STUDI RESAPAN AIR HUJAN MELALUI LUBANG RESAPAN BIOPORI (LRB) SEBAGAI UPAYA MEREDUKSI BEBAN DRAINASE DI UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA

TUGAS AKHIR

OLEH:

LULUK MARTHA

H05214003

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA

SURABAYA

2018

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Luluk Martha
NIM : H05214003
Program Studi : Teknik Lingkungan
Angkatan : 2014-2015

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul: **STUDI RESAPAN AIR HUJAN MELALUI LUBANG RESAPAN BIOPORI (LRB) SEBAGAI UPAYA MEREDUKSI BEBAN DRAINASE DI UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA**. Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan. Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 3 Agustus 2018
Yang membuat pernyataan

Luluk Martha
NIM. H05214003

PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

Tugas Akhir oleh :

Nama : Luluk Martha

NIM : H05214003

Judul : **STUDI RESAPAN AIR HUJAN MELALUI LUBANG RESAPAN BIOPORI (LRB) SEBAGAI UPAYA MEREDUKSI BEBAN DRAINASE DI UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA.**

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 20 Juli 2018

Pembimbing I

Abdul Hakim, M.T
NIP. 198008062014031002

Pembimbing II

Rr. Diah Nugraheni Setyowati, M.T
NIP. 198205012014032001

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir oleh Luluk Martha ini telah dipertahankan

Didepan tim Penguji Tugas Akhir

Surabaya, 27 Juli 2018

Mengesahkan Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya

Susunan Dewan Penguji

Penguji I

Abdul Hakim, M.T
NIP. 198008062014031002

Penguji II

Rr. Diah Nugraheni Setyowati, M.T
NIP. 198205012014032001

Penguji III

Arqowi Pribadi, M.Eng
NIP. 198701032014031001

Penguji IV

Dyah Ratri Nurmaningsih, M.T
NIP. 198503222014032003

Mengesahkan
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. Eni Purwati, M. Ag
NIP. 196512211990022001

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Luluk Martha
NIM : H05214003
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Lingkungan
E-mail address : lulukmarthaaa@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
☑ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :
Studi Resapan Air Hujan Melalui Lubang Resapan Biopori (LRB) Sebagai Upaya Mereduksi Beban Drainase di Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 1 Agustus 2018

Penulis

(Luluk Martha)
nama terang dan tanda tangan

STUDI RESAPAN AIR HUJAN MELALUI LUBANG RESAPAN BIOPORI (LRB) SEBAGAI UPAYA MEREDUKSI BEBAN DRAINASE DI UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA

ABSTRAK

Kurangnya ruang terbuka hijau dapat mengakibatkan genangan bahkan bencana banjir jika terjadi intensitas hujan tinggi yang turun di perkotaan. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya (UINSA) merupakan salah satu fasilitas pendidikan di Kota Surabaya, tepatnya terletak di wilayah rawan banjir Jemur Wonosari, Wonocolo. Salah satu teknologi yang digunakan untuk mengatasi genangan hingga banjir serta untuk menambah cadangan air tanah adalah lubang resapan biopori (LRB). UINSA dapat menyumbang teknologi LRB untuk meresapkan air hujan sehingga dapat mengurangi limpasan air hujan yang terbuang ke selokan hingga sistem drainase. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kebutuhan LRB yang dapat diterapkan di UINSA dan besar prosentase LRB dalam mereduksi beban drainase dengan menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Hasil penelitian diperoleh jumlah LRB yang dapat diterapkan di UINSA adalah 741 buah pada lahan ruang terbuka seluas 1481,84 m^2 dengan reduksi beban drainase di sebesar 42, 83%.

Kata Kunci: Resapan Air Hujan, Infiltrasi, Lubang Resapan Biopori (LRB), Reduksi Beban Drainase

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING iii
LEMBAR PENGESAHAN iv
LEMBAR PERNYATAAN PUBLIKASI v
ABSTRAK vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR SINGKATAN xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Identifikasi Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Rumusan Masalah 4
1.5 Tujuan 4
1.6 Ruang Lingkup 4
1.7 Manfaat 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Siklus Hidrologi 6
2.2 Curah Hujan 7
2.3 Pengukuran Parameter Statistik Data Hidrologi 10
2.4 Tanah 18
2.5 Lubang Resapan Biopori (LRB) 23
2.6 Drainase 28
2.7 Penelitian Terdahulu 30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 33
3.1 Umum 33
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian 33
3.3 Alur Tahapan Penelitian 34

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.4 Tahapan Penelitian 36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 42
4.1 Analisa Data Hidrologi 42
4.2 Analisa Jenis Tanah 55
4.3 Analisa Laju Peresapan Air (Laju Infiltrasi) 62
4.4 Analisa Jenis Tanah dengan Laju Resap Air 66
4.5 Perencanaan Lubang Resapan Biopori (LRB) 67
4.6 Reduksi Beban Drainase Oleh Lubang Resapan Biopori (LRB) 71
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 74
5.1 Kesimpulan 74
5.2 Saran 74
DAFTAR PUSTAKA 75
LAMPIRAN 76

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Derajat Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan 8

Tabel 2.2 Keadaan Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan 8

Tabel 2.3 Ukuran, Massa dan Kecepatan Jatuh Butir Hujan 8

Tabel 2.4 Nilai Yn 15

Tabel 2.5 Nilai Sn 16

Tabel 2.6 Nilai Yt 16

Tabel 2.7 Pembagian Jenis Tanah Berdasarkan Ukuran Butir 19

Tabel 2.8 Jenis Tanah dan Koefisien Permeabilitas Tanah 20

Tabel 2.9 Penelitian Terdahulu 30

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian 34

Tabel 3.2 Alat dan Bahan Analisis Butiran Tanah 36

Tabel 3.3 Alat dan Bahan Uji Infiltrasi 38

Tabel 4.1 Data Curah Hujan Bulanan Maksimum Stasiun Kebonagung 42

Tabel 4.2 Data Curah Hujan Bulanan Maksimum Stasiun Gunungsari 42

Tabel 4.3 Data Curah Hujan Bulanan Maksimum Stasiun Wonokromo 43

Tabel 4.4 Curah Hujan Area dan Curah Hujan Rencana 44

Tabel 4.5 Parameter Statistik 45

Tabel 4.6 Distribusi Sebaran Metode Gumbel Tipe I 48

Tabel 4.7 Distribusi Frekuensi Metode Log Pearson Tipe III 49

Tabel 4.8 Distribusi Sebaran Metode Log Pearson Tipe III 49

Tabel 4.9 Kesesuaiaan Jenis Sebaran 50

Tabel 4.10 X_t Tiap Periode Metode Log Pearson Tipe III 50

Tabel 4.11 Uji Keselarasan Smirnov-Kolmogorov 51

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.12 Intensitas Curah Hujan 52
Tabel 4.13 Debit Limpasan 54
Tabel 4.14 Hasil Uji Konsolidasi Sampel I 55
Tabel 4.15 Hasil Uji Konsolidasi Sampel II 55
Tabel 4.16 Rekapitulasi Koefisien Permeabilitas 56
Tabel 4.17 Nilai Koefisien Permeabilitas Beberapa Jenis Tanah 57
Tabel 4.18 Perhitungan Uji Ayakan Sampel I (- 0,40 m) 58
Tabel 4.19 Perhitungan Uji Ayakan Sampel II (- 0,50 m) 60
Tabel 4.20 Jenis Tanah Lokasi Penelitian 62
Tabel 4.21 Laju Infiltrasi Sebelum dan Setelah Adanya Biopori 64
Tabel 4.22 Nilai Koefisien Permeabilitas Beberapa Jenis Tanah 66
Tabel 4.23 Hasil Uji Infiltrasi Tanah 66
Tabel 4.24 Hasil Uji Infiltrasi, Jenis Tanah, Permeabilitas Tanah 67
Tabel 4.25 Perencanaan Jumlah LRB 69
Tabel 4.26 Reduksi Beban Drainase Karena Adanya LRB 72

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Hidrologi 6
Gambar 2.2 Poligon *Thiessen* 12
Gambar 2.3 Metode Isohiyet 13
Gambar 2.4 Segitiga USDA 19
Gambar 2.5 Peresapan Air ke Dalam Tanah 21
Gambar 2.6 Model Lubang Resapan Biopori 27
Gambar 2.7 Saluran Drainase 29
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian 33
Gambar 3.2 Alur Tahapan Penelitian 35
Gambar 3.3 Skema Infiltrasi Tanah 38
Gambar 3.4 Lokasi Uji Infiltrasi 39
Gambar 4.1 Grafik Tanah Lolos Saringan Sampel I 58
Gambar 4.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur (USDA) 59
Gambar 4.3 Grafik Tanah Lolos Saringan Sampel II 60
Gambar 4.4 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur (USDA) 61
Gambar 4.5 Lokasi I 62
Gambar 4.6 Lokasi II 63
Gambar 4.7 Lokasi III 63
Gambar 4.8 Ilustrasi Perencanaan LRB 68
Gambar 4.9 Rencana Lubang Resapan Biopori 70

