

Kajian Penanggulangan Genangan Dan Peningkatan Resapan Air Menggunakan Underdrain Box Storage Di Kawasan Jalan A.Y Patty Kota Ambon (Studi Kasus)

Charles J. Tiwery¹, Viona Yolanda Talakua²

¹Mahasiswa Universitas Kristen Indonesia Maluku, Jalan OT Pattimaipauw Talake - Ambon

²Staf Pengajar Universitas Kristen Indonesia Maluku, Jalan OT Pattimaipauw Talake - Ambon

Gmail : charlestiwery@gmail.com

Abstract

This Research has done to answer the problem of inundation faced at jalan A.Y Patty area of Ambon City. Which one of the factors is the availability of diffused space is lack to the construction of waterproof buildings. Then offered the concept of environmentally friendly drainage is underdrain box storage can connected directly to the ground so the water which coming can diffused. This research need the stream region mapping which coming come to the drainage that reviewed and also rainfall data to predict big plan discharge with repeated periods 2,5 and 10 years. The methods which used in discharge calculation of rain intensity used is mononobe methods. Analysis results has done, to shows with these UBS are able to reduce number of inundation occur with box storage volumes 408,81 m³ and increase the diffusion water volumes equal to 0,0052 m³.

Key Words : run-off, UBS, infiltration, reduced

1. PENDAHULUAN

Pada umumnya bencana banjir yang terjadi di kota Ambon terkhususnya pada ruas jalan A.Y Patty disebabkan karena faktor alam juga karena ulah tangan manusia, diantaranya karena banyak sampah yang dibuang sembarangan ke dalam saluran air yang menyebabkan selokan menjadi dangkal sehingga aliran air terhambat dan menjadi meluap dan menggenang. Yang kedua karena kurangnya daya serap tanah terhadap air karena tanah telah tertutup oleh aspal jalan raya dan bangunan-bangunan yang jelas tidak tembus air, kondisi ini akhirnya akan meningkatkan volume air permukaan yang masuk ke saluran drainase dan sungai.

Untuk mengatasi masalah infrastruktur dalam hal ini jalan dan bangunan yang menutup saluran air ataupun peresapan air, diperlukan sistem drainase yang berwawasan lingkungan dengan prinsip dasar mengendalikan kelebihan air permukaan sehingga dapat dialirkan secara terkendali dan lebih banyak memiliki kesempatan untuk meresap kedalam tanah. Hal ini dimaksudkan agar konservasi air tanah dapat berlangsung dengan baik dan dimensi struktur bangunan sarana drainase dapat lebih efisien. Berbeda dengan prinsip lama drainase yaitu mengalirkan air hujan ke badan air penerima secepatnya, drainase berwawasan lingkungan bekerja dengan upaya memperlambat aliran limpasan air hujan.

Prinsipnya, air hujan yang jatuh ditahan dulu agar lebih banyak yang meresap ke dalam tanah melalui bangunan resapan seperti *underdrain box*

storage. Hal ini dilakukan mengingat semakin minimnya persediaan air tanah dan tingginya tingkat pengambilan air. Pengembangan drainase berwawasan lingkungan ditunjukkan untuk mengelola limpasan permukaan dengan cara mengembangkan fasilitas untuk menahan air hujan. Konsep inilah yang ingin mengubah paradigma lama dalam pembangunan drainase khususnya di perkotaan.

2. KAJIAN PUSTAKA

Konsep *Underdrain Box Storage* (UBS)

Underdrain Box Storage (UBS) merupakan konsep drainase ramah lingkungan. Konsep teknisnya adalah bahwa genangan air hujan dialirkan melalui saluran terbuka dimana pada bagian dasarnya diberi lubang-lubang yang disusun berseri sepanjang saluran sebagai fungsi untuk mengisi ruang penampungan, dimana bagian dasar ruang penampungan berhubungan dengan tanah. Konsep UBS terdiri dari saluran pembuang air hujan, *vertical drain hole*, *box storage* dan saluran pembuang limbah domestik (*sewerage system*). Saluran pembuang air hujan berfungsi menerima limpasan permukaan akibat penerangan air hujan. *Vertical drain hole* berfungsi meneruskan limpasan air hujan ke dalam *box storage*. Sedangkan *box storage* yang difungsikan sebagai *long storage* yang penampung limpasan air hujan selanjutnya meresapkan air secara alamiah ke dalam tanah. Pada sistem ini saluran limbah domestik ditempatkan terpisah dari saluran air hujan. Secara

umum persyaratan dari konstruksi dari konsep drainase ini adalah sebagai berikut :

