

ANALISIS RESAPAN AIR HUJAN BERBAGAI TANAH TIMBUNAN PADA PENGUJIAN LABORATORIUM

Aldio Fikhri Maulida Putra¹, Totoh Andayono²

^{1,2}Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email: aldioadra99@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini dilatarbelakangi karena sering terjadinya genangan secara terus menerus pada suatu tempat yang mengakibatkan kerugian harta benda, hewan, tanaman, bahkan jiwa manusia. Salah satu sebab terjadinya genangan adalah hujan yang terjadi secara terus menerus pada suatu tempat. Oleh sebab itu harus ada upaya untuk mengatasi genangan air. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat kemampuan resapan air ke dalam tanah menggunakan alat resapan buatan. Banyak metode yang digunakan untuk meresapkan air ke dalam tanah, salah satunya yaitu sumur resapan. Penelitian ini merupakan metode eksperimen yang menguji performa laju resapan air menggunakan alat resapan buatan pada pengujian di laboratorium bahan bangunan dan mekanika tanah Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Hasil dari pengujian ini berupa nilai laju resapan air hujan dan kapasitas resapan air hujan dari beberapa kuari tanah timbunan. Tanah Timbunan yang dipilih adalah tanah timbunan dari kuari Lubuk Alung, Sungai Sariaik, Duku Teluk Kabung, dan kuari Gunung Sarik. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan nilai kapasitas resapan air hujan tertinggi yaitu pada tanah timbunan dari kuari Sungai Sarik yaitu sebesar 0,8 mm/jam pada saat hujan pertama dan 1,3 mm/jam pada saat pasca hujan dengan volume resapan air sebesar 150.000 m³/jam/km².

Kata Kunci : Genangan, Resapan Air Hujan, Tanah Timbunan

Abstract : *This research is motivated by the frequent occurrence of continuous inundation in a place that results in the loss of property, animals, plants, and even human souls. One of the causes of inundation is rain that occurs continuously in a place. Therefore, there must be efforts to overcome waterlogging. The purpose of this study was to see the ability of water recharge into the soil using artificial infiltration devices. Many methods are used to absorb water into the ground, one of which is infiltration wells. This research is an experimental method that tests the performance of water infiltration rates using artificial infiltration devices in tests in the laboratory of building materials and soil mechanics, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Padang State University. The results of this test are in the form of the value of rainwater infiltration rate and rainwater recharge capacity from several landfill quarries. The landfill selected is landfill from the Lubuk Alung quarry, Sariaik River, Duku Teluk Kabung, and Mount Sarik quarry. Based on the analysis that has been done, the highest rainwater infiltration capacity value is obtained on landfill from the Sarik River quarry, which is 0.8 mm/hour during the first rain and 1.3 mm/hour during post-rain with a water infiltration volume of 150,000 m³/hour/km².*

Keyword : *Puddle, Rainwater Infiltration, Landfill*

PENDAHULUAN

Air merupakan komponen mutlak yang sangat berguna bagi kehidupan dan penghidupan (tidak hanya manusia, namun untuk semua makhluk hidup), akan tetapi air bisa membahayakan bagi kehidupan jika air tersebut datang dalam jumlah yang sangat besar dan dapat mengakibatkan kerugian harta benda, hewan, tanaman, atau mungkin jiwa manusia (Paul Santosa, 2006). Salah satu sebab terjadinya bahaya dari komponen air adalah hujan yang terjadi secara terus menerus pada suatu tempat yang akan mengakibatkan terjadinya genangan (banjir).

Menurut Muliawan I Wayan (2019), ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya suatu genangan, yaitu genangan yang disebabkan oleh intensitas hujan yang terlalu tinggi, genangan yang disebabkan oleh sampah yang menghalangi aliran air, genangan yang disebabkan oleh endapan atau sedimentasi, genangan yang disebabkan kemiringan saluran yang tidak sesuai dengan rencana, dan genangan yang disebabkan oleh letak saluran berada pada dataran yang rendahnya melebihi dari DAS pembuangan.

Banyak upaya yang dapat digunakan dalam meminimalisir genangan, salah satu contohnya yaitu menggunakan sumur resapan. Selain sumur resapan masih banyak lagi alternatif lain yang digunakan dalam upaya mengurangi genangan. Namun dari beberapa alat alternatif tersebut butuh adanya pengembangan teknologi yang tidak membutuhkan lahan yang luas serta waktu pembuatan yang lama, dan biaya pemeliharaan alat yang relatif murah (Setyo Budi Basuki, 2013).