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR SINGKATAN

1. BMKG = Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
2. CK = Koefisien Kurtosis
3. CS = Koefisien *Skewness*
4. CV = Koefisien Variasi
5. DAS = Daerah Aliran Sungai
6. LRB = Lubang Resapan Biopori
7. PAH = Penampungan Air Hujan
8. PERMENLH = Peraturan Menteri Lingkungan Hidup
9. PVC = Polivinil Klorida
10. RTH = Ruang Terbuka Hijau
11. SD = Standar Deviasi
12. UINSA = Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya
13. UPT PSDA = Unit Pelaksana Teknik Pengelolaan Sumber Daya Air
14. USDA = *United States Department of Agriculture*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Surabaya merupakan Ibukota Provinsi Jawa Timur. Kota Surabaya memiliki luas wilayah kurang lebih 326,36 km^2 yang terbagi dalam 31 kecamatan dan 163 kelurahan dengan banyaknya penduduk berjumlah 3.016.653 (Kota Surabaya Dalam Angka, 2017). Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya (UINSA) merupakan salah satu Universitas di Kota Surabaya dimana civitas akademika di UINSA tidak hanya berasal dari masyarakat Kota Surabaya, melainkan dari beberapa daerah di Indonesia. Bertambahnya penduduk berbanding lurus dengan peningkatan ekonomi warga yang menyebabkan semakin bertambahnya pemukiman. Padatnya bangunan di perkotaan dengan bertambahnya sarana prasarana pemukiman, jalan beraspal, jalan berpaving, *mall*, *restaurant* dan lain-lain mengakibatkan kurangnya Ruang Terbuka Hijau (RTH) serta kurangnya daerah resapan air.

Berdasarkan Undang-Undang Penataan Ruang No. 26 tahun 2007 Pasal 29 menetapkan bahwa kota harus menyediakan 20% dari luasnya sebagai RTH publik yang dikelola dan disediakan pemerintah serta minimal 10% disediakan oleh pihak di swasta dan masyarakat. Sehingga secara keseluruhan, RTH yang disediakan kota minimal berjumlah 30% dari luas kota. Data Bappeko Surabaya tahun 2016, menyebutkan bahwa jumlah luasan RTH Kota Surabaya sebesar 6.853,46 Ha dengan prosentase luas RTH terhadap luas kota adalah 20,74 %. Hal tersebut menunjukkan masih adanya kekurangan RTH sebesar 9,26% (Puri, 2017).

Kurangnya RTH dapat mengakibatkan genangan bahkan bencana banjir jika terjadi intensitas hujan tinggi yang turun di perkotaan. Terhimpun dalam harian Sindo News pada hari Jumat, tanggal 24 November 2017 telah terjadi banjir di Kota Surabaya, khususnya di Kelurahan Jemur Wonosari, Kecamatan Wonocolo. Wilayah di dekat kampus UINSA terendam cukup parah. Tak hanya akses jalan, air juga merendam rumah-rumah warga. Selain karena hujan deras, banjir turut

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dipicu akibat buruknya penataan drainase (Ulumuddin, 2017). Pakar banjir Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Ir. Anggraheny M.Sc juga menyebutkan bahwa salah satu penyebab banjir yang melanda Kota Surabaya beberapa tahun silam disebabkan karena kurangnya tatanan drainase dan ruang penampungan (serapan) air. Sehingga, luapan air sungai yang tidak memiliki ruang cukup akan meluber kemana-mana, seperti ke jalan raya (Tito, 2016).

Banjir merupakan suatu bencana yang diakibatkan oleh aktivitas manusia diimbangi dengan tingginya curah hujan yang turun. Padahal, hujan merupakan suatu rahmat yang diturunkan oleh Allah SWT dan menjadi rezeki bagi makhluk hidup di dunia yang tertuang dalam kitab suci Al-Qur'an pada surah Al-Baqoroh ayat 22 yang berbunyi:

ٱلَّذِى جَعَلَ لَكُمُ ٱلْأَرْضَ فِرَٰشًا وَٱلسَّمَآءَ بِنَآءً وَأَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَأَخْرَجَ بِهِۦ

مِنَ ٱلثَّمَرَٰتِ رِزْقًا لَّكُمْ ۖ فَلَا تَجْعَلُوا۟ لِلَّهِ أَندَادًا وَأَنتُمْ تَعْلَمُونَ ﴿٢٢﴾

yang mempunyai arti "Dialah yang menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu dan langit sebagai atap, dan Dia menurunkan air (hujan) dari langit, lalu Dia menghasilkan dengan hujan itu segala buah-buahan sebagai rezeki untukmu; karena itu janganlah kamu mengadakan sekutu-sekutu bagi Allah, padahal kamu mengetahui". Hujan sebagai rezeki berbanding terbalik dengan bencana banjir yang kerap terjadi di Indonesia khususnya di UIN Sunan Ampel Surabaya, Kecamatan Wonocolo, Kota Surabaya. Hujan sudah selayaknya dimanfaatkan sehingga tidak lagi terjadi bencana banjir. Sehingga hujan akan menjadi rezeki bagi makhluk hidup tanpa menjadi bencana.

Berdasarkan siklus hidrologi, air hujan yang turun dan jatuh di permukaan tanah akan terdistribusi secara evapotranspirasi, infiltrasi/perkolasi dan melimpas kemudian mengalir ke badan air. Padatnya bangunan di perkotaan mengurangi luas lahan terbuka hijau mengakibatkan semakin besar debit limpasan air hujan dan semakin sedikit debit air yang mengalami proses infiltrasi ke dalam tanah (Damayanti, 2011). Salah satu cara yang digunakan untuk mengelola air limpasan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

hujan sekaligus menanggulangi banjir tersebut adalah dengan meresapkan air ke dalam tanah menggunakan teknologi Lubang Resapan Biopori (LRB).

LRB dapat menanggulangi banjir untuk daerah yang sudah mulai berkurang daerah resapan airnya, selain itu LRB dapat membantu mengurangi kekeringan serta mengurangi beban sampah kota. Teknologi LRB dapat dibuat dengan mudah, biaya yang murah, tidak memerlukan lahan yang luas serta cepat dalam proses pembuatannya. LRB sangat tepat bila diterapkan pada wilayah yang mempunyai kepadatan bangunan dan pemukiman penduduk (Elsie, 2017).

UINSA sebagai salah satu fasilitas pendidikan di Kota Surabaya, tepatnya terletak di wilayah rawan banjir Jemur Wonosari, Wonocolo dapat menyumbang teknologi LRB untuk meresapkan air hujan sehingga dapat mengurangi limpasan air hujan yang terbuang ke drainase. Selain itu, LRB juga dapat berfungsi menambah cadangan air tanah di wilayah UINSA. Oleh karena itu, diperlukan studi mengenai resapan air hujan melalui LRB sebagai upaya mereduksi beban drainase di wilayah rawan banjir UINSA.

1.2 Identifikasi Masalah

UINSA merupakan Universitas yang berada dalam wilayah rawan banjir. Padatnya bangunan di UINSA yang berdampak pada kurangnya RTH mengakibatkan banyaknya air hujan yang melimpas.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini dikhususkan pada rencana jumlah LRB dan besar prosentase pemanfaatan LRB dalam mereduksi beban drainase di UINSA.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka permasalahan dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa jumlah LRB yang dapat diterapkan di Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya?
2. Berapa besar pemanfaatan LRB dalam mereduksi beban drainase?

1.5 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah tersebut di atas, maka tujuan dirumuskan sebagai berikut:

1. Merencanakan jumlah LRB yang dapat diterapkan di Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
2. Mengetahui besar pemanfaatan LRB dalam mereduksi beban drainase.

1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Luas area RTH di UINSA.
2. Jenis tanah dan permeabilitas tanah di UINSA.
3. Jumlah LRB yang dapat diterapkan di UINSA.
4. Desain LRB yang dapat diterapkan di UINSA.
5. Analisis reduksi beban drainase di UINSA.

1.7 Manfaat

Penilitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang terkait di dalamnya. Beberapa manfaat tersebut antara lain:

1. Bagi Civitas Akademika

   Civitas akademika dapat mengembangkan kemampuan dan keahlian yang telah dipelajari serta dapat memperoleh pengetahuan dan wawasan mengenai LRB.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Bagi Universitas

   Universitas dapat mengetahui bahwa di UINSA dapat diterapkan LRB yang dapat mereduksi beban drainase di sekitar kampus.