1. Saluran air hujan ditempatkan terpisah dari saluran limbah.
2. Konstruksi ini dibuat dari bahan beton bertulang pracetak atau kombinasi antara pasangan batu dan beton bertulang pracetak.
3. Saluran utama diberi lubang berbentuk bulat pada bagian dasarnya.
4. Dalam penerapannya diperlukan pemeliharaan berkala agar dapat tetap berfungsi dengan baik.

Intensitas Hujan (I)

Perhitungan intensitas curah hujan biasanya diperlukan sebagai bagian perumusan dalam perhitungan debit rencana menggunakan Metode Rasional. Pemakaian dan penetapan rumus intensitas tersebut harus diperhatikan beberapa hal antara lain :

- a. Data yang tersedia
- b. Kesederhanaan dan kepraktisan rumus yang dipakai
- c. Kepercayaan terhadap hasil yang akan dicapai dan dapat dipertanggung jawabkan hasilnya.

Besarnya intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus empiris intensitas hujan dari Mononobe sebagai berikut :

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

Dengan :

- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- R₂₄ = Curah hujan maksimum yang terjadi selama 24 jam (mm)
- T_c = Waktu konsentrasi (jam)

Waktu konsentrasi T_c (*Time of concentration*) adalah waktu perjalanan yang diperlukan oleh air dari tempat yang paling jauh (hulu DAS) sampai ke titik pengamatan aliran air (*outlet*). Salah satu teknik menghitung nilai T_c adalah persamaan matematik yang dikembangkan oleh Kirpich (1940).

$$T_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385}$$

- T_c : Waktu Konsentrasi (Jam)
- L : Panjang lintasan air dari titik terjauh sampai tirik yang ditinjau (Km).
- S : Kemiringan rata-rata daerah lintasan air.

Analisis Debit Banjir Rencana

Metode yang digunakan untuk menghitung debit banjir rencana adalah Metode Rasional. Pemakaian metode rasional sangat sederhana, dan sering digunakan dalam perencanaan drainase perkotaan.

Beberapa parameter hidrologi yang diperhitungkan adalah intensitas hujan, durasi hujan, frekuensi hujan, luas DAS, abstraksi (kehilangan air akibat evaporasi, intersepsi, infiltrasi, tumpungan permukaan) dan konsentrasi aliran. Metode rasional didasarkan pada persamaan berikut :

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

Dengan :

- Q = Debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan dengan intensitas durasi dan frekuensi tertentu (m³/det)
- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- A = Luas wilayah tangkapan (km²)
- C = Koefisien aliran yang tergantung pada jenis permukaan lahan.

Analisis Hidraulika

Penentuan dimensi saluran baik yang ada (eksisting) atau yang direncanakan berdasarkan debit maksimum yang akan dialirkan.

1. Tampang Lintang Ekonomis

Beberapa rumus kecepatan aliran menunjukkan bahwa untuk kemiringan dan kekasaran saluran tertentu, kecepatan akan bertambah dengan jari-jari hidrolis. Sehingga untuk luas tampang basah tertentu debit akan maksimum apabila R = A/P maksimum, atau apabila keliling basah minimum. Dengan kata lain untuk debit aliran tertentu, luas tampang lintang saluran akan minimum apabila saluran mempunyai nilai R maksimum (atau P minimum). Tampang lintang saluran seperti ini disebut tampang saluran ekonomis (efisien) untuk luas tampang tertentu.

Penjelasan tentang lintang ekonomis ini dapat dilakukan dengan menggunakan rumus debit lingkaran, yang dalam hal ini misalnya digunakan rumus Manning.

