

Analisis Efektifitas Reduksi Limpasan dengan *Underdrain Box Storage*

Magfirah Malkab^{1*}, Rita Tahir Lopa¹, Bambang Bakri¹

¹Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: vii.teknik07@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112020.01

Abstrak

Penelitian ini membahas mengenai suatu model saluran drainase sebagai salah satu solusi penanganan masalah genangan yang sering terjadi pada kampus Universitas Muhammadiyah Makassar. Dimana pada bagian dasar drainase diberi lubang-lubang yang disusun seri sepanjang saluran sebagai fungsi untuk mengisi ruang penampungan (*box storage*) di bawahnya yang dapat dihubungkan langsung ke tanah. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis dimensi saluran yang dapat meningkatkan volume tampungan dan mengurangi limpasan air hujan serta menganalisis efektivitas penerapan *underdrain box storage* dalam meningkatkan volume tampungan dan mereduksi volume limpasan. Penelitian ini membutuhkan pemetaan wilayah aliran yang datang ke drainase yang ditinjau dan juga data curah hujan untuk memprediksi debit rencana dengan periode ulang 20 tahun. Kemudian untuk perhitungan debit banjir rencana digunakan metode Rasional. Selanjutnya, perhitungan intensitas curah hujan menggunakan metode Mononobe. Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan adanya ruang penampungan di bawah saluran drainase, volume tampungan drainase meningkat dari 20,97 % menjadi 58,42 % sehingga dapat mengurangi volume air yang melimpas di permukaan dari 83,89% menjadi 52,12 %.

Abstract

Analysis of Runoff Reduction Effectiveness with Underdrain Box Storage. This paper discusses a drainage channel model as a solution to the inundation problem that often occurs on the campus of the Muhammadiyah University of Makassar. Where at the bottom of the drainage, holes are arranged in series along the channel as a function to fill the storage space below which can be connected directly to the ground. The purpose of this research is to analyze the dimensions of the canal which can increase the storage volume and reduce rainwater runoff and to analyze the effectiveness of the application of underdrain box storage in increasing the storage volume and reducing the volume of runoff. This research requires mapping the flow area that comes to the drainage under review and also rainfall data to predict the planned discharge with a return period of 20 years. The method used in calculating the peak flood discharge is HSS Nakayasu. Then, for the calculation of the flood discharge plan, the Rational method was used. Furthermore, the calculation of rainfall intensity uses the Mononobe method. The results of the analysis show that with the presence of a storage space under the drainage channel, the volume of the drainage reservoir increases from 20.97 % to 58.42 % so as to reduce the volume of water overtopping on the surface from 83.89% to 52.12 %.

Kata Kunci: Limpasan, saluran drainase, tampungan, underdrain box storage

1. Pendahuluan

Adanya konsep pemikiran baru tentang sistem drainase berkelanjutan yaitu *Underdrain Box Storage*, diharapkan dapat mengatasi permasalahan genangan tanpa mengganggu peruntukan ruang yang telah ada. *Underdrain Box Storage* 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 kotak penampungan di bawah saluran drainase terdiri dari saluran pembuang air hujan, lubang pengisian vertikal, kotak penampungan dan saluran pembuang limbah domestik (*sewerage system*). Saluran pembuang air hujan berfungsi menerima limpasan permukaan akibat air hujan. Lubang pengisian vertikal berfungsi meneruskan limpasan air hujan ke dalam kotak penampungan. Sedangkan *box storage* yang difungsikan sebagai *long storage* yang penampung limpasan air hujan selanjutnya meresapkan air secara alamiah ke dalam tanah.

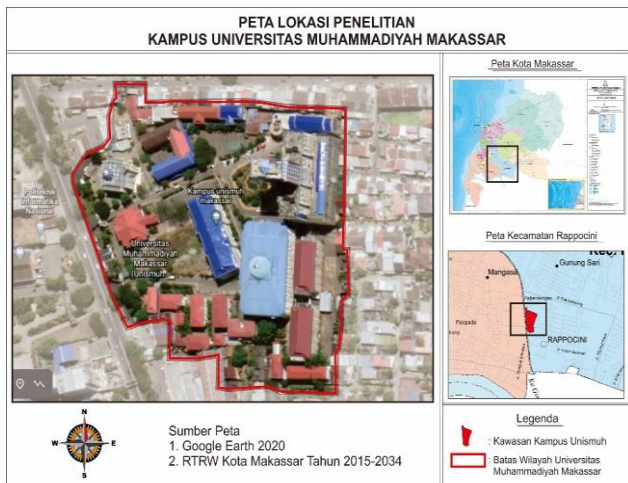


Secara umum persyaratan konstruksi dari konsep drainase ini adalah sebagai berikut [1]:

- 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.