3. Bagi Pembaca

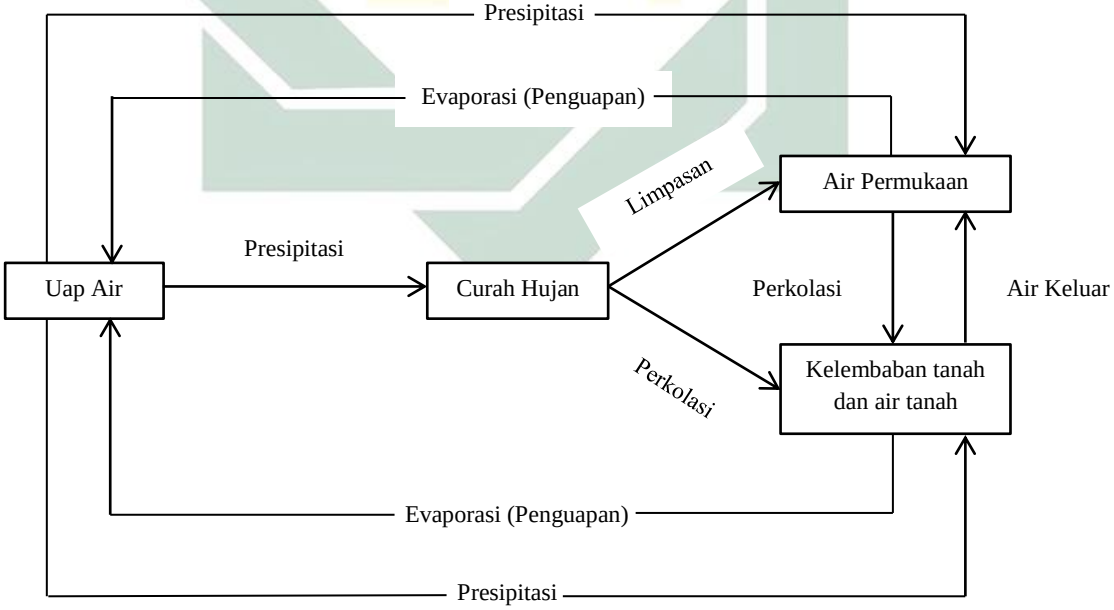
   Pembaca dapat memperoleh pengetahuan dan wawasan baru mengenai LRB serta manfaatnya dalam mengurangi beban drainase.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siklus Hidrologi

Air yang ada di bumi mengalami siklus. Air yang ada di laut dan permukaan tanah menguap ke udara (evaporasi), kemudian menyatu satu sama lain dengan suatu proses sehingga membentuk awan (kondensasi), kemudian jatuh ke permukaan laut atau daratan sebagai hujan atau salju (presipitasi). Sebelum tiba di permukaan bumi, air ada yang menguap ke udara dan ada juga yang tiba di permukaan bumi. Setelah tiba di permukaan bumi, air ada yang tertahan oleh tumbuh-tumbuhan, ada juga yang mengalir ke permukaan tanah. Kemudian, air hujan yang jatuh ke permukaan sebagian ada yang meresap ke dalam tanah, ada pula yang melimpas dan akan masuk ke badan air, yang melimpas itu akan bermuara ke laut, dan akan berputar kembali menjadi siklus hidrologi (Sosrodarsono dan Takeda, 2003). Pada dasarnya, siklus hidrologi terdiri atas proses pada gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi

(Sumber: Sosrodarsono dan Takeda, 2003)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan gambar 2.1, dapat dijabarkan bahwa siklus hidrologi terdiri atas proses-proses berikut ini:

a. Evaporasi: Evaporasi diartikan sebagai suatu proses penguapan dari wujud air ataupun es yang kemudian menjadi uap lalu naik ke udara dari sumber permukaan air, permukaan tanah, padang rumput, sawah, hutan dan lain-lain.
b. Presipitasi: Presipitasi merupakan proses turunnya air ke permukaan bumi yang sering disebut hujan dari uap yang melalui proses kondensasi.
c. Limpasan: Limpasan adalah air hujan yang turun ke permukaan bumi yang mengalir namun tidak masuk ke dalam tanah.
d. Perkolasi: Perkolasi merupakan proses mengalirnya air ke dalam tanah secara gravitasi hingga mencapai lapisan air tanah.

2.2 Curah Hujan

Hujan merupakan hasil dari proses presipitasi uap air pada siklus hidrologi. Selain hujan, hasil dari presipitasi lainnya adalah salju dan es. Hujan yang berasal dari uap air di atmosfer dipengaruhi oleh faktor klimatologi yakni angin, tekanan atmosfer dan suhu (Solihin dkk, 2017). Curah hujan merupakan kumpulan ketinggian air hujan pada penakar hujan di tempat yang datar, tidak meresap, tidak mengalir dan tidak menyerap. Satuan curah hujan umumnya di Indonesia yang dipakai oleh BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) adalah milimeter. Curah hujan 1 milimeter memiliki artian bahwa dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar, tertampung air setinggi 1 milimeter atau tertampung air sebanyak 1 liter atau 1000 ml (Kristianda dan Fithriasari, 2016).

Hujan yang turun ke permukaan bumi melalui proses presipitasi mempunyai tingkatan bermacam-macam. Curah hujan yang turun dapat diukur melalui intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan merupakan derajat curah hujan yang dinyatakan oleh jumlah curah hujan dalam satuan waktu. Intensitas curah hujan biasanya dihitung dari jumlah curah hujan dalam waktu singkat yakni kurang lebih 2 jam. Intensitas curah hujan diperoleh dari kemiringan kurva (tangens kurva) yang dicatat oleh alat ukur curah hujan otomatis. Satuan dari intensitas

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

curah hujan adalah mm/jam. Macam-macam hujan ditunjukkan pada tabel 2.1, tabel 2.2 dan tabel 2.3 di bawah ini (Sosrodarsono dan Takeda, 2003):

Tabel 2.1 Derajat Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan

No.	Derajat Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm/min)	Kondisi
1.	Hujan sangat lemah	< 0,02	Tanah sedikit basah
2.	Hujan lemah	0,02 – 0,05	Tanah basah, namun sulit membuat puddel
3.	Hujan normal	0,05 – 0,025	Dapat dibuat puddel dan bunyi curah hujan kedengaran
4.	Hujan deras	0,025 –1	Air tergenang di seluruh permukaan tanah dan bunyi hujan terdengar keras dari genangan
5.	Hujan sangat deras	>1	Hujan seperti ditumpahkan dan saluran drainase meluap

Sumber: Sosrodarsono dan Takeda, 2003.

Tabel 2.2 Keadaan Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan

No.	Keadaan Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm)	
		1 Jam	24 Jam
1.	Hujan sangat ringan	< 1	< 5
2.	Hujan ringan	1-5	5-20
3.	Hujan normal	5-20	20-50
4.	Hujan lebat	10-20	50-100
5.	Hujan sangat ebatl	> 20	> 100

Sumber: Sosrodarsono dan Takeda, 2003.

Tabel 2.3 Ukuran, Massa dan Kecepatan Jatuh Butir Hujan

No.	Jenis Hujan	Diameter Bola (mm)	Massa (mg)	Kecepatan Jatuh (m/sec)
1.	Hujan gerimis	0,15	0,0024	0,5
2.	Hujan halus	0,5	0,065	2,1
3.	Hujan normal lemah	1	0,53	4,0
4.	Hujan normal deras	2	4,2	6,5
5.	Hujan sangat deras	3	14	8,1

Sumber: Sosrodarsono dan Takeda, 2003.

Intensitas hujan dapat dihitung menggunakan rumus intensitas hujan Mononobe oleh Dr. Ishiguro yang dikemukakan pada tahun 1953 (Sosrodarsono dan Takeda, 2003).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Rumus intensitas hujan Mononobe yakni:

$$I = \frac{R_{24}}{24}\left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \quad \text{.....(2.1)}$$

Dimana:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan (jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

Alat ukur hujan atau yang sering disebut penakar hujan merupakan sebuah alat instrumentasi yang digunkan untuk mengukur dan mendapatkan jumlah curah hujan pada satuan waktu tertentu. Alat ukur hujan di Indonesia terdapat 2 macam, yakni alat ukur hujan manual dan alat ukur hujan otomatis. Penakar hujan manual yang paling banyak digunakan adalah penakar hujan tipe observatorium (obs) atau dikenal dengan ombrometer. Tipe penakar hujan manual seperti tipe Observasi dan tipe Hellman yang digunakan oleh BMKG Indonesia (Permana dkk, 2015).

Penakar hujan tipe observasi memiliki prinsip kerja menampung air hujan pada sebuah penampungan air dimana terdapat kran yang berfungsi untuk mengeluarkan air hujan yang tertampung pada penampungan air tersebut. Pada setiap jam pengukuran, yakni pada pukul 07.00 (GMT 00.00), petugas akan menakar air hujan yang telah tertampung pada gelas ukur yang memiliki satuan mm. Sehingga didapatkan nilai curah hujan pada hari tersebut. Sedangkan penakar hujan tipe hellman memiliki prinsip kerja yang hampir mirip seperti penakar hujan tipe observasi namun terdapat alat untuk merekam berapa lama terjadinya hujan pada hari tersebut (Permana dkk, 2015).