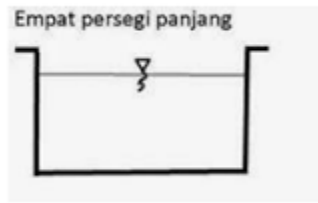
$$Q = A.V = A \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

dengan

$$R = \frac{A}{P}$$

Berdasarkan rumus tersebut akan dicari, untuk kemiringan saluran I dan kekasaran dindingnya n, suatu tampang lintang dengan luas yang sama A tetapi memberikan debit maksimal. Untuk nilai A, n dan I konstan, debit akan maksimum apabila R maksimum. Beberapa jenis penampang saluran antara lain :

1. Bentuk segi empat

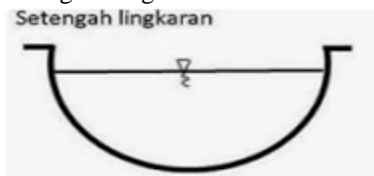


Gambar 1. Saluran Segi Empat

Rumus-rumus untuk bentuk segi empat adalah sebagai berikut ini.

- Luas tampang basah : $A = B \cdot y$
- Keliling basah : $P = B + 2y$
- Volume tampungan : $V = B \cdot y \cdot l$
- Kecepatan : $t = \frac{v}{Q}$

2. Bentuk Setengah Lingkaran



Gambar 2. Saluran Setengah Lingkaran

Dari semua bentuk tampang lintang yang ada, bentuk setengah lingkaran mempunyai keliling basah terkecil untuk luas tampang tertentu. Dalam hal ini,

$$A = \frac{1}{2} \pi r^2$$

$$P = \pi r$$

Jadi saluran dengan bentuk setengah lingkaran akan dapat melewati debit aliran lebih besar dari bentuk saluran yang lain, untuk luas tampang basah, kemiringan dan kekasaran dinding yang sama.

Dengan :

V = Volume air yang tertampung (m³)

B = Lebar Penampang (m)

y = Tinggi Penampang (m)

A = Luas Penampang (m²)

P = Keliling penampang (m)

R = Jari-jari hidrolis (m)

v = Kecepatan aliran (m/det)

Q = Debit (m³/det)

t = waktu yang diperlukan untuk memenuhi tampungan (jam)

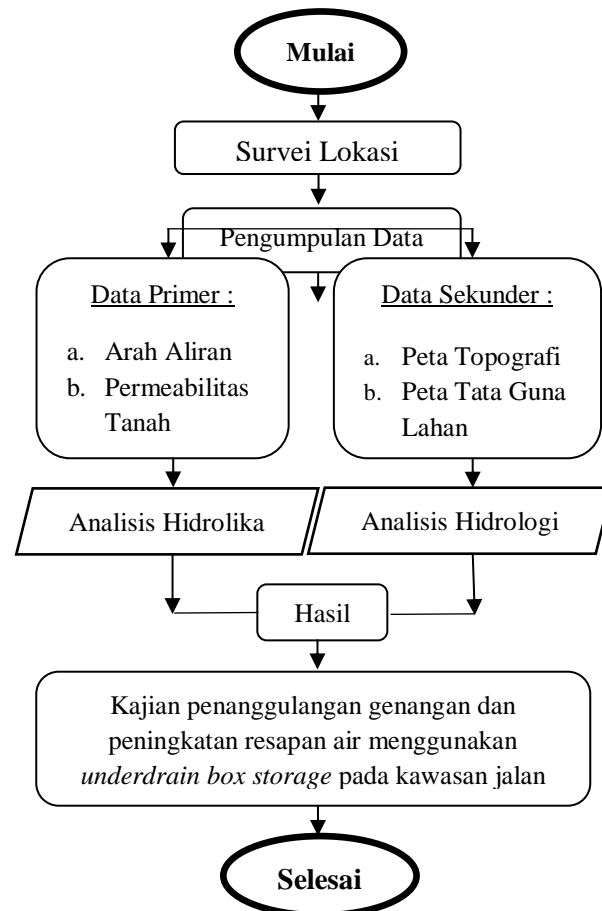
Permeabilitas Tanah

Permeabilitas adalah cepat lambatnya air merembes ke dalam tanah baik melalui pori makro maupun pori mikro baik ke arah horizontal maupun vertikal. Tanah adalah kumpulan partikel padat dengan rongga yang saling berhubungan. Rongga ini memungkinkan air dapat mengalir di dalam partikel padat dengan rongga yang saling berhubungan. Rongga ini memungkinkan air dapat mengalir di dalam partikel melalui rongga dari satu titik yang lebih ke titik yang lebih rendah.