Penelitian ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dalam perihal pembangunan perumahan untuk memilih tanah timbunan dari berbagai kuari yang baik digunakan di Kota Padang, berdasarkan nilai sifat fisik tanah dan mekanik, serta nilai laju resapan air ke dalam tanah yang akan melalui proses pengujian pada uji laboratorium.

Pengujian ini nantinya akan berdampak positif bagi lingkungan masyarakat dalam perihal pemilihan tanah timbunan dari beberapa kuari dan mencegah atau meminimalisir terjadinya genangan di Kota Padang, serta sebagai alternatif sumur resapan berdasarkan tanah timbunan yang digunakan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dalam pelaksanaannya menggunakan jenis metode eksperimen, yaitu pengambilan sample ke lapangan dan dibawa nantinya ke laboratorium bahan bangunan dan mekanika tanah Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang untuk proses pengujian. Tujuannya agar dapat menentukan nilai resapan air terhadap tanah timbunan menggunakan alat resapan buatan. Tanah yang akan diuji merupakan tanah yang diambil dari beberapa kuari, yaitu: Lubuk Alung, Sungai Sarik, Duku Teluk Kabung, dan Gunung Sarik.

Langkah-langkah dalam penelitian yang akan dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan seperti berikut:

a. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan pada beberapa jurnal, buku, SNI dan tugas-tugas akhir yang mengkaji tentang resapan air pada tanah, serta mempelajari bentuk-bentuk yang berkaitan dengan pengujian resapan air terhadap tanah.

b. Observasi Kuari

Observasi kuari dilakukan dengan melihat langsung kuari yang layak digunakan untuk tanah timbunan melalui pengujian resapan air menggunakan alat buatan. Berdasarkan observasi ke beberapa daerah yang memiliki lahan tanah timbunan, maka ditentukan sebanyak empat tempat untuk pengambilan sample tanah timbunan, yaitu daerah kuari Lubuk Alung, Sungai Sarik, Duku Teluk Kabung dan Gunung Sarik.

Tabel 1. Lokasi Penelitian

Nama Kuari	Lokasi	Titik Koordinat
Lubuk Alung	Lubuk Alung, Kec. Padang Pariaman	0°40'13"S 100°18'35"E
Sungai Sarik	Sungai Sariak, Kec. Padang Pariaman	0°33'42"S 100°15'18"E
Duku Teluk Kabung	Duku Utara, Kec. XI Tarusan	1°04'24"S 100°25'37"E
Gunung Sarik	Gunung Sariak, Kec.	0°52'44"S 100°24'59"E

	Kuranji Padang	
--	----------------	--

Sumber: Google Earth

c. Jenis Data Penelitian

Data primer dan data sekunder merupakan jenis dari data penelitian ini.

d. Pengujian Parameter Tanah

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian sifat fisik tanah yang berpedoman kepada SNI diantaranya Pengujian Kadar air tanah, Pengujian Berat Jenis dan pengujian Analisis Saringan, selain sifat fisik tanah juga dilakukan pengujian laju resapan air menggunakan alat resapan buatan di laboratorium untuk mengetahui daya serap air terhadap tanah dan untuk mengetahui nilai kapasitas tanah serta mencari volume air di dalam tanah terhadap tanah timbunan yang akan digunakan di Kota Padang.

Berikut tabel klasifikasi infiltrasi dan klasifikasi daerah resapan air terhadap nilai infiltrasi.

Tabel 2. Klasifikasi Kapasitas Infiltrasi

Klasifikasi	Laju Infiltrasi Konstan (mm/jam)
Sangat Lambat	<1
Lambat	1 – 5
Sedang – Lambat	5 – 20
Sedang	20 – 65
Sedang – Cepat	65 – 125
Cepat	125 – 250
Sangat Cepat	>250