Alat pengukur hujan otomatis menggunakan prinsip kerja dari pelampung, timbangan, dan jungkitan. Salah satu penakar hujan otomatis adalah penakar hujan tipe *Tipping Bucket*. Prinsip kerja pada penakar hujan tipe *Tipping Bucket* yaitu bekerja seperti jungkat jungkit yang bergantian menampung air hujan, dimana setiap jungkitan dihitung volume maksimum yang dapat menampung air hujan sampai terjungkit. Nilai curah hujan didapatkan dengan mengali frekuensi jungkitan tersebut terjungkit dengan volume maksimum (Permana dkk, 2015).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Data hujan di Indonesia dapat diperoleh dari stasiun pengamatan hujan yang dimiliki oleh instansi yang membutuhkan data hujan seperti BMKG, Dinas Pengairan, Instansi Pengelola Bandara, Dinas Pertanian, Dinas Pekerjaan Umum UPT Pengelolaan Sumber Daya Air, dan lain-lain.

2.3 Pengukuran Parameter Statistik Data Hidrologi

Data hidrologi merupakan kumpulan dari beberapa keterangan mengenai fenomena hidrologi. Data hidrologi menjadi bahan informasi yang sangan penting dalam pelaksanaan inventarisasi potensi sumber-sumber air, pemanfaatan sumber air, pengelolaan sumber air dan perbaikan sumber-sumber alam yang telah rusak. Analisa hidrologi menggunakan metode statistik. Metode statistik dalam analisa hidrologi bertujuan untuk membuat keputusan dan menarik kesimpulan berdasarkan data hidrologi yang ada (Soewarno, 1995). Penggunaan metode statistika dalam analisa hidrologi memuat beberapa tahapan dalam prosesnya, yakni terdiri dari pengukuran curah hujan area, pengukuran dispersi, analisa frekuensi dan melakukan uji kecocokan.

2.1.1 Pengukuran Curah Hujan Area

Curah hujan yang digunakan dalam analisa hidrologi adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, tidak hanya curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan area dan dinyatakan dalam mm (Sosrodarsono dan Takeda, 2003). Dalam menentukan hujan rerata pada suatu daerah, digunakan tiga metode, yakni metode rerata aritmatik, metode poligon *Thiessen* dan metode Isohiyet (Triatmodjo, 2013).

a. Metode Rerata Aritmatika (Aljabar)

Metode rerata aritmatika menentukan hujan rerata suatu daerah dengan cara menjumlahkan data pada beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan merupakan stasiun yang berada di dalam satu daerah aliran sungai (DAS) (Triatmodjo, 2013). Berikut merupakan rumus dari metode rerata aritmatika:

$$\bar{p} = \frac{p_1+p_2+p_3+\cdots+p_n}{n} \quad \text{.....} (2.2)$$

dimana,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$\bar{p}$= hujan rerata kawasan (mm)

p_1, p_2, p_3….,p_n= hujan di stasiun 1, 2, 3,…,n (mm)

n= jumlah stasiun

b. Metode Poligon *Thiessen*

Metode *Thiessen* dihitung dengan memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Metode Poligon *Thiessen* ada berdasarkan asumsi bahwa curah hujan di stasiun hujan satu dengan yang lainnya adalah linear. Beberapa stasiun hujan yang diambil dianggap dapat mewakili kawasan terdekat (Suripin, 2004). Metode Poligon *Thiessen* dapat dibentuk dengan cara berikut ini (Triatmodjo, 2013):

1. Stasiun pencatat hujan digambarkan pada peta DAS yang ditinjau.
2. Stasiun-stasiun tersebut dihubungkan dengan garis lurus sehingga membentuk segitiga-segitiga, yang mempunyai sisi dengan panjang yang kira-kira sama.
3. Membuat garis pemberat pada sisi-sisi segitiga dengan cara menarik garis tegak lurus pada tengah setiap garis penghubung, sehingga membentuk poligon (Gambar 2.2).
4. Mengukur luas poligon, kemudian curah hujan rerata dihitung dengan rumus berikut ini:

$$\bar{p} = \frac{A_1p_1+A_2p_2+A_3p_3+\cdots+A_np_n}{A_1+A_2+A_3+\cdots+A_n} \quad \text{.....} (2.3)$$

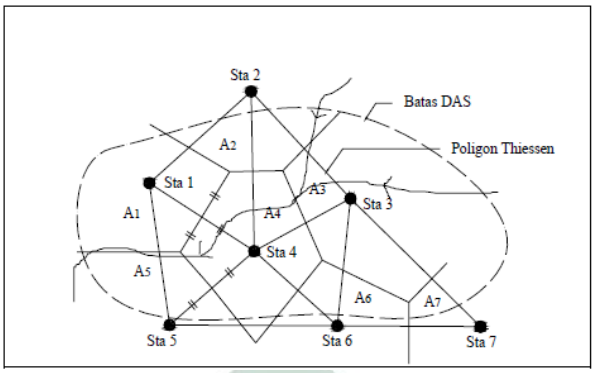
dimana,

$\bar{p}$= hujan rerata kawasan (mm)

p_1, p_2, p_3….,p_n= hujan di stasiun 1, 2, 3,…,n (mm)

A_1, A_2, A_3….,A_n= luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, 3,…,n (m^2)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2.2 Poligon *Thiessen*
(Sumber: Soemarto, 1999)

c. Metode Isohiyet

Hujan rerata kawasan dengan metode isohiyet dapat diketahui dengan membuat garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode ini, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah diantara dua garis isohiyet dapat merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis isohiyet tersebut. Garis isohiyet dibuat dengan cara berikut ini (Triatmodjo, 2013) dengan ilustrasi Gambar 2.3:

1. Membuat plot data dari curah hujan pada setiap stasiun hujan.
2. Menggambar kontur curah hujan dengan interval 10 mm.
3. Menghitung luas area yang berada diantara dua garis isohiyet yang berdekatan dengan menggunakan planimeter. Kemudian, masing-masing luas areal dikalikan dengan rata-rata hujan antara dua isohiyet yang berdekatan.
4. Menghitung hujan rata-rata yang ada pada suatu DAS dengan rumus berikut:

$$\bar{p} = \frac{A_1\frac{I_1+I_2}{2}+A_2\frac{I_2+I_3}{2}+\cdots+A_n\frac{I_n+I_{n+1}}{2}}{A_1+A_2+A_3+\cdots+A_n} \quad \text{.....} (2.4)$$

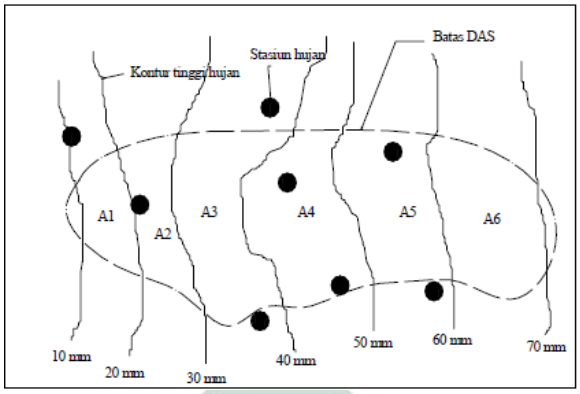
dimana,

$\bar{p}$= hujan rerata kawasan (mm)

I_1, I_2, I_3….,I_n= garis isohiyet ke 1, 2, 3,…,n, n+1

A_1, A_2, A_3….,A_n= luas daerah yang dibatasi oleh garis isohiyet ke 1, 2, 3,…,n, n+1 (m^2)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2.3 Metode Isohiyet
(Sumber: Soemarto, 1999)

2.1.2 Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi pada data hidrologi digunakan untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi propabilitas. Dengan adanya analisis frekuensi, dapat diperkirakan besarnya banjir dengan interval kejadian tertentu seperti 10 tahunan, 100 tahunan, dan tahun tahun lainnya (Triatmodjo, 2013). Metode analisis frekuensi dilaukan secara berurutan dengan memuat beberapa perhitungan berikut:

a. Parameter Statistik

Untuk mendapatkan nilai parameter statistik dilakukan perhitungan berdasarkan rumus-rumus berikut ini:

(1) Nilai rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad \text{.....} (2.5)$$

dimana,

$\bar{X}$= nilai rata rata curah hujan

X_i= nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i

n= jumlah data curah hujan

(2) Deviasi Standar (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \text{.....} (2.6)$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dimana:

Sd= Deviasi standar

$\bar{\bar{X}}$= Nilai rata-rata variat

X_i= Nilai variat ke-i

n= Jumlah data

(3) Koefisien *Skewness* (Cs)

$$Cs= \sqrt{\frac{n\sum_{i=1}^{n}\sum(X_i-\bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}} \quad \text{.....(2.7)}$$

dimana:

Cs= Koefisien *skewness*

$\bar{\bar{X}}$= Nilai rata-rata variat

X_i= Nilai variat ke-i

n= Jumlah data

Sd= Deviasi standar

(4) Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck= \sqrt{\frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sum(X_i-\bar{X})^4}{Sd^4}} \quad \text{.....(2.8)}$$

dimana:

Ck= Koefisien kurtosis

$\bar{\bar{X}}$= Nilai rata-rata variat

X_i= Nilai variat ke-i

n= Jumlah data

Sd= Deviasi standar

(5) Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv= \frac{Sd}{\bar{X}} \quad \text{.....(2.9)}$$

dimana:

Cv= Koefisien variasi

$\bar{\bar{X}}$= Nilai rata-rata variat

Sd= Deviasi standar

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. Pemilihan Jenis Sebaran

Jenis sebaran yang sering digunakan dalam analisa hidrologi ada 3 macam, yakni metode gumbel tipe I, metode log pearson tipe III, dan metode log normal (Triatmodjo, 2013).