Tabel 1. Koefisien Permeabilitas Beberapa Jenis Tanah

Jenis Tanah	Koefisien Permeabilitas (K) (cm/detik)
Pasir yang mengandung lempung / lanau	10^{-2} s/d 5×10^{-5}
Pasil Halus	5×10^{-2} s/d 10^{-3}
Pasir Kelanauan	2×10^{-2} s/d 10^{-4}
Lanau	6×10^{-3} s/d 10^{-5}
Lempung	10^{-6} s/d 10^{-9}

3. METODE PENELITIAN



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

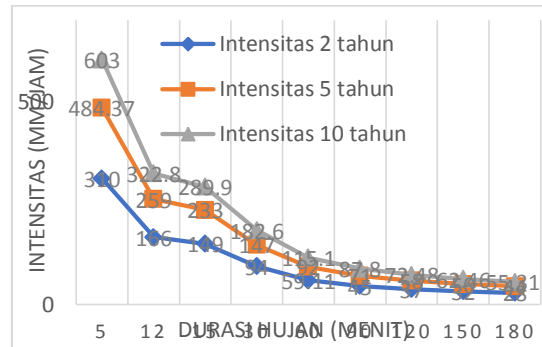
Analisa data yang dilakukan yaitu mengukur genangan saat hujan dan menganalisa kapasitas saluran drainase eksisting untuk merencanakan underdrain box storage dan mengetahui keefektifitasannya dalam penanggulangan genangan dan peningkatan resapan air, dengan proses analisa sebagai berikut:

1. Analisa Hidrologi :
 - a. Mencari curah hujan maksimum setiap tahun dari tahun 2002-2016 dengan mengambil data dari BMKG Kota Ambon.
 - b. Menghitung curah hujan maksimum dengan metode distribusi antara lain Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson type III (Mengetahui debit banjir).
 - c. Menguji kebenaran hipotesa dengan metode Uji Chi Kuadrat dan smirnov kolmogorof .
2. Perhitungan Debit Rancangan :
 - a. Menentukan intensitas hujan dengan rumus *Mononobe*.
 - b. Menentukan luas daerah pengaliran.
 - c. Menghitung debit air hujan yang jatuh pada kawasan tersebut.
 - d. Menghitung debit limpasan dengan metode rasional.
 - e. Menghitung debit rancangan saluran drainase.
3. Analisa Kapasitas Saluran Drainase Eksisting :
 - a. Menentukan kapasitas saluran drainase eksisting.
 - b. Menghitung volume genangan yang terjadi.
 - c. Mengevaluasi kemampuan saluran drainase eksisting dengan debit rancangan 2, 5 dan 10 tahun tahun.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

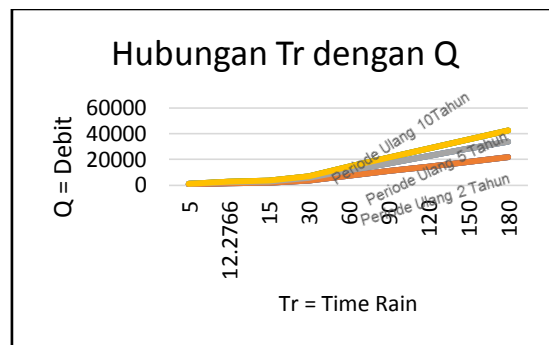
Perencanaan desain drainase ramah lingkungan yaitu underdrain box storage (UBS) di kawasan jalan A.Y Patty kota ambon.

1. Menggunakan metode distribusi log pearson type III untuk mengetahui nilai curah hujan rencana untuk periode ulang 2 tahun nilainya 170,50, untuk 5 tahun 266,56, dan untuk 10 tahun 331,87.
2. Kemiringan saluran rata-rata (S) sebesar 0,0036
3. Waktu konsentrasi (Tc) air larian permukaan ke saluran adalah 0,21277 jam atau 12,766 menit.
4. Besarnya nilai intensitas hujan (I) untuk periode ulang 2 tahun adalah 165,85405 mm/jam, 5 tahun adalah 259,29122 mm/jam, dan untuk 10 tahun sebesar 322,82283 mm/jam.



