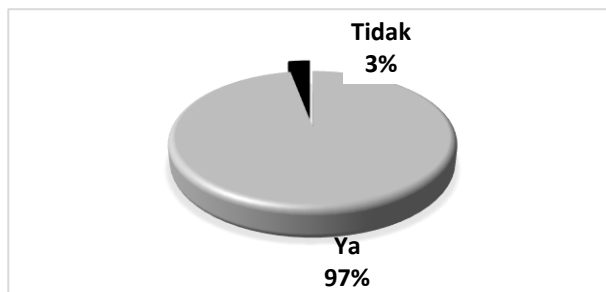
Daftar Pertanyaan	Ya	Tidak
Apakah Anda Mengetahui Penyebab Terja	100%	0%
Apakah Anda Mengetahui Adanya Peraturan Sumur Resapan Air (SRA)	100%	0%
Apakah Anda Mengetahui Konsep Sistem Drainasi Yang Ramah Lingkungan atau Sistem Drainasi Berkelanjutan	91.10%	8.90%
Rata-Rata	97%	3%



Gambar 8 Grafik pengukuran wawasan developer

Tabel 3 Pengukuran wawasan pemahaman developer

Daftar Pertanyaan	Baik	Sedang	Sedikit Tahu	Tidak Tahu
Seberapa Tahukah Anda Terhadap Suatu Konsep <i>green</i> dan metode pelaksanaannya	0%	80%	20%	0%
Seberapa Tahukah Anda Terhadap Konsep <i>Zero Delta Q Policy</i> dan Metode Pelaksanaannya	0%	18%	82.20%	0%
Rata-Rata	0%	49%	51%	0%

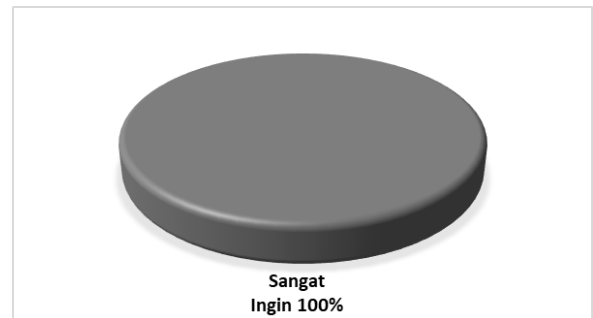


Gambar 9 Grafik pengukuran wawasan pemahaman developer

Dari kedua tabel dan kedua grafik bisa disimpulkan bahwa wawasan developer terhadap konsep *green* pada system drainase berkelanjutan bisa dinilai baik dengan presentase 97%. Dan dilihat dari pemahamannya bisa dinilai kurang karena 51% developer sedikit tahu mengenai itu.

Tabel 4 Pengukuran Keinginan Developer

Daftar Pertanyaan	Sangat Ingin	Tidak Ingin
Sebagai Seorang <i>Developer</i> , Keinginan Untuk Penerapan Konsep Sistem Drainasi Berkelanjutan Pada Kawasan Perumahan yang Anda Bangun	100%	0%
Akankah Anda Melanjutkan Investasi Perumahan dengan menerapkan konsep system drainasi berkelanjutan	100%	0%
Rata-Rata	100%	0%

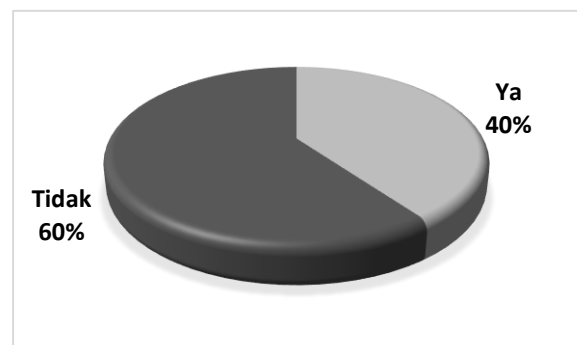


Gambar 10 Grafik keinginan developer

Dari tabel dan grafik diatas bisa disimpulkan bahwa semua developer (100%) sangat berkeinginan dalam penerapan konsep *green* pada system drainase berkelanjutan.