Sumber: U.S Soil Conservasion

Tabel 3. Klasifikasi Daerah Resapan Berdasarkan Nilai Infiltrasi

No.	Klasifikasi Daerah Resapan	Laju Infiltrasi (cm/menit)	Vol. Air Yang Mampu Diresapkan (m ³ /jam/km ²)
I	Sangat Tinggi	>1,50	1.050.000
II	Tinggi	1,25 – 1,50	825.013
III	Agak Tinggi	1,00 – 1,25	675.000
IV	Sedang	0,75 – 1,00	525.000
V	Rendah	0,50 – 0,75	375.000
VI	Sangat Rendah	<0,50	150.000
	1 A	0,4 – 0,5	
	2 B	0,3 – 0,4	
	3 C	0,2 – 0,3	
	4 D	0,1 – 0,2	
	5 E	<0,1	

Sumber: Hutasoit 1997, dalam Rusli (2017)

Berikut penjelasan dari pengujian parameter tanah:

1. Kadar Air Tanah

SNI 1965 Tahun 2008 menjelaskan bahwa fungsi dari pengujian kadar air ini dapat diterapkan untuk menentukan konsistensi karakter material dan sifatnya pada tanah kohesif. Pengujian kadar air merupakan benda uji yang dikeringkan di dalam oven selama 12 sampai 16 jam, hingga didapatkan berat benda uji konstan.

Rumus untuk mencari nilai kadar air adalah sebagai berikut:

$$w = \frac{w2 - w3}{w3 - w1} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

w = Kadar Air (%)

w1 = Berat Cawan (gr)

w2 = Berat Cawan+Tanah Basah (gr)

w3 = Berat Cawan+Tanah Kering (gr)

2. Berat Jenis Tanah

SNI 1964, Tahun 2008 menjelaskan bahwa pentuan berat jenis tanah dilakukan di laboratorium terhadap contoh tanah yang di ambil di lapangan. Kegunaan hasil pengujian berat jenis tanah ini adalah untuk menentukan konsistensi karakter material dan sifatnya.

Rumus untuk mencari nilai kadar air adalah sebagai berikut:

$$Gs = \frac{w2 - w1}{(w4 - w1) - (w3 - w2)} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

w1 = Berat Piknometer Kosong (gr)

w2 = Berat Piknometer Kosong+Tanah Kering (gr)

w3 = Berat Piknometer Kosong + Tanah Kering + Air (gr)

w4 = Berat Piknometer Kering + Air (gr)

3. Analisis dan Hydrometer

Ukuran butiran tanah berbeda-beda tergantung dari jenis tanah. Ukuran butiran tanah atau partikel dilakukan dengan uji saringan. Saringan disusun mulai dari yang terbesar dari atas hingga saringan terkecil pada susunan bawahnya. Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan, satu set saringan, talam, sendok material, kuas bulu dan kuas kawat tembaga. Untuk bahannya adalah tanah. Pengujian analisa saringan bertujuan untuk menentukan persentase ukuran butir tanah pada benda uji yang tertahan pada saringan no. 200 dan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar

4. Laju Resapan

Pengujian laju resapan air dihitung menggunakan data volume air yang masuk ke dalam alat resapan buatan, volume (cm³) air yang masuk akan dibagi dengan luas permukaan alat maka akan didapatkan nilai penurunan permukaan air (ΔH), volume air yang masuk dihitung setiap menitnya. Nilai ΔH akan dibagi dengan waktu kumulatif pengujian maka akan didapatkan nilai resapan air hujan (ΔH /menit).

Pengujian resapan air hujan dilakukan dengan dua pengujian yaitu pengujian resapan air hujan pertama dan pengujian resapan air pasca hujan. Pada saat hujan pertama atau disebut juga sebelum hujan terjadi yaitu pada saat tanah masih kering, sedangkan pada saat pasca hujan atau disebut juga setelah hujan yaitu pengujian terhadap tanah basah yang terjadi karena hujan pertama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Data

Mengumpulkan data diawali dengan melakukan survey lapangan untuk pengambilan tanah penelitian. Data terkait nilai tanah timbunan diperoleh dari hasil pengujian sampel tanah yang diambil dari lokasi kuari yang berbeda setelah itu dilakukan pengujian mulai tanggal 13 maret - 30 april 2023 di laboratorium bahan bangunan dan mekanika tanah jurusan teknik sipil Universitas Negeri Padang. Sampel tanah yang diambil untuk pengujian tanah timbunan adalah contoh tanah terganggu yang diambil dari 4 Lokasi Pengambilan Sampel tanah timbunan yaitu: Lubuk Alung, Sungai Sariak, Gunung Sariak dan Duku Teluk Kabung. Pada masing-masing kuari yang berbeda diambil sebanyak 300 kg untuk dijadikan bahan penelitian dilaboratorium.