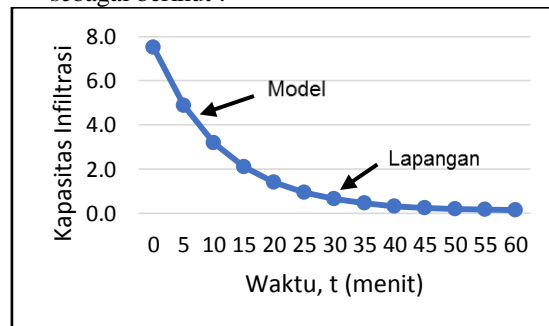
Gambar 4. Kurva hubungan intensitas dengan durasi hujan.

5. Besarnya koefisien air larian (C) pada jalan A.Y Patty adalah 0,68
6. Besarnya debit rancangan (Q) untuk 2 tahun adalah 2,02 m³/det, 5 tahun 3,15 m³/det, 10 tahun 3,93 m³/det.
7. Hubungan Tr (Time Rain) dengan Q (Debit Rencana)



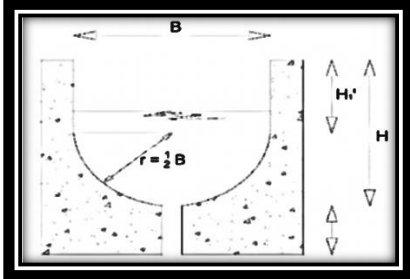
Gambar 5. Gambar grafik hubungan Tr dengan Q

1. Perhitungan infiltrasi dengan metode Horton dapat dilihat pada kurva fitting persamaan model Horton sebagai berikut :



2. Perhitungan dimensi untuk main drain atau saluran utama tidak di hitung lagi karena menggunakan dimensi yang sudah bentuk salurannya yang di ubah

menjadi segi empat dengan dasar saluran setengah lingkaran. Sehingga dapat dilihat bentuk dan dimensinya sebagai berikut :



Gambar 7. Bentuk dan dimensi saluran di atas box storage.

$B = 0,6 \text{ m}$
 $r = \frac{1}{2}B = 0,3 \text{ m}$

Perencanaan dimensi saluran

a. Luas penampang aliran
 $A = (B \cdot H') + (0,5\pi r^2)$
 $= (0,6 \times 0,3) + (0,5 \times 3,14 \times 0,3^2)$
 $= 0,32 \text{ m}^2$

b. Keliling basah
 $P = (2H') + (\pi r)$
 $= (2 \times 0,3) + (3,14 \times 0,3)$
 $= 1,54 \text{ m}$

c. Jari-jari hidrolis
 $R = \frac{A}{P}$
 $= \frac{0,32}{1,54}$

d. Menghitung kecepatan aliran dalam saluran
 $V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$
 $V = \frac{1}{0,015} \times 0,21^{\frac{2}{3}} \times 0,0036^{\frac{1}{2}}$
 $V = 1,41 \text{ m/det}$

e. Menghitung debit yang terjadi di dalam saluran
 $Q_D = A \cdot V$
 $Q_D = 0,32 \times 1,41$
 $Q_D = 0,45 \text{ m}^3/\text{det}$
 Perbandingan dengan debit yang terjadi di kawasan A.Y Patty.

Tabel 2. Persentase penampungan

Periode Ulang	Q_R (m ³)	Q_D (m ³)	Debit Limpasan (m ³ /det)	Persentase Penampungan (m ²)
2	2,02	0,45	0,91	36 %

5	3,15	2,7	25 %
10	3,93	3,5	21 %

$Q \text{ Limpasan} = Q_R - Q_D$
 $Q \text{ Limpasan}_2 = 2,02 - 0,45 = 0,91 \text{ m}^3$
 $Q \text{ Limpasan}_5 = 3,15 - 0,45 = 2,7 \text{ m}^3$
 $Q \text{ Limpasan}_{10} = 3,93 - 0,45 = 3,5 \text{ m}^3$

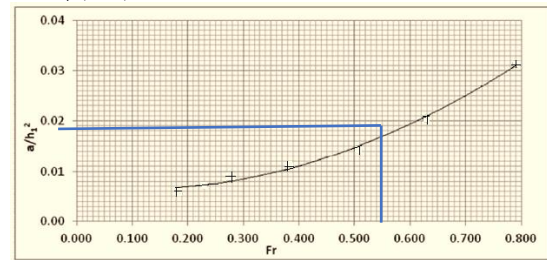
Dari hasil perhitungan didapatkan besar air yang melimpas adalah :