(1) Metode Gumbel Tipe I

Rumus pada metode Gumbel Tipe I adalah sebagai berikut:

$$X_t = \overline{X} + \frac{S}{S_n}(Y_t - Y_n) \quad \text{.....(2.10)}$$

dimana:

$\overline{\overline{X}}$= 516 Yn= 0,4592 (lihat Tabel 2.4)

Sd= 92,466 Sn= 0,9496 (lihat Tabel 2.5)

$Yt = -\ln\left[\ln\frac{T-1}{T}\right]$ (lihat Tabel 2.6)

Nilai Yn ditunjukkan pada tabel 2.4, nilai Sn ditunjukkan pada tabel 2.5 dan nilai Yt ditunjukkan pada tabel 2.6 berikut ini:

Tabel 2.4 Nilai Yn

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5300	0,5820	0,5882	0,5343	0,5353
30	0,5363	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5400	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5463	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5468	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0.5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600									

Sumber: CD. Soemarto, 1999.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 2.5 Nilai Sn

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0315	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1923	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2046	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065									

Sumber: CD. Soemarto, 1999.

Tabel 2.6 Nilai Yt

Periode Ulang (Tahun)	*Reduced Variate*
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,2960
500	6,2140
1000	6,9190
5000	8,5390
10000	9,9210

Sumber: CD. Soemarto, 1999.

(2) Metode Log Pearson Tipe III

Rumus pada metode Log Pearson Tipe III adalah sebagai berikut:

$Y = \bar{Y} + k.S$ .....(2.11)

$\log X = \overline{\log(X)} + k(\overline{Sd\ \log(X)})$ .....(2.12)

dimana:

Y= nilai logaritma dari X

$\bar{\bar{Y}}$= Nilai rata-rata Y atau $\overline{\log(X)} = \frac{\sum \log(X)}{n}$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Deviasi standar (Sd) menjadi:

$$\overline{Sd\log(X)} = \sqrt{\frac{\sum\left(\log(X)-\overline{\log(X)}\right)^2}{n-1}} \quad \text{.....(2.13)}$$

Koefisien *skewness* (Cs) menjadi:

$$Cs = \sqrt{\frac{n\sum_{i=1}^{n}\sum\left(\log(X)-\overline{\log(X)}\right)^3}{(n-1)(n-2)\left(\overline{Sd\log(X)}\right)^3}} \quad \text{.....(2.14)}$$

(3) Metode Log Normal

Rumus pada metode Log Normal adalah sebagai berikut:

$X_T = \overline{X} + Kt.S$..... (2.15)

dimana:

XT = besarnya curah hujan dengan periode ulang

X = curah hujan rata-rata

S = Standar deviasi data hujan harian maksimum

Kt = Standar variabel dengan periode ulang

2.1.3 Uji Kecocokan

Uji kecocokan digunakan untuk mengetahui jenis sebaran yang paling sesuai dengan data hidrologi yang sedang diuji. Uji kecocokan digunakan untuk menentukan apakah persamaan sebaran peluang pada analisa hidrologi yang terpilih dapat menggambarkan sebaran statistik sampel data yang dianalisa (Soemarto, 1999). Ada dua jenis uji kecocokan, yakni uji kecocokan *Chi-Square* dan *Smirnov-Kolmogorov.*

a. Uji kecocokan Chi-Kuadrat

Uji kecocokan Chi-Kuadrat digunakan untuk menentukan persamaan sebaran peluang yang telah dipilih apakah dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisa. Pengujian dengan metode Chi-Kuadrat dihitung nilai x^2 kemudian nilai tersebut dibandingkan dan harus lebih kecil dari nilai Chi-Kuadrat kritis (Triatmodjo, 2013).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov disebut juga uji kecocokan non parametric (*non parametrik test*) karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Triatmodjo, 2013).

2.4 Tanah

Tanah merupakan kumpulan butiran mineral alami (ageregat) yang dapat dipisahkan oleh suatu cara mekanis bila agregat tersebut diaduk di dalam air. Tanah terdiri atas kombinasi mineral dan unsur organik yang berbentuk padat, gas, dan cair. Tanah terdiri dari lapisan partikel yang berbeda dari bahan aslinya dalam sifat fisik, mineralogi, dan kimia, karena interaksi antara atmosfer dan hidrosfer atau kemungkinan-kemungkinan lainnya (Darwis, 2018).

2.4.1 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah berfungsi untuk memberikan keterangan mengenai sifat-sifat teknis dari tanah itu sendiri, sehingga untuk tanah-tanah tertentu dapat diberikan nama dan istilah–istilah yang sesuai dengan sifatnya. Sistem klasifikasi tanah terdapat beberapa macam yang dapat digunakan sebagai pedoman dalam mengklasifikasikan jenis tanah. Sistem-sistem tersebut antara lain Metode Umum (*General Method*); AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*); USCS (*Unified Soil Classification System*); USDA (*United States Department of Agriculture*); Sistem Klasifikasi Tanah Nasional (Dudal & Soepraptohardjo, 1957; Soepraptohardjo, 1961); Sistem FAO/UNESCO dan BSCS (*British Soil Classification System*) (Darwis, 2018).

Salah satu metode klasifikasi tanah adalah metode USDA. Metode USDA atau *United State Department of Agriculture* diperkenalkan pada tahun 1960. Sistem klasifikasi tanah ini lebih banyak menekankan pada morfologi dan kurang menekankan pada faktor-faktor pembentuk tanah. Sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur tanah, distribusi ukuran butir dan plastisitas tanah menurut USDA adalah (Darwis, 2018):

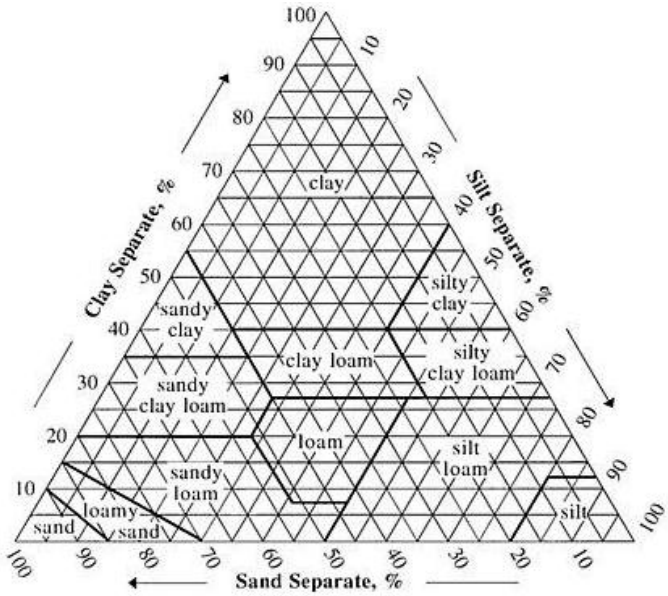
a. Pasir : ukuran butiran antara 2,0 – 0,05 mm

b. Lanau : ukuran butiran 0,05– 0,002 mm.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

c. Lempung : ukuran butiran < 0,002 mm

Klasifikasi tanah berdasarkan USDA dapat dianalisis menggunakan dengan segitiga tanah USDA yang ditunjukkan pada gambar 2.4 berikut ini:



Gambar 2.4 Segitiga USDA
(Sumber: Darwis, 2018)

Sedangkan pembagian jenis tanah berdasarkan ukuran butir menurut (Morris and Johnson, 1967) ditunjukkan pada tabel 2.7 berikut ini:

Tabel 2.7 Pembagian Jenis Tanah Berdasarkan Ukuran Butir

No.	Jenis Tanah	Batasan Ukuran Butir (mm)
1.	Clay	< 0,004
2.	Silt	0,004 – 0,062
3.	Very fine sand	0,062 – 0,125
4.	Fine sand	0,125 – 0,25
5.	Medium sand	0,25 – 0,5
6.	Coarse sand	0,5 – 1,0
7.	Very coarse sand	1,0 – 2,0
8.	Very fine gravel	2,0 – 4,0
9.	Fine gravel	4,0 – 8,0
10.	Medium gravel	8,0 – 16,0
11.	Coarse gravel	16,0 – 32,0
12.	Very coarse gravel	32,0 – 64,0

Sumber: Morris and Johnson, 1967

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.4.2 Pengujian Butiran Tanah

Sifat dan karakteristik tanah dipengaruhi oleh komposisi dan ukuran butirannya. Oleh karena itu, pengklasifikasian tanah selalu didasarkan pada ukuran butiran tanah, sehingga investigasi tanah selalu diawali dengan pengujian analisis butiran. Analisis ukuran butiran tanah berfungsi untuk menentukan prosentase berat butiran pada ukuran diameter tertentu. Untuk menganalisis ukuran butiran tanah, perlu dilakukan pengujian butiran tanah dengan analisis saringan (*sieve analysis*). Analisis saringan dipergunakan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran tanah yang berbutir kasar (*granuler*) terhadap sampel tanah yang kering. Pelaksanan pengujian ini dengan melakukan penyaringan bersusun pada satu unit alat saringan standar. Berat tanah yang tertinggal pada setiap saringan ditimbang, lalu diprosentasekan terhadap berat total sampel tanah yang dianalisis (Darwis, 2018).