B. Analisis Data

Analisis data pengujian tanah bertujuan untuk mengetahui berapa nilai analisis resapan air hujan menggunakan alat resapan air buatan pada pengujian laboratorium berdasarkan kuari tanah timbunan yang telah ditentukan beserta uji sifat fisik dan mekanik tanah.

1. Pengujian Kadar Air Tanah

Nilai kadar air tanah didapat setelah melakukan pengujian, berikut tabel pengujian kadar air tanah untuk 4 kuari:

Tabel 4. Kadar Air Tanah 4 Kuari

Nama Kuari	Kadar Air
Lubuk Alung	21,30

Sungai Sarik	21,90
Duku Teluk Kabung	40,55
Gunung Sariak	43,66

Sumber: Hasil Pengolahan Data

2. Pengujian Berat Jenis Tanah

Nilai berat jenis tanah didapat setelah melakukan pengujian, berikut tabel pengujian berat jenis tanah untuk 4 kuari.

Tabel 5. Berat Jenis Tanah 4 Kuari

Nama Kuari	Berat Jenis
Lubuk Alung	2,451
Sungai Sarik	2,626
Duku Teluk Kabung	2,669
Gunung Sariak	2,626

Sumber: Hasil Pengolahan Data

3. Pengujian Analisis Saringan dan Hydrometer

Nilai analisis saringan dan hydrometer didapat setelah melakukan pengujian, berikut tabel pengujian analisis saringan dan hydrometer tanah untuk 4 kuari:

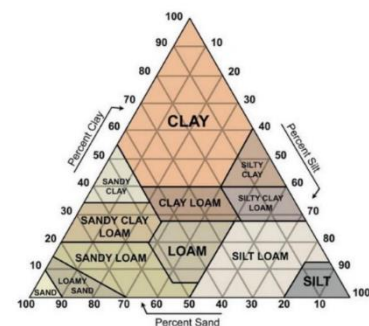
Tabel 6. Komposisi Butiran

Nama Kuari	Komposisi Butiran (%)			
	Gravel	Sand	Silt	Clay
Lubuk Alung	1,74	97,62	0,46	0,19
Sungai Sarik	8,14	90,92	0,67	0,28
Duku Teluk Kabung	4,92	82,17	6,02	6,89
Gunung Sariak	4,05	84,36	6,51	5,07

Sumber: Hasil Data Pengolahan

4. Klasifikasi Tanah

Berdasarkan komposisi butiran maka dapat ditentukan klasifikasi jenis tanah berdasarkan segitiga tekstur tanah menurut *United States Departement of Agriculture (USDA)*. Berikut gambar segitiga tekstur tanah menurut USDA.



Gambar 1. Segitiga Tekstur Tanah

Berdasarkan segitiga tekstur tanah maka dapat diklasifikasikan tanah ke dalam bentuk jenis tanah, sebagai berikut:

Tabel 7. Jenis Tanah 4 Kuari

Nama Kuari	Jenis Tanah
Lubuk Alung	Pasir
Sungai Sarik	Pasir Lempung
Duku Teluk Kabung	Lempung Berpasir
Gunung Sarik	Lempung Berpasir

Sumber: Hasil Pengolahan Data

5. Pengujian Resapan Air dan Kapasitas Resapan Air

Pengujian resapan air hujan dilakukan dengan dua pengujian yaitu pengujian resapan air hujan pertama dan pengujian resapan air pasca hujan. Pada saat hujan pertama atau disebut juga sebelum hujan terjadi yaitu pada saat tanah masih kering, sedangkan pada saat pasca hujan atau disebut juga setelah hujan yaitu pengujian terhadap tanah basah yang terjadi karena hujan pertama.