Tabel 5 Pengukuran kendala developer

Daftar Pertanyaan	Ya	Tidak
Adakah Peran Pemerintah Terhadap Penerapan Konsep Drainase Berkelanjutan Pada Kawasan Perumahan	80%	20%
Apakah dari Pemerintah Memberikan Kompensasi Terhadap Proyek Yang Menerapkan Konsep Drainase Berkelanjutan Pada Kawasan Perumahan	0%	100%
Rata-Rata	40%	60%



Gambar 11 Grafik kendala *developer*

Dari tabel dan grafik diatas bisa disimpulkan bahwa pemerintah tidak banyak ambil peran pada penerapan konsep *green* pada system drainase berkelanjutan di kawasan perumahan.

Dari dua penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, pada 2006 hampir semua developer belum membangun Sumur Resapan Air (SRA) dengan alasan biaya tambahan untuk pembangunan SRA relative mahal. Dan pada tahun 2015 hampir semua developer sudah mendirikan SRA tetapi yang akan saya garis besari disini adalah selain SRA ada salah satu metode yang sangat

efektif untuk mengatasi banjir, yaitu Biopori. Seperti yang sudah di jelaskan Lubang Resapan Biopori adalah lubang yang berbentuk silindris secara vertical kedalam tanah yang berfungsi untuk resapan air yang ditujukan untuk mengatasi genangan air dengan cara meningkatkan daya resap air pada tanah. Sedangkan biopori adalah lubang yang dibuat oleh aktivitas fauna tanah atau akar tanaman. (Kamir, 2014).

Memang Biopori tidak membutuhkan lahan khusus yang cukup luas seperti untuk kolam retensi, tetapi lahan yang akan digunakan untuk biopori harus bebas dari lalu-lalang terutama anak-anak. Maka penempatannya harus diatur dan disesuaikan dengan lahan yang ada. “Apakah kamu tidak memperhatikan bahwa sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, maka diurnya menjadi sumber-sumber air yang mengalir, kemudian ditumkuhkan-Nya dengan air tanaman yang bermacam-macam warnanya, lalu ia menjadi kering dan kamu melihatnya kekuning-kuningan, kemudian dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal” (QS Az-Zumar:21). Ayal Al-Quran inilah yang menjadi landasan penelitian yang dilakukan. Karena Biopori memang sangat efektif dari segala aspek. Mulai dari aspek lahan, biaya, dan waktu. Selain biasa mengurangi banjir Biopori juga bisa menghasilkan pupuk yang dimana dari segi ekonomi bisa menguntungkan karena bisa dijual.



Gambar 12 Saluran Terbuka



Gambar 13 Saluran Tertutup



Gambar 14 Sumur Resapan Air

## 11. Kondisi Penerapan di Lapangan

Selain melakukan wawancara dan penyebaran angket kuisioner, penulis juga melihat realita di lapangan apakah benar sudah menerapkan saluran drainase terbuka, tertutup, ruang terbuka hijau (RTH) dan sumur resapan air (SRA) seperti yang dibilang para developer. Berikut adalah saluran terbuka, tertutup, ruang terbuka hijau (RTH), dan sumur resapan air (SRA) yang berada di Pondok Permai Taman Tirta 3 yang beralamat di Gendeng, Bangunjiwo.

## 12. Kesimpulan

Pemahaman responden terhadap konsep green pada penerapan system drainase berkelanjutan di daerah perkotaan bisa disimpulkan sebagai berikut :

1. Pemahaman dan penerapan para developer mengenai konsep green khususnya pada konsep drainase berkelanjutan di daerah perumahan sebagian besar sudah mengerti.
2. Tingkat ketersediaan developer dalam menerapkan konsep green sangat

tinggi, tetapi kurangnya perhatian dari pemerintah menjadi sedikit kendala. Padahal developer dan pemerintah bisa bekerjasama dalam hal penganggulangan banjir.

3. Pengetahuan developer mengenai konsep zero delta Q policy, Biopori, Rainwater Tanks dan kolam retensi sangat rendah. Jika Kolam Retensi memang sangat kompleks dan membutuhkan lahan yang cukup luas, sedangkan Biopori dan Rainwater Tanks sangat mudah sekali dan manfaat yang sangat banyak. Mulai dari aspek lahan, biaya, dan waktu sangat efisien. Selain biasa mengurangi banjir Biopori juga bisa menghasilkan pupuk yang dimana dari segi ekonomi bisa menguntungkan karena bisa dijual. Dan Rainwater Tanks sendiri airnya bisa dimanfaatkan untuk menyiram kebun, pertanian, menyiram toilet, air mesin cuci, mencuci mobil, dan juga untuk minum, terutama ketika persediaan air lainnya tidak tersedia, mahal, atau berkualitas buruk, dan ketika diambil perawatan yang memadai bahwa air tersebut tidak terkontaminasi dan disaring secara memadai.