2.4.3 Permeabilitas Tanah

Permeabilitas tanah merupakan kemampuan air untuk mengalir melalui tanah yang berpori. Tingkat permeabilitas suatu tanah dapat ditunjukkan melalui nilai yang disebut dengan koefisien permeabilitas (k). Koefisien permeabilitas mempunyai satuan m/detik (Kurniawan dan Sari, 2017). Nilai koefisien permeabilitas dengan jenis tanah pada temperatur 22°C ditunjukkan pada tabel 2.8 berikut ini:

Tabel 2.8 Jenis Tanah dan Koefisien Permeabilitas Tanah

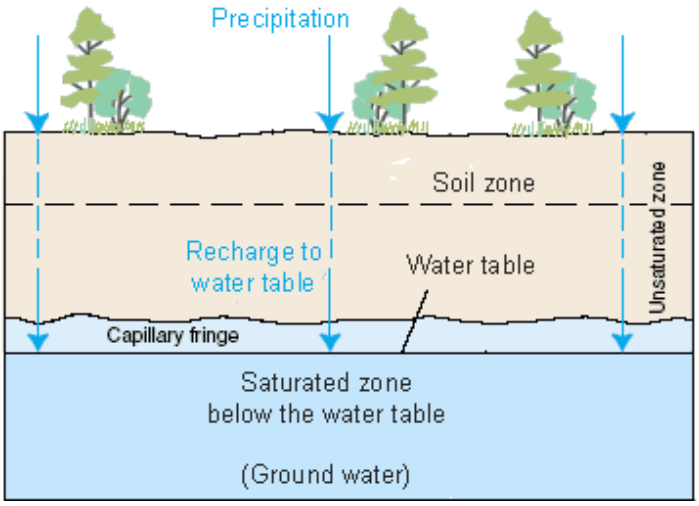
No.	Karakteristik	Nilai k (cm/dt)
1.	Kerikil sedang sampai kasar	> 0,1
2.	Pasir halus sampai kasar	0,1 – 0,001
3.	Pasir halus, pasir berlanau	0,001 – 0,00001
4.	Lanau, lanau berlempung, lempung berlanau	0,0001 – 0,000001
5.	Lempung gemuk	< 0,0000001

Sumber: Das, 1995.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.4.4 Peresapan Air ke Dalam Tanah (Infiltrasi)

Air yang turun melalui proses alami yang disebut hujan akan mengalami beberapa aktivitas fisik dan kimia saat mencapai permukaan bumi. Salah satunya yakni meresap ke dalam tanah. Air yang meresap ke dalam tanah mengalami proses infiltrasi dan perkolasi. Infiltrasi merupakan suatu proses masuknya air ke dalam tanah dengan gaya gravitasi. Sedangkan perkolasi merupakan proses masuknya air yang telah terinfiltrasi ke dalam tanah yang lebih dalam. Laju infiltrasi adalah banyaknya air per satuan waktu yang masuk ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Sedangkan laju perkolasi adalah banyaknya air per satua waktu yang masuk ke tanah yang lebih dalam dari zona tak jenuh ke zona *freatis*. Faktor - faktor yang mempengaruhi proses infiltrasi, yakni: karakteristik hujan (curah hujan, durasi hujan), kondisi permukaan tanah, kondisi penutup permukaan, transmibilitas tanah, dan karakterisik air yang berinfiltrasi (Darwis, 2018). Peresapan air ke dalam tanah ditunjukkan pada gambar 2.5 berikut ini:



Gambar 2.5 Peresapan Air ke Dalam Tanah

(Sumber: *The Water Cycle – USGS*, 2016)

Pada gambar 2.5 di atas, air yang jatuh dari proses *presipitasi* akan mengalami proses infiltrasi yang masuk ke dalam tanah. Bagian atas permukaan tempat adanya air tanah disebut muka air tanah. Tanah yang berada di bawah muka air tanah akan jenuh oleh air. Zona aquifer diisi ulang (*recharge)* oleh rembesan air hujan yang telah terinfiltrasi yang disebut proses perkolasi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Infiltrasi dapat diketahui melalui beberapa cara, yakni dengan *Inflow - outflow*, analisis data hujan dan hidrograf, menggunakan alat *ring infiltrometer* dan melakukan uji lapangan. Perhitungan model persamaaan kurva kapasitas infiltrasi yang dikemukakan oleh Horton adalah sebagai berikut:

$f = fc + (f0 - fc) \text{ x } e^{-kt}$..... (2.16)

Dimana:

f = laju infiltrasi nyata (cm/jam)

fc = laju infiltrasi tetap (cm/jam)

f_0 = laju infiltrasi awal (cm/jam)

k = konstanta geofisik

t = waktu (t)

e = 2,718281820

Selain memakai alat *infiltrometer*, infiltrasi juga dapat diketahui melalui uji lapangan. Uji lapangan nilai infiltrasi dapat dilakukan dengan cara berikut ini:

1. Membuat galian pada permukaan tanah.
2. Galian lubang tersebut di isi dengan air sampai penuh.
3. Kemudian air diukur dan dicatat penurunan permukaannya setelah didiamkan selama ½ jam.
4. Setelah diukur dan dicatat penurunan muka airnya setelah didiamkan ½ jam pertama, lubang tersebut di isi air lagi sampai penuh, kemudian diukur dan dicatat kembali penurunan muka airnya setelah didiamkan ½ jam kedua.
5. Prosedur tersebut dilakukan secara berulang-ulang sampai penurunan air (Sn) tersebut konstan.
6. Setelah penurunan muka air (S) yang ke (n) dan (n + 1) besarnya hampir sama atau konstan, maka nilai Sn tersebut dijadikan standar untuk menghitung laju infiltrasi.

Peresapan air ke dalam tanah juga dipengaruhi oleh jenis tanah dan permeabilitas tanah. Hasil penelitian (Kurniawan dan Sari, 2017), mendapatkan hasil bahwa semakin besar nilai koefisien permeabilitas tanah, maka semakin cepat infiltrasi yang terjadi, begitupun sebaliknya. Hal tersebut juga didukung oleh penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

oleh (Wahyuni dkk, 2017) yakni hasil penelitiannya membuktikan bahwa meningkatnya permeabilitas berbanding lurus dengan meningkatnya laju infiltrasi.

2.5 Lubang Resapan Biopori (LRB)

Produksi sampah yang tinggi; lahan resapan air berkurang karena didirikannya bangunan serta prasarana jalan seperti aspal, semen, paving; dan bencana banjir, kekeringan serta tanah longsor yang terus melanda menjadi salah satu alasan dibutuhkannya LRB. LRB merupakan pori di dalam tanah berbentuk menyerupai liang/terowongan kecil dan bercabang-cabang yang dapat menyalurkan air dan udara di dalam tanah yang terbentuk dari fauna tanah maupun dari akar tanaman (Brata dan Nelistya, 2008).

LRB merupakan lubang silinder vertikal dibuat di tanah dengan permukaan air tanah yang dangkal, tidak sampai permukaan air tanah, lubang diisi dengan sampah organik. LRB berbentuk pori-pori yang terbentuk oleh aktivitas fauna tanah atau akar tanaman. LRB merupakan salah satu teknologi sebagai upaya strategis untuk meningkatkan daya serap air dan meminimalkan terjadinya banjir. Salah satu penyebab banjir karena kekurangan lahan untuk daerah resapan air sehingga saat hujan air tidak dapat terserap ke dalam tanah. Dalam pengaplikasiannya, biopori juga tidak membutuhkan banyak biaya dan cara membuatnya cukup sederhana (Permatasari, 2015).

Biopori berkontribusi pada pengangkutan udara, air dan zat terlarut melalui tanah. Pengangkutan oksigen dari permukaan tanah ke lapisan tanah yang lebih dalam. Biopori dapat meningkatkan infiltrasi air yang dapat menguntungkan pada kesuburan tanah karena mengurangi risiko tambak air di dataran datar dan mengurangi limpasan air serta erosi tanah potensial di daerah miring. Selain infiltrasi air pada permukaan tanah, biopori juga berkontribusi terhadap air perkolasi lebih dalam pada profil tanah (Kautz, 2014).