2. Metode Penelitian

Penelitian telah dilaksanakan di tiga titik saluran pada lingkungan kampus Universitas Muhammadiyah Makassar yang terletak di Jalan Sultan Alauddin Kecamatan Rappocini Makassar pada koordinat S 5°10'57.7344" E 119°26'30.2172", dengan luas daerah pengamatan adalah 1871 m². Adapun waktu penelitian dilakukan selama 2 bulan.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah studi lapangan, dimana data-data pada kondisi tersebut dikumpulkan lalu diolah oleh peneliti dengan mengacu pada literatur-literatur yang berkaitan dengan penelitian tersebut, serta adanya kontrol, dengan tujuan untuk menyelidiki ada tidaknya hubungan sebab akibat serta berapa besar hubungan sebab akibat tersebut dengan cara memberikan perlakuan-perlakuan tertentu dan menyediakan kontrol untuk perbandingan.

Untuk menyelesaikan persoalan drainase sangat berhubungan dengan aspek hidrologi khususnya hujan sebagai sumber air yang akan dialirkan pada sistem drainase dan limpasan

sebagai akibat dari sistem drainase tersebut. Maka dari itu, Analisa hidrologi diperlukan untuk mengetahui debit puncak banjir dan debit rancangan.

Perhitungan curah hujan dilakukan dengan memperhitungkan curah hujan maksimum pada daerah penelitian berdasarkan data curah hujan dari stasiun terdekat yang paling berpengaruh dengan lokasi penelitian.

Dalam memilih atau menentukan jenis sebaran yang tepat (mendekati) untuk menghitung curah hujan rencana dengan syarat-syarat batas tertentu. Tabel 1 adalah syarat-syarat batas penentuan jenis sebaran.

Tabel 1. Syarat-syarat batas penentuan sebaran [2]

Jenis sebaran	Kriteria
Normal	Cs=0
Log Normal	Cs=3Cv
Log Pearson Tipe III	Cs=0
Gumbel	Cs=1,396 ; Cv=5,4002

Selanjutnya, diperlukan pengujian kecocokan distribusi frekuensi sampel data dengan cara Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov.

Intensitas curah hujan dihitung dengan menggunakan metode Mononobe [3].

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

dimana:

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan (jam)

R_{24} = Curah Hujan Maksimum dalam 24 jam (mm)

Analisa limpasan lahan menggunakan rumus metode Rasional modifikasi [4].

$$Q_{lahan} = 0,00278 \cdot Cs \cdot C \cdot I \cdot A \quad (2)$$

dimana:

Q = Debit limpasan lahan (m³/dt)

I = Intensitas hujan rata-rata (mm/jam)

A = Daerah tangkapan (ha)

C = Koefisien pengaliran

Cs = Koefisien tampungan

Td = Waktu pengaliran (jam)

$$d = \frac{2Tc}{2Tc + Td} \quad (3)$$

Limpasan melalui atap

$$Q_{atap} = 0,00278 \cdot C_{atap} \cdot C_s \cdot I \cdot A \quad (4)$$

Limpasan jalan raya

$$Q_{jalan} = 0,00278 \times n_{eq} \times C_s \times I \times A \quad (5)$$

Untuk menghitung debit banjir rencana saluran drainase digunakan metode Rasional, dengan rumus :

$$Q_r = \frac{1}{3.6} \times C \times I \times A \quad (6)$$

dimana:

Q_r = Debit rencana dengan masa ulang T tahun ($m^3/detik$)

C = Koefisien pengaliran [5]

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah aliran dalam (km^2)

Hukum Darcy menunjukkan bahwa permeabilitas tanah (K) ditentukan oleh koefisien permeabilitasnya. Koefisien permeabilitas tanah bergantung pada beberapa faktor dimana secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.