- Periode ulang 2 tahun : 64 %
- Periode ulang 5 tahun : 75 %
- Periode ulang 10 tahun : 79 %

Perencanaan Diameter Lubang

$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$

$Fr = \frac{1,41}{\sqrt{9,81 \cdot 0,6}} = 0,581$



Gambar 8. Hubungan antara Fr dengan a/h^2

Untuk $Fr = 0,581$ menghasilkan $\frac{a}{h^2} = 0,0185$
 Jika $Fr = 0,581$ maka termasuk dalam aliran sub kritis.

$\frac{a}{h^2} = 0,0185$
 $\frac{a}{0,6^2} = 0,0185$
 $2,78a = 0,0185$
 $a = \frac{0,0185}{2,78}$
 $= 0,0067 \approx 0,007 \text{ m}^2$

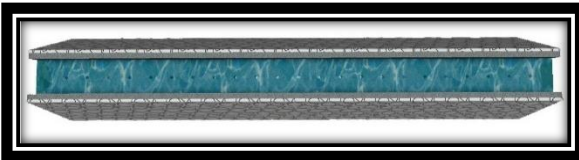
Setelah di dapatkan luas lubang pengisian UBS, kemudian dicari diameter lubangnya.

$a = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot r^2$
 $0,007 = 0,25 \times 3,14 \times D^2$
 $0,007 = 2,467 D^2$
 $D = \sqrt{\frac{0,007}{2,467}} = 0,09 \text{ m atau } 0,1 \text{ m atau } 10 \text{ cm}$
 atau 3"

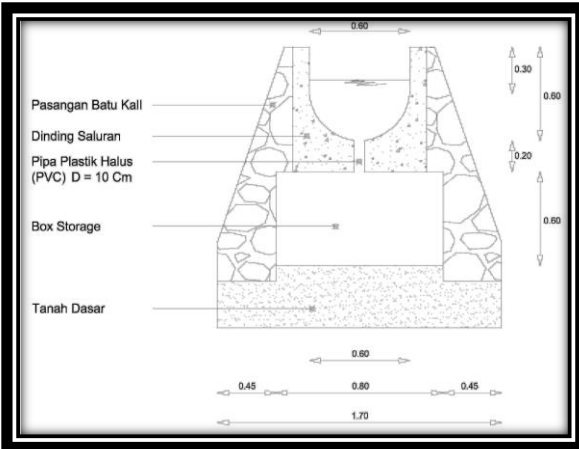
Perencanaan Jumlah Lubang

- Panjang saluran (L) box I = 252,7 m
- Panjang saluran (L) box II = 165 m
- Panjang saluran (L) box III = 164 m

Panjang saluran (L) box IV= 270 m
 Lbox x Interval Jarak = Jumlah Lubang Pengisian
 $Box I = \frac{252,7}{15} = 16,84$ jadi 17 lubang
 $Box II = \frac{165}{15} = 11$ lubang
 $Box III = \frac{164}{15} = 10,93$ jadi 11 lubang
 $Box IV = \frac{270}{15} = 18$ lubang
 15 merupakan interval jarak lubang dan gambar 4 menunjukkan penempatan lubang pengisian pada saluran.



Gambar 9. Penempatan Lubang Pengisian



Gambar 10. Desain underdrain box storage

Perencanaan ruang penampungan (*box storage*)

Box storage selain berfungsi untuk meresapkan air hujan untuk mengurangi limpasan yang ada pada main drain dia juga mampu menampung volume air tersebut untuk diserap tanah secara perlahan. Berikut adalah dimensi rancangan *box storage* :

$B = 0,8 \text{ m}$
 $H2 = 0,6 \text{ m}$

a. Menghitung volume tampungan saluran dilokasi

$V_{sal} = P.L.H \text{ atau } A.P$
 $V_{sal} = 0,32 \times 851,7B.$
 $V_{sal} = 272,544 \text{ m}^3$

b. Menghitung volume box storage

$Box I = P.L.H2 = 252,7 \times 0,8 \times 0,6 = 121,296 \text{ m}^3$
 $Box II = P.L.H2 = 165 \times 0,8 \times 0,6 = 79,2 \text{ m}^3$
 $Box III = P.L.H2 = 164 \times 0,8 \times 0,6 = 78,72 \text{ m}^3$
 $Box IV = P.L.H2 = 270 \times 0,8 \times 0,6 = 129,6 \text{ m}^3$