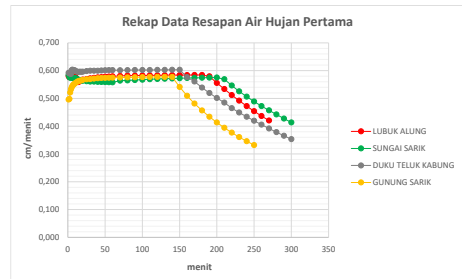
Kapasitas resapan air hujan merupakan laju air maksimum yang masuk ke dalam tanah dengan satuan (cm/jam). Pada penelitian ini, agar di dapat nilai kapasitas resapan air terhadap tanah maka dilakukan perhitungan menggunakan model horton, dimana dinyatakan kapasitas resapan air terhadap tanah seiring bertambahnya waktu akan berkurang dan mencapai nilai konstan. Model resapan air menurut horton memiliki persamaan sebagai berikut:

$$F = fc + (f_0 - fc) e^{-kt} \dots \dots \dots (3)$$

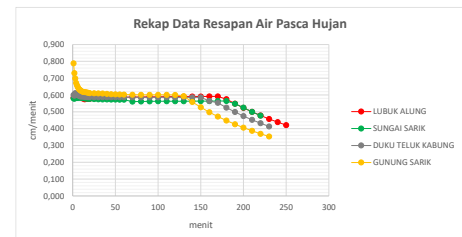
Dimana:

- F = Kapasitas Resapan Air
- fc = Kapasitas Resapan Air Hujan saat t
- f0 = Kapasitas Awal
- e = 2,718
- k = Konstanta Geofisik
- t = Waktu (jam)

Berikut adalah grafik hasil pengujian resapan air hujan pertama dan pasca hujan:



Gambar 2. Laju Resapan Air Hujan Tanah Timbunan 4 kuari Hujan Pertama



Gambar 3. Laju Resapan Air Hujan Tanah Timbunan 4 kuari Pasca Hujan

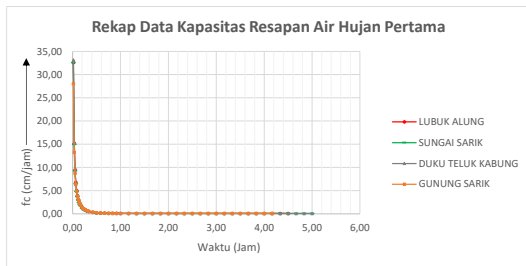
Berdasarkan grafik diatas maka di peroleh nilai laju resapan air sebagai berikut:

Tabel 8. Laju Resapan Air Tanah Timbunan 4 Kuari

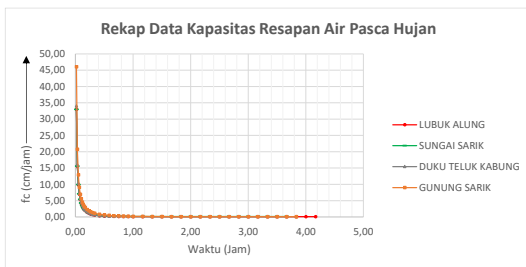
No	Nama Kuari	Tipe Hujan	Laju Resapan Air (cm/menit)
1	Lubuk Alung	Hujan Pertama	0,580 - 0,421
		Pasca Hujan	0,584 - 0,421
2	Sungai Sarik	Hujan Pertama	0,584 - 0,413
		Pasca Hujan	0,580 - 0,477
3	Duku Teluk Kabung	Hujan Pertama	0,592 - 0,354
		Pasca Hujan	0,600 - 0,413
4	Gunung Sarik	Hujan Pertama	0,496 - 0,332
		Pasca Hujan	0,788 - 0,353

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari tabel diatas maka didapat hasil perhitungan kapasitas resapan air, yaitu sebagai berikut:



Gambar 3. Kapasitas Resapan Air 4 Kuari Hujan Pertama



Gambar 4. Kapasitas Resapan Air 4 Kuari Pasca Hujan

Berdasarkan grafik di atas, maka diperoleh nilai kapasitas resapan air setiap kuari tanah timbunan dengan kategori klasifikasi resapannya pada umumnya sangat lambat serta memiliki klasifikasi daerah resapan air yang sangat rendah. Berikut tabel kapasitas resapan air tanah timbunan pada 4 kuari tanah timbunan:

Tabel 9. Kapasitas Resapan Air Tanah Timbunan 4 Kuari

No	Nama Kuari	Tipe Hujan	Kapasitas Resapan Air (cm/jam)
1	Lubuk Alung	Hujan Pertama	0,09
		Pasca Hujan	0,10
2	Sungai Sarik	Hujan Pertama	0,08
		Pasca Hujan	0,13
3	Duku Teluk Kabung	Hujan Pertama	0,07
		Pasca Hujan	0,11
4	Gunung Sarik	Hujan Pertama	0,08
		Pasca Hujan	0,09