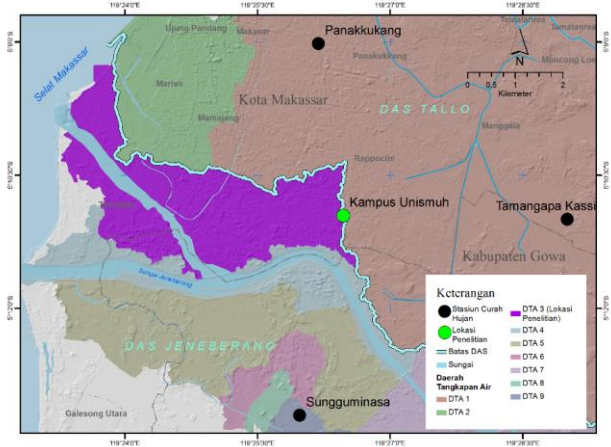
Tabel 2. Nilai-nilai Koefisien permeabilitas tanah pada umumnya [6]

Jenis Tanah	K	
	Cm/dt	Ft/menit
Kerikil bersih	1,0 – 100	2,0 – 200
Pasir kasar	1,0 – 0,01	2,0 – 0,02
Pasir halus	0,01 – 0,001	0,02 – 0,002
Lanau	0,001 – 0,00001	0,002 – 0,00002
Lempung	< 0,000001	< 0,000002

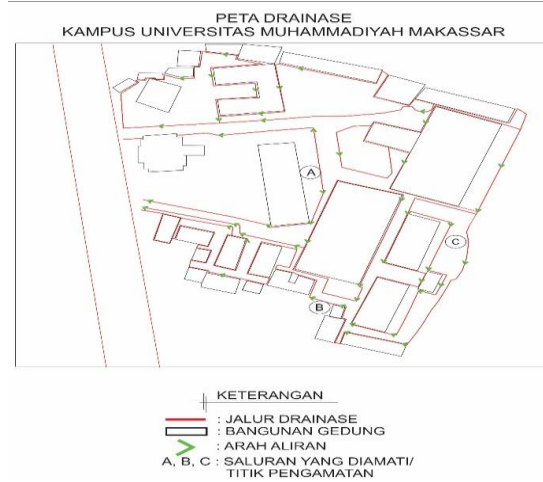
Selanjutnya dilakukan perencanaan dimensi saluran drainase, lubang pengisian, dan kotak penampungan di bawah saluran drainase untuk membandingkan kapasitas debit rencana dengan debit desain sehingga dapat diketahui besarnya volume tampungan dan limpasan pada saluran.

3. Analisis dan Pembahasan

Berdasarkan penggambaran dengan menggunakan software ArcGIS, maka dapat disimpulkan bahwa lokasi penelitian dipengaruhi oleh stasiun curah hujan yang terdekat yaitu stasiun hujan Panakkukang.



Gambar 2. Peta daerah tangkapan air lokasi penelitian



Gambar 3. Arah aliran titik pengamatan

3.1. Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana periode ulang tertentu yang terpilih adalah dengan menggunakan Log Pearson Tipe III seperti yang ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi sebaran metode Log Pearson Tipe III

Periode Ulang	K	S	X̄	Xt (mm)
2	-0,140	27,53	126,50	122,65
5	0,390	27,53	126,50	137,24
10	1,060	27,53	126,50	155,68
20	2,610	27,53	126,50	198,35
50	2,850	27,53	126,50	204,96
100	3,590	27,53	126,50	225,33
200	4,320	27,53	126,50	245,42

3.2. Pengujian Kecocokan Sebaran

Pengujian kecocokan pemilihan distribusi frekuensi dengan uji Chi Kuadrat ditampilkan hasilnya pada Tabel 4.

Dari perhitungan di atas diperoleh nilai Chi-Kuadrat $f^2 = 3,00$. Batas kritis nilai Chi-Kuadrat untuk $DK = 3$ dengan $\alpha = 5\%$ dari tabel Chi-Kuadrat didapatkan nilai $f^2_{cr} = 16,919$. Nilai $f^2 = 3,00 < f^2_{cr} = 16,919$. Maka pemilihan distribusi memenuhi syarat [7]. Sedangkan dari uji Smirnov-Kolmogorov diperoleh hasil seperti yang ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 4. Chi-Kuadrat untuk menguji distribusi data curah hujan metode Log Pearson Tipe III