Total $V_{boxstorage} = 408,816 \text{ m}^3$

c. Menghitung volume resapan

Diketahui nilai $K = 10^{-6} \text{ Cm/det}$

Durasi / waktu puncak (t) = 0,21277 jam, 12,766 menit , 765,96 detik

$A = B \times \text{total panjang box storage}$

$A = 0,8 \times 851,7$

$A = 681,36 \text{ m}^2$

$V_R = Q_{res} \times t$

$Q_{res} = K.A$

$Q_{res} = 10^{-6} \times 681,36$

$Q_{res} = 0,0000068 \text{ m}^3/\text{det}$

Sehingga

$V_R = Q_{res} \times t$

$V_R = 0,0000068 \times 765,96$

$V_R = 0,0052 \text{ m}^3$

d. Menghitung volume limpasan dilokasi

$V = Q_{rencana} \times t$

Untuk periode ulang 2 tahun :

$V = 2,02 \times 765,96$

$V = 1547,2392 \text{ m}^3$

Untuk periode ulang 5 tahun :

$V = 3,15 \times 765,96$

$V = 2412,774 \text{ m}^3$

Untuk periode ulang 10 tahun :

$V = 3,93 \times 765,96$

$V = 3010,2228 \text{ m}^3$

Tabel 3. Persentase penampungan sebelum ada box storage

Periode ulang	Volume Limpasan (m ³)	Volume saluran (m ³)	Sisa volume limpasan (m ³)	Persentase (%)
2	1547,2392	272,544	1274,6952	18 %
5	2412,774		2140,2	11 %
10	3010,2228		2737,6788	9 %

Dari hasil perhitungan didapatkan besar air yang melimpas adalah :

Periode ulang 2 tahun : 82 %

Periode ulang 5 tahun : 89 %

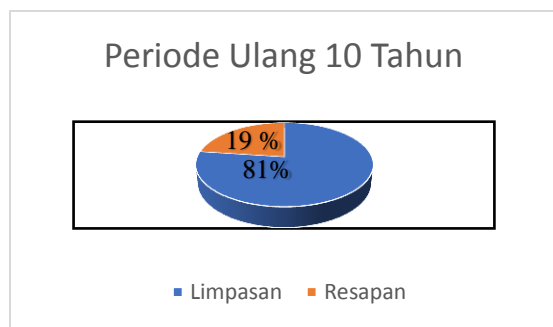
Periode ulang 10 tahun : 91 %

Tabel 4. Persentase penampungan sesudah ada box storage

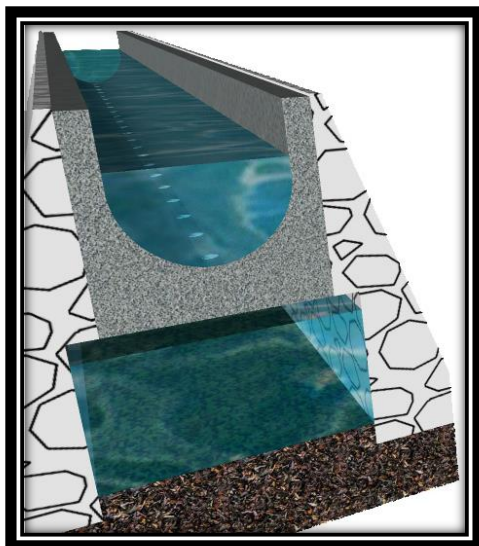
Periode ulang	Volume saluran (m ³)	Volume Box Storage (m ³)	Volume Resapan (m ³)	Volume Limpasan (m ³)	Sisa volume Limpasan (m ³)	Persentase (%)
2	272,544	408,81	0,0052	1547,23	865,88	44%
5				92		
10				2412,77		
				4	1731,4148	28%
				3010,22	2328,8636	23%
				28		

Dari hasil perhitungan didapatkan besar air yang melimpas adalah :