Air hujan diturunkan sejatinya untuk meresap ke dalam tanah. Hal ini tertuang dalam kitab suci Al-Qur’an surah Al-Mu’minun ayat 18-19, yakni:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

وَأَنزَلْنَا مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءًۢ بِقَدَرٍ فَأَسْكَنَّٰهُ فِى ٱلْأَرْضِ ۖ وَإِنَّا عَلَىٰ ذَهَابٍۭ بِهِۦ

لَقَٰدِرُونَ ﴿١٨﴾ فَأَنشَأْنَا لَكُم بِهِۦ جَنَّٰتٍ مِّن نَّخِيلٍ وَأَعْنَٰبٍ لَّكُمْ فِيهَا فَوَٰكِهُ كَثِيرَةٌ

وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ ﴿١٩﴾

yang mempunyai arti "Dan Kami turunkan air dari langit menurut suatu ukuran; lalu Kami jadikan air itu menetap di bumi, dan sesungguhnya Kami benar-benar berkuasa menghilangkannya." (QS. Al-Mu'minun:18)

"Lalu dengan air itu, Kami tumbuhkan untuk kamu kebun-kebun kurma dan anggur; di dalam kebun-kebun itu kamu peroleh buah-buahan yang banyak dan sebahagian dari buah-buahan itu kamu makan." (QS. Al-Mu'minun:19)

Ayat tersebut menjelaskan mengenai air hujan yang diturunkan oleh Allah SWT dari langit sesuai aturannya. Air hujan tersebut kemudian meresap ke dalam tanah (bumi) sehingga akan bermanfaat untuk makhluk hidup di bumi. Hal ini sesuai dengan tafsir Ibnu Katsir Jilid 5 yang menjelaskan bahwa Allah SWT berfirman mengingatkan ham-hamba-Nya pada beberapa nikmat-nikmat yang telah dikaruniakan kepada mereka, diantaranya adalah air hujan yang diturunkan dari langit menurut suatu ukuran tertentu sesuai yang dibutuhkan untuk penyiraman tanah, kebutuhan manusia dan binatang akan air sebagai unsur yang positif bagi kelangsungan hidup. Dan dengan air yang meresap ke dalam tanah, Allah menumbuhkan kebun-kebun kurma, dan buah-buahan lain disamping menjadi bahan makanan yang lezat-lezat bagi manusia, memberi pemandangan yang indah-indah dan tempat teduh yang rindang dan segar (Bahreisy, 1990).

LRB berbentuk silindris yang dibuat vertikal ke tanah dengan diameter 10 cm dan kedalaman 100 cm. LRB diisi dengan sampah organik untuk memberi nutrisi mikroorganisme tanah, dimana mikroorganisme akan menciptakan pori-pori di dalam tanah. Biopori memiliki manfaat ekologis dan lingkungan, yang meningkatkan penyerapan air tanah, pengelolaan sampah organik, dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

meningkatkan aktivitas mikroorganisme untuk kesuburan tanah. Dalam penelitian (Ladianto, 2016), jumlah LRB yang dibuat dengan intensitas hujan 151,241 mm/jam; daerah kedap air 213.803 m^2 dan laju penetrasi air 126 liter/jam sebanyak 7381 lubang. Setelah melakukan pemodelan matematis biopori, diketahui bahwa beban saluran drainase untuk menerima debit air hujan berkurang. Hal ini karena biopori menyediakan fungsi untuk menampung dan menyerap air hujan masuk ke dalam lubang lalu masuk ke tanah dengan kapasitas pembuangan air hujan yang bisa diserap dengan biopori 96,43%, sehingga sisa air untuk dibuang ke saluran drainase hanya sebesar 3,57%. Sehingga dapat dikatakan bahwa adanya biopori dapat mengurangi masalah genangan yang biasanya terjadi.

LRB memiliki beberapa manfaat jika aplikasikan. Manfaat tersebut menurut (Brata dan Nelistya, 2008) diantaranya:

a. Memperbaiki ekosistem tanah
b. Meresapkan air, mencegah banjir
c. Menambah cadangan air tanah
d. Mengatasi kekeringan
e. Mempermudah penanganan sampah serta menjaga kebersihan
f. Memanfaatkan sampah organik dengan membuat kompos
g. Mengatasi masalah yang disebabkan oleh genangan

Dalam membuat LRB, harus memperhatikan beberapa aspek agar tidak membahayakan manusia dan hewan. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam menentukan lokasi pembuatan biopori menurut (Brata dan Nelistya, 2008), yakni:

1. Alur air: LRB sebaiknya dibuat pada lokasi-lokasi terkumpulnya air saat hujan turun. Dengan mengacu pada prinsip air mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah, dapat diketahui kemana arah aliran air dan menentukan lokasi LRB agar air dapat masuk ke dalamnya.
2. Aspek keamanan: LRB sebaiknya dibuat pada tempat yang tidak dilalui orang, kendaraan atau hewan untuk pertimbangan keamanan dan tidak membahayakan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3. Tata letak: Tata letak juga harus diperhatikan dalam membuat LRB agar tidak merusak estetika lahan. Beberapa tempat yang disarakan seperti saluran pembuangan air, sekeliling pohon, perubahan kontur taman, tepi taman dan samping pagar.
4. Kondisi tanah: Tekstur tanah juga diperhatikan dalam pembuatan LRB. tanah dengan tekstur pasir akan lebih cepat meresapkan air daripada tanah liat. Namun, tanah dengan kondisi liat, laju peresapan air dapat dipercepat dengan adanya kompos.
5. Tata guna lahan: Tata guna lahan juga dapat mempengaruhi dalam pembuatan LRB. Pada tanah yang tertutup beton dan di pemukiman padat, daya resap tanah kecil, sehingga di pemukiman padat penduduk diperlukan lebih banyak LRB untuk meningkatkan daya resap tanah.

Menentukan jumlah LRB yang ideal adalah dengan menghitung dengan menggunakan rumus berikut ini (Brata dan Nelistya, 2008):

$$\text{Jumlah LRB} = \frac{\text{Intensitas Hujan (mm/jam) x Luas Bidang Kedap } (m^2)}{\text{Laju Peresapan Air per Lubang (liter/jam)}} \quad \text{.....(2.17)}$$

Suatu keadaan dengan hujan yang lebat memiliki laju resapan air 3 liter/menit atau 180 liter/jam pada tiap lubang. Apabila lubang dibuat memiliki diameter 10 cm dengan kedalaman 100 cm setiap lubang dapat menampung 7,8 liter sampah organik yang dapat diisi sampah organik pada 2 – 3 hari. Setelah diketahui jumlah LRB yang akan dibuat, kemudian menghitung luas RTH yang dibutuhkan untuk membuat sejumlah LRB yang telah dihitung. Jumlah LRB maksimum dapat dihitung menggunakan rumus (Meliala, 2015):

$$\text{LRB Maksimum} = \frac{\text{Luas Ruang Hijau Terbuka}}{\text{Luas Tanah Ideal } m^2} \text{ x Jumlah lubang ideal} \quad \text{..... (2.18)}$$

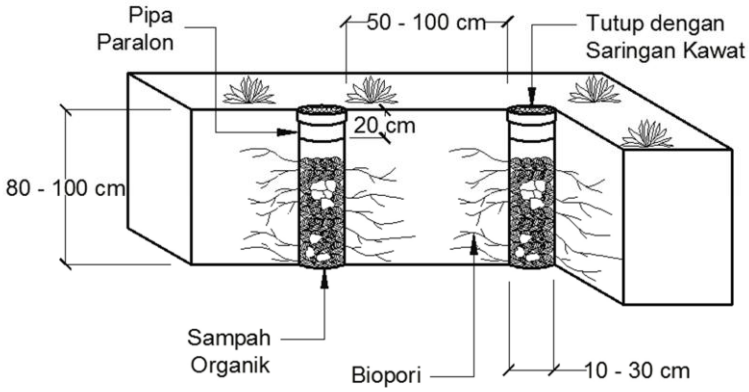
Cara membuat LRB berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2009 Tentang Pemanfaatan Air Hujan adalah sebagai berikut:

1. Persyaratan lokasi
   a. daerah sekitar pemukiman, taman, halaman parkir dan sekitar pohon; dan/atau
   b. pada daerah yang dilewati aliran air hujan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Konstruksi
   a. membuat lubang silindris ke dalam tanah dengan diameter 10 cm, kedalaman 100 cm atau tidak melampaui kedalaman air tanah. Jarak pembuatan LRB antara 50 – 100 cm;
   b. memperkuat mulut atau pangkal lubang dengan menggunakan:
      1) paralon dengan diameter 10 cm, panjang minimal 10 cm; atau
      2) adukan semen selebar 2 – 3 cm, setebal 2 cm di sekeliling mulut lubang.
   c. mengisi lubang LRB dengan sampah organik yang berasa dari dedaunan, pangkasan rumput dari halaman atau sampah dapur; dan
   d. menutup LRB dengan kawat saringan.
3. Pemeliharaan
   a. mengisi sampah organik kedalam LRB;
   b. memasukkan sampah organik secara berkala pada saat terjadi penurunan volume sampah organik pada LRB; dan/atau
   c. mengambil sampah organik yang ada dalam LRB setelah menjadi kompos diperkirakan 2 – 3 bulan telah terjadi proses pelapukan.