Probability (%)	Ei	Oi	Oi-Ei	(Oi-Ei) ² /Ei
86,88 <x<	107,13	2,0	3	1,00
107,13 <x<	127,38	2,0	4	2,00
127,38 <x<	147,63	2,0	1	-1,00
147,63 <x<	167,88	2,0	1	-1,00
>	167,88	2,0	1	-1,00
Jumlah	10	10		4,00

Tabel 5. Uji keselarasan sebaran Smirnov-Kolmogorov

Xi	M	P(x)	P(x<)	f(t)	P'(x)	P'(x<)	D
178	1	0,091	0,909	1,871	0,111	0,889	0,020
165	2	0,182	0,818	1,399	0,222	0,778	0,040
145	3	0,273	0,727	0,672	0,333	0,667	0,061
121	4	0,364	0,636	-0,200	0,444	0,556	0,081
121	5	0,455	0,545	-0,200	0,556	0,444	0,101
118	6	0,545	0,455	-0,309	0,667	0,333	0,121
117	7	0,636	0,364	-0,345	0,778	0,222	0,141
102	8	0,727	0,273	-0,890	0,889	0,111	0,162
101	9	0,818	0,182	-0,926	1,000	0,000	0,182
97	10	0,909	0,091	-1,072	1,111	-0,111	0,202

Dari perhitungan nilai D , Tabel 5, menunjukkan nilai $D_{maks} = 0,202$ data pada peringkat $m = 10$. Untuk derajat kepercayaan 5 % maka diperoleh $Do = 0,410$ untuk $n = 10$. Karena nilai D_{maks} lebih kecil dari nilai Do ($0,202 < 0,410$) maka persamaan distribusi yang diperoleh dapat diterima.

3.3. Debit Rencana

Debit rencana pada studi ini dihitung dengan metode Rasional. Metode Rasional adalah salah satu metode untuk menentukan debit aliran permukaan yang diakibatkan oleh curah hujan,

yang umumnya merupakan suatu dasar untuk merencanakan debit saluran drainase [8].

$$\begin{aligned}
 Qr &= \frac{1}{3.6} \times C \times I \times A \\
 &= \frac{1}{3.6} \times 0,7 \times 68,76 \times 1871 \\
 &= 1,948 \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

3.4. Kapasitas Saluran Eksisting

Kapasitas saluran drainase dapat diketahui melalui perencanaan dimensi saluran. Untuk perhitungan kapasitas saluran eksisting dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan kapasitas saluran eksisting

L	b	h	A	P	R	V	Q
m	m	m	m ²	m	m	m/dt	m ³ /dt
178	0,60	0,55	0,33	1,70	0,194	1,580	0,522
65	0,50	0,50	0,25	1,50	0,167	1,428	0,357
152	0,65	0,50	0,33	1,65	0,197	1,596	0,519



Jadi, $Q_{rencana} > Q_{eksisting}$ maka diperlukan adanya ruang penampungan untuk mengurangi limpasan air dan meningkatkan resapan air tanah.

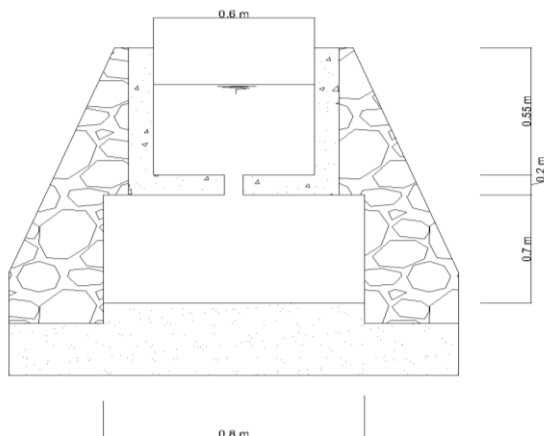
3.5. Dimensi Lubang Pengisian

Perhitungan dimensi lubang pengisian dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan dimensi lubang pengisian

Kedalaman Hidrolis H	Bilangan Froud	Diameter Lubang d	Jumlah Lubang	Jarak Antar Lubang
m		m	buah	m
0,55	0,680	0,094	62	2,74
0,50	0,721	0,086	57	2,55
0,56	0,612	0,095	82	0,70

Box storage selain berfungsi untuk menampung volume air hujan juga berfungsi untuk meresapkan air hujan sehingga dapat mengurangi beban pada main drain.