Sumber: Hasil Data Pengolahan

Dari tabel 9 dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan klasifikasi resapan air termasuk ke dalam kategori lambat dan

sangat lambat, dan pada klasifikasi daerah resapan air termasuk dalam klasifikasi sangat rendah dengan volume resapan airnya yaitu sebesar 150.000 m³/jam/km². Untuk kuari yang memiliki kapasitas resapan yang cukup tinggi adalah kuari yang berasal dari daerah Sungai Sarik. Dengan kapasitas yang cukup besar, akan mampu untuk meminimalisir terjadinya genangan pada permukaan tanah (banjir). Kuari Tanah Timbunan yang berasal dari Sungai Sarik merupakan tanah timbunan yang memiliki performa laju resapan air yang baik.

KESIMPULAN

Pengujian resapan air hujan menggunakan alat resapan air buatan yang dilakukan pada laboratorium menggunakan tanah timbunan di Kota Padang yaitu tanah timbunan kuari Lubuk Alung, kuari Sungai Sarik, kuari Duku Teluk Kabung dan kuari Gunung Sarik, didapatkan kesimpulan hasil pengujian resapan air menggunakan alat resapan air buatan bahwa tanah timbunan yang berasal dari Sungai Sarik merupakan tanah yang baik digunakan untuk pengembangan di Kota Padang dengan kapasitas resapan air hujan sebesar 0,8 mm/jam pada hujan pertama dan 1,3 mm/jam pada pasca hujan dengan klasifikasi resapan lambat dan klasifikasi daerah resapan sangat rendah yang mampu menampung air sebesar 150.000 m³/jam/km², sedangkan tanah yang tidak disarankan untuk dijadikan tanah timbunan di Kota Padang adalah tanah yang berasal dari kuari Gunung Sarik dengan kapasitas resapan airnya yang rendah yaitu 0,8 mm/jam pada hujan pertama dan 0,9 mm/jam pada saat pasca hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andayono, dkk. 2017. *Pengaruh Kepadatan Tanah Terhadap Laju Infiltrasi Dikawasan Pengembangan Kota Padang*. Journal Sains, Teknologi, dan Rekayasa. Padang. Universitas Negeri Padang.
- [2] Arsyad Sitanala. 2012. *Konversi Tanah dan Air*. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- [3] Bahunta, L dan Wapodo, R. S. B. 2019. *Rancangan Sumur Resapan Air Hujan Sebagai Upaya Pengurangan Limpasan di Kampung Babakan, Cibinong, Kabupaten Bogor*. Journal Teknik Sipil dan Lingkungan. Bogor. Institut Pertanian Bogor.