- Periode ulang 2 tahun : 56 %
- Periode ulang 5 tahun : 72 %
- Periode ulang 10 tahun : 77 %



Gambar 11. Diagram presentase sisa limpasan sesudah ada box storage



Gambar 12. Perspektiv underdrain box storage

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal dari hasil penelitian yang telah dilakukan, yaitu :

1. Masih ada genangan-genangan yang terlihat pada kawasan jalan Ay Patty dimana genangan tersebut ada karena kurangnya daerah resapan, pengaruh infrastruktur yang kedap air, dan sampah. Debit limpasan berkisar dari 2,02 m³/det untuk periode ulang 2 tahun, 3,15 m³/det untuk 5 tahun, dan 3,93 m³/det untuk 10 tahun.
2. Dengan adanya penerapan sistem drainase dengan dimensi saluran drainase eksisting yang di rencanakan mampu mereduksi genangan air yang terjadi di kawasan itu sebesar 44% untuk periode ulang 2 tahun, 28% untuk 5 tahun, dan 23% untuk 10 tahun.
3. Volume air yang dapat diresapkan ke dalam tanah dengan penggunaan UBS adalah sebesar 0,0052 m³ dengan durasi/waktu puncak 12,766 menit atau 765,96 detik.

Saran

Melihat dari kondisi lapangan, hasil analisa dan kesimpulan yang di ambil maka diperlukan saran sebagai berikut :

1. Perlu adanya penanganan yang baik dari pemerintah dan warga setempat untuk menangani masalah sampah yang ada di kawasan Ay Patty.
2. Setelah melakukan survey system drainase yang ada di daerah Ay Patty terlihat sedimentasi yang tinggi sehingga sudah hampir memenuhi dimensi saluran untuk itu pada pembuatan drainase UBS ini disarankan lubang pengisian harus di tutup dengan filter atau saringan dan harus dilakukan pemeliharaan secara kontinyu serta pengontrolan secara periodik sehingga sistem dapat terjaga dengan baik.
3. Nilai permeabilitas tanah sangat mempengaruhi drainase UBS ini di karenakan salah satu fungsinya adalah untuk meresapkan air ke dalam tanah untuk itu disarankan untuk menggunakan drainase ini pada daerah yang permeabilitasnya tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Alwib. "Mengenal jenis-jenis tanah, ciri-ciri, gambar, dan pemanfaatannya" 5 januari 2018. <https://www.google.co.id/amp/s/alwib.net/jenis-jenis-tanah/amp/>

Edwards, D., Hamson, M. 1989. Guide to *Mathematical Modelling*. London: Macmillan Education Ltd.

Hasmar, H.A. 2011. *Drainasi Terapan*. UII Press, Yogyakarta.

Kamiana, I Made. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Graha Ilmu, Yogyakarta.

Kuncoro, Yudo Tri, Dian Sisinggih, dan Dwi Priyantoro. Mei 2013. *Uji Model Fisik Kapasitas Aliran Pada Lubang Pengisian Tampungan Bawah Saluran Drainase (Underdrain Box Storage)*

Kamus Drainase.blogspot.co.id.2015

Pranoto, Eko Suryo. 2013. *Upaya penanggulangan genangan dan peningkatan resapan air menggunakan underdrain box storage di kawasan kampus universitas brawijaya.*

Sunjoto. 1998. *Sistem Drainase Air Hujan Yang Berwawasan Lingkungan.*

Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta : Andi.

Soedarmo, G Djatmiko dan S. J Edy Purnomo. 1993. *Mekanika Tanah I*. Kanisius, Malang

Triatmojo, B. 1993. *Hidraulika II*. Beta offset, Yogyakarta.

Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.

Wordpress. "bebas banjir 2015. DAS lestari, sungai jernih" 20 April 2017

[https://bebasbanjir2025.wordpress.com/teknologi-pengendalian-banjir/sumur-resapan.](https://bebasbanjir2025.wordpress.com/teknologi-pengendalian-banjir/sumur-resapan)

Yantoro, Pri dkk. Mei 2013. *Penerapan UB – Drainase (Underdrain Box Storage) untuk Mereduksi Genangan dan Meningkatkan Resapan Air di Kampus Universitas Brawijaya*. Malang