Gambar 4. Bentuk dan dimensi saluran dengan box storage

Untuk perhitungan dimensi box storage selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perhitungan dimensi box storage

Lebar	Tinggi	Kecepatan	Debit	Volume Box Storage
b2	h2	V	Q	v
m	m	m/dt	m ³ /dt	m ³
0,80	0,70	2,20	64,727	24,032
0,70	0,70	2,10	21,667	11,586
0,85	0,65	2,15	60,093	22,871

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 9 dan Tabel 10, dapat dilihat bahwa pada kala ulang 20 tahun pada saluran A persentase volume tampungan bertambah dari 24,68% menjadi

67,16%. Sehingga persentase air yg melimpas pun berkurang 75,32% menjadi 32,84%. Pada saluran B, persentase tampungan bertambah dari 16,11% menjadi 47,88% sehingga mengurangi persentase limpasan air dari 83,89% menjadi 52,12%. Selanjutnya, pada saluran C persentase volume tampungan pun meningkat dari 22,12% menjadi 60,20% sehingga menurunkan persentase air yang melimpas dari 77,88% menjadi 39,80%.

Tabel 9. Volume limpasan, volume saluran, volume box storage dan volume resapan pada saluran untuk kala ulang 20 tahun

Volume Limpasan	Volume Saluran	Volume Box Storage	Volume Resapan
m ³	m ³	m ³	m ³
237,992	58,74	99,68	1,4217
100,844	16,25	31,85	0,1852
223,366	49,40	83,98	1,0936

Tabel 10. Persentase limpasan dan tampungan sebelum dan setelah ada box storage kala ulang 20 tahun

Sebelum Ada Box Storage		Setelah Ada Box Storage	
Tampungan	Limpasan	Tampungan	Limpasan
%	%	%	%
24,68	75,32	67,16	32,84
16,11	83,89	47,88	52,12
22,12	77,88	60,20	39,80

4. Kesimpulan

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

- 1) Saluran drainase yang digunakan adalah dimensi saluran eksisting dengan menambahkan box storage di bawah saluran eksisting. Sehingga dimensi underdrain box storage yang digunakan untuk meningkatkan volume tampungan dan resapan serta mereduksi limpasan pada saluran disesuaikan dengan dimensi saluran eksisting, yaitu pada saluran A lebar saluran: 0,60 meter, tinggi saluran 0,55 meter, diameter lubang pengisian 0,094 meter, lebar box storage: 0,8 meter, tinggi box storage 0,7 meter. Saluran B, lebar saluran 0,65 meter, tinggi saluran 0,50 meter, diameter lubang pengisian 0,094 meter, lebar box storage: 0,85 meter, tinggi box storage 0,65 meter. Sedangkan Saluran

C, lebar saluran 0,50 meter, tinggi saluran 0,50 meter, diameter lubang pengisian 0,094 meter, lebar *box storage*: 0,70 meter, tinggi *box storage* 0,70 meter.

- 2) Berdasarkan hasil perhitungan, penerapan *underdrain box storage* dapat meningkatkan volume tampungan pada saluran. Dimana persentase rata-rata volume tampungan untuk kala ulang 20 tahun sebelum dan setelah penerapan *underdrain box storage* adalah 20,97 % menjadi 58,42 %. Selain itu, penerapan *underdrain box storage* juga mampu mereduksi volume limpasan. Dimana persentase rata-rata volume air yang melimpas pada saluran untuk kala ulang 20 tahun sebelum dan setelah penerapan *underdrain box storage* adalah 83,89% menjadi 52,12 %.

Referensi

- [1] T. C. J. and V. Y. Talakua., “Kajian Penanggulangan Genangan dan Peningkatan Resapan Air Menggunakan Underdrain Box Storage di Kawasan Jalan A. Y. Patty Kota Ambon (Studi Kasus),” *Manumata J. Ilmu Tek.*, vol. 4, no. 2, 2015.
- [2] C. D. Soemarto, *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga, 1999.
- [3] L. Joesron, *Banjir Rencana untuk Bangunan Air*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, 1984.
- [4] Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi, 2003.
- [5] A. Sitanala, *Konservasi Tanah dan Air*. Bandung: IPB Press, 2006.
- [6] M. Das Braja, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga, 1988.
- [7] A. Cauvin and H. Guerre, *Elements D’Hydrauliq*. Paris: Boulevard Saint-Germain, 1986.
- [8] Soewarno, *Hidrologi (Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data)*. Bandung: Nova, 1995.