- [4] Barkah, Mochamad Nursiyam, dkk. 2021. *Modul Pratikum Hidrogeologi*. Indramayu. CV Adanu Abimata.
- [5] Brata, Kamir R dan Nelistiya Anne. 2008. *Lubang Resapan Biopori*. Bogor. PT Niaga Swadaya.
- [6] Darwis. 2018. *Dasar-dasar Mekanika Tanah*. Yogyakarta. Pena Indis.
- [7] David Muhammad, dkk. 2016. *Analisis Laju Infiltrasi Pada Tutupan Lahan Perkebunan dan Hutan Tanam Industri (HTI) Di Daerah Aliran Sungai (DAS) Siak*. Journal FTEKNIK. Riau. Universitas Riau.
- [8] Duppa Hakim. 2017. *Sumur Resapan Untuk Mengurangi Genang Air dan Banjir*. Journal Scientific Pinisi. Makassar. Universitas Pepabri Makassar.
- [9] Hadisusanto Nugroho. 2011. *Aplikasi Hidrologi*. Malang. Jogja Media Utama.
- [10] Hakam Abdul. 2008. *Rekayasa Pondasi Untuk Mahasiswa dan Praktisi*. Padang. CV Bintang Grafika.
- [11] Hariyanto Sucipto, dkk. 2016. *Lingkungan Abiotik Jilid 2: Mineral, Batuan, Gempa, Tanah, dan Iklim*. Surabaya. Airlangga University Press.
- [12] Indarto. 2010. *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta. PT Bumi Aksara.
- [13] Indonesia. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan*. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 1451. Jakarta.
- [14] Kodoatie, Robert J. 2012. *Tata Ruang Air Tanah*. Yogyakarta. ANDI.
- [15] Kumairah, Fiqriah Hanum. 2021. *Pengantar Ilmu Tanah*. Samarinda. Tanesa
- [16] Latuamury Bokiraiya. 2020. *Buku Ajar Manajemen DAS Pulau-pulau Kecil*. Yogyakarta. CV Budi Utama
- [17] Muliawan, I Wayan. 2019. *Dampak Genangan Air Hujan Terhadap Kondisi Jalan Anta Sura di Kecamatan Denpasar Timur*. Paduraksa. Bali. Universitas Warmadewa.
- [18] Nanda, Abd. Rakhim. 2022. *Substitusi Konstanta Horton Untuk Analisis Infiltrasi*. Yogyakarta. PT Nas Media Indonesia.
- [19] Priyonugroho Anton. 2014. *Analisis Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus pada Daerah Irigasi Sungai Air Keban Daerah Kabupaten Empat Lawang)*. Journal Teknik Sipil dan Lingkungan. Palembang. Universitas Sriwijaya.
- [20] Riyadi Agus. 2009. *Bahaya Banjir dan Cara Penanggulangannya*. Semarang. ALPRIN.
- [21] Rusli. Har. 2017. *Klasifikasi Daerah Resapan*. Bahan Ajar. Teknik Pertambangan. Universitas Negeri Padang.
- [22] Santoso Paul. 2006. *Pengembangan dan Pengelolaan Irigasi Petani di Indonesia*. Journal Irigasi. Bekasi. Percetakan Yudha.
- [23] Setyo, Budi Basuki. 2013. *Model Peresapan Air Hujan Dengan Menggunakan Metode Lubang Resapan Biopori (LRB) Dalam Upaya Pencegahan Banjir*. Journal Teknik Sipil. Semarang. Politeknik Negeri Semarang.
- [24] Siswanto, dkk. 2010. *Efektifitas Sumur Resapan Dalam Mempercepat Proses Laju Infiltrasi*. ISBN 978-602-96729-0-9. Pekanbaru. Universitas Riau
- [25] SNI 1964. (2008). SNI 2828: *Metode Uji Densitas Tanah di Tempat (lapangan) dengan Alat Konus Pasir*. Badan Standarisasi Nasional, 10.
- [26] SNI 1965. (2008). *Cara Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium*. SNI 1965:2008, 1–16.
- [27] SNI 3433. (2008). *Cara uji analisis ukuran butir tanah*. SNI 3433, 1–27.
- [28] SNI 7752. (2012). *Tata Cara Pengukuran Laju Infiltrasi Tanah Di Lapangan*

Menggunakan Infiltrometer Cincin Ganda.
Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa
Teknik Sipil. Hal 1-18.

- [29] Surendro Bambang. 2015. *Mekanika Tanah*. Yogyakarta. CV Andi Offset.
- [30] Suryo, Sumar Hadi. 2022. *Sifat Mekanik dan Kegagalan Material Pada Ekskavator Bucket Teeth*. Banyumas. Zahira Media Publisher.
- [31] Suwignyo. 2021. *Hidrologi Aplikasi Untuk Teknik Sipil*. Malang. Universitas Muhammadiyah Malang Press.
- [32] Thioritz Stevy. 2012. *Eksperimen Lubang Resapan Biopori Sebagai Solusi Untuk Mengatasi Genangan Air Di Kampus Universitas Atma Jaya Makassar*. Journal Pembangunan Wilayah dan Masyarakat. Makassar. Universitas Atma Jaya.
- [33] Tiwery, Charles Johandersson. 2020. *Analisa Dimensi Sumur Resapan Untuk Mereduksi Besar Debit Limpasan Di Kawasan Pemukiman Perkotaan (Studi Kasus Pada Kawasan Urimessing, Kota Ambon)*. Journal Manumata. Maluku. Universitas Kristen Indonesia Maluku.
- [34] Triatmadja Radiana. 2019. *Teknik Penyediaan Air Minum Perpipaan*. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press
- [35] Tumpu Wismar, dkk. 2022. *Sumur Resapan*. Makassar. CV Tohar Media.
- [36] Utomo Muhajir. 2016. *Ilmu Tanah Dasar-dasar dan Pengelolaan*. Jakarta. Kencana.
- [37] Zabara H. W, Zakir. 2020. *Pengelolaan Sumber Daya Air Di Tengah Ketidakpastian Dengan Metode Robust Decision Making*. Yogyakarta. ANDI