Lantas apakah yang menjadi tantangan dan kendala para developer tidak menerapkan Biopori dan Rainwater Tanks. Sebenarnya tidak ada kendala dan tantangan yang sangat berat, alasan para developer belum melek terhadap Biopori dan Rainwater Tanks adalah dari pemerintah sendiri belum ada tanggapan mengenai ini. Karena para developer tidak ada inisiatif sendiri, dan segala hal masih mengikuti petunjuk teknis dari pemerintah. Jadi sampai saat ini para developer masih menerapkan system drainase konvensional yaitu drainase saluran tertutup dan terbuka, memang sudah banyak yang menerapkan sumur resapan air tetapi sumur resapan air termasuk tipe peresapan bukan tipe penyimpanan.

### 13. Daftar Pustaka

- Abdulkareem, M., & Elkadi, H. (2018). From engineering to evolutionary, an overarching approach in identifying the resilience of urban design to flood. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 28, 176–190.
- Departemen Kehutanan. (1995). *Hutan Rakyat*. Jakarta: Departemen Kehutanan RI.
- Griffiths, J. A. (2017). Sustainable Urban Drainage. *Encyclopedia of Sustainable Technologies* (pp. 403–413).
- Itsukushima, R. (2018). Countermeasures against floods that exceed design levels based on topographical and historical analyses of the September 2015 Kinu River flooding. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 19, 211–223.
- Johnson, D., & Geisendorf, S. (2019). Are Neighborhood-level SUDS Worth it? An Assessment of the Economic Value of Sustainable Urban Drainage System Scenarios Using Cost-Benefit Analyses. *Ecological Economics*, 158, 194–205.
- Kamir, B. (2014). *Biopori*. Bogor: Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB.
- Liang, Y., Jiang, C., Ma, L., Liu, L., Chen, W., & Liu, L. (2017). Government support, social capital and adaptation to urban flooding by residents in the Pearl River Delta area, China. *Habitat International*, 59, 21–31.
- Mutaqin, adi yusuf. (2006). *Kinerja Sistem Drainase Yang Berkelanjutan Berbasis Partisipasi Masyarakat*. 119.
- Nurhikmah, D., & Akmalah, E. (n.d.). *Pemilihan Metode Sistem Drainase Berkelanjutan Dalam Rangka Mitigasi Bencana Banjir Di Kota Bandung*. 12.
- Nurhikmah, D., Nursetiawan, N., & Akmalah, E. (2016). Pemilihan Metode Sistem Drainase Berkelanjutan Dalam Rangka Mitigasi Bencana Banjir Di Kota Bandung (Hal. 39-50). *Reka Racana*, 2(3).
- Raimondi, A., & Becciu, G. (2014). Probabilistic Design of Multi-use Rainwater Tanks. *Procedia Engineering*, 70, 1391–1400.
- Renald, A., Tjiptoherijanto, P., Suganda, E., & Djakapermana, R. D. (2016). Toward



Resilient and Sustainable City Adaptation Model for Flood Disaster Prone City: Case Study of Jakarta Capital Region. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 227, 334–340.

Sunjoto. (1987). *Sistem Drainase Air Hujan yang Berwawasan Lingkungan*. Ilmu Teknik Universitas Gajah Mada: Makalah Seminar Pengkajian Sistem Hidrologi dan Hidrolika.

Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.

Susanto, A. (2015). *Kendala Dan Tantangan Penerapan Sistem Drainase Berkelanjutan Pada Kawasan Perumahan Di Wilayah Sleman Bagian Barat*. 1.

Zhang, J., Yu, Z., Yu, T., Si, J., Feng, Q., & Cao, S. (2018). Transforming flash floods into resources in arid China. *Land Use Policy*, 76, 746–753.

Zubelzu, S., Rodríguez-Sinobas, L., Andrés-Domenech, I., Castillo-Rodríguez, J. T., & Perales-Momparler, S. (2019). Design of water reuse storage facilities in Sustainable Urban Drainage Systems from a volumetric water balance perspective. *Science of The Total Environment*, 663, 133–143.