Gambar LRB ditunjukkan oleh Gambar 2.6 berikut ini:



Gambar 2.6 Model LRB

(Sumber: Lampiran Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 11 /PRT/M/2014)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.6 Drainase

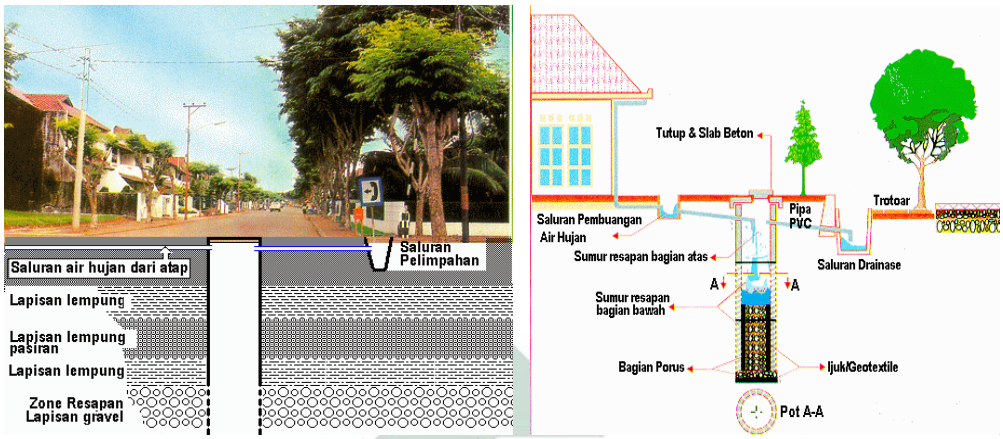
Drainase berfungsi untuk membuang air lebih, mengangkut limbah dan mencuci polusi dari daerah perkotaan, mengatur arah dan kecepatan aliran, mengatur elevasi muka air tanah, menjadi sumberdaya alternatif serta dapat menjadi salah satu prasarana untuk mencegah erosi dan gangguan stabilitas lereng bagi daerah perbukitan. Menurut (Suripin, 2004), drainase secara garis besar dapat diartikan sebagai tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi kawasan/lahan sehingga fungsi dari kawasan/lahan tidak terganggu. Berdasarkan kegunaannya, sistem drainase perkotaan dapat digolongkan menjadi 2 macam, yakni:

a. Sistem yang hanya melayani pembuangan bagi air hujan saja (*storm drainage*)
   Sistem drainase ini dibuat hanya untuk mengalirkan air hujan saja dengan frekuensi yang direncanakan.
b. Sistem drainase untuk air limbah (*sewerage*)
   Sistem drainase ini dibuat untuk menampung dan mengalirkan air limbah perkotaan ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Sedangkan berdasarkan letaknya, sistem drainase dapat digolongkan menjadi 2 macam, yakni:

a. Sistem drainase terbuka
   Sistem drainase ini dibuat dengan tidak menutupi permukaan airnya dan dibuat di atas permukaan tanah. Sistem ini mudah dibuat dan mudah operasional dan pemeliharaannya, namun sistem ini mudah dimasuki sampah dan bahan pencemar lainnya.
b. Sistem drainase tertutup
   Sistem drainase ini dibuat dengan menutupi permukaan airnya, yang artinya terpendam di bawah permukaan tanah. Sistem ini dapat diterapkan untuk sistem drainase air limbah yang terpisah dan sebagian terpisah terutama pada bagian saluran tersier dan sekunder (Mulyanto, 2013). Ilustrasi drainase ditunjukkan pada gambar 2.7 berikut ini:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2.7 Saluran Drainase
(Sumber: Indriatmoko dan Wahjono, 1999)

Drainase sebagai penampung segala macam air buangan salah satunya air hujan merupakan suatu bangunan yang memiliki kapasitas tampung. Kapasitas tampung yang dimiliki oleh drainase dapat penuh sewaktu-waktu jika material yang ditampung melebihi kapasitas. Bila kapasitas tampung drainase telah penuh, air dan material yang ada pada sistem drainase akan meluap dan melimpas ke jalanan dan sekitarnya. Oleh sebab itu diperlukan suatu upaya untuk meminimalisir penuhnya kapasitas sistem drainase. Pemanfaatan air hujan melalui LRB merupakan salah satu upaya yang mana pada beberapa penelitian dikatakan efektif dalam mengurangi beban drainase. Sehingga dapat menanggulangi bencana banjir. Indonesia yang sering terjadi bencana banjir di beberapa daerah digagaskan untuk menerapkan *eco-drainase* dengan menambahkan LRB atau sumur resapan pada sistemnya.

Efektivitas biopori sebagai alternatif *eco-drainase* oleh (Anggraeni dkk, 2013) dalam mengontrol banjir di Kota Malang, didapatkan hasil 96,43% air dapat diresapkan oleh biopori dari limpasan air semula sebanyak 56,874 m^3/detik dan sisa yang masih melimpas ke drainase hanya 3,57%. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh (Meliala, 2015), menyebutkan bahwa pembuatan tangki PAH dan LRB dapat mereduksi beban aliran drainase sebesar 50,4% (18,632 m^3/det) dari debit hujan yang jatuh di seluruh kawasan rawan banjir di Kelurahan Kedung Lumbu, Surakarta.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Reduksi beban drainase akibat adanya LRB dapat dihitung dengan membandingkan pengaruh LRB terhadap debit hujan yang jatuh di seluruh wilayah (Meliala, 2015) dapat dituliskan pada rumus berikut ini:

$$\% \text{ Reduksi total beban drainase} = \frac{\sum \text{Qserap LRB}}{\sum \text{Qwilayah}} \times 100\% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.19)$$

Dimana:

∑Qserap LRB = Debit yang dapat diserap oleh LRB (m^3/detik)

∑Qwilayah = Debit hujan yang jatuh di seluruh wilayah penelitian (m^3/detik)

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai acuan oleh penulis diantaranya dapat dilihat pada Tabel 2.9 berikut:

Tabel 2.9 Penelitian Terdahulu

No.	Judul Penelitian	Nama Peneliti/ Tahun	Hasil Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian Penulis
1.	The Effectiveness of Bio-pore as an Alternative Eco drainage Technology to Control Flooding in Malang City (Case Study: Metro Sub-Watershed)	Mustika Anggraeni, Gunawan Prayitno, Septiana Hariyani, and Ayu Wahyuningtyas/2013 (Journal of Applied Environmental and Biological Sciences ISSN: 2090-4215)	Efektivitas biopori sebagai alternatif *eco-drainase* dalam mengontrol banjir di Kota Malang, didapatkan hasil 96,43% air dapat diresapkan oleh biopori dari limpasan air semula sebanyak 56,874 m^3/detik dan sisa yang masih melimpas ke drainase hanya 3,57%.	Penelitian sebelumnya berbeda dengan penelitian penulis karena penelitian ini meneliti efektivitas biopori sebagai alternatif eco-drainase. Sedangkan penulis meneliti pemanfaatan biopori dalam mereduksi beban drainase. Tempat penelitian juga berbeda. Penelitian sebelumnya berlokasi di Kota Malang sedangkan penulis meneliti di UIN Sunan Ampel Surabaya.
2.	Pemanfaatan Air Hujan melalui PAH dan Biopori Dalam Mereduksi Beban Drainase	Febrina Rachmadin Meliala/2015 (Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik	Tangki PAH dan Lubang Resapan Biopori (LRB) dapat mereduksi beban aliran drainase sebesar 50,4% atau sebesar 18,632 m3/det dari debit	Penelitian sebelumnya berbeda dengan penelitian penulis karena penelitian ini meneliti pemanfaatan air hujan melalui PAH dan biopori dalam mereduksi beban drainase pada kawasan pemukiman. Sedangkan penulis meneliti

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.	Judul Penelitian	Nama Peneliti/ Tahun	Hasil Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian Penulis
	Pada Kawasan Pemukiman (Studi Kasus: Kawasan Banjir Pemukiman di Kelurahan Kedung Lumbu, Surakarta).	Universitas Sebelas Maret Surakarta).	hujan yang jatuh di seluruh kawasan rawan banjir (Qwilayah = 36,957 m3/det).	pemanfaatan biopori dalam mereduksi beban drainase yang berlokasi di UIN Sunan Ampel Surabaya.
3.	Pengaruh Jenis Sampah, Variasi Umur Sampah Terhadap Laju Infiltrasi Lubang Resapan Biopori (LRB)	Ananda Wulida Habibiyah dan Sri Widyastuti/ 2016 (Jurnal Wahana Vol.66 No.1 ISSN 0853 – 4403)	Jenis sampah dapat mempengaruhi besar/kecilnya laju infiltrasi pada LRB. LRB sampah sisa makanan kantin dengan waktu pengomposan 16 hari, memberikan tingkat keefektifan yang cukup signifikan terhadap blangko dalam meresapkan air mencapai rata-rata 62,5 %.	Penelitian sebelumnya berbeda dengan penelitian penulis karena penelitian ini meneliti pengaruh jenis sampah terhadap laju infiltrasi oleh LRB. Sedangkan penulis meneliti pemanfaatan biopori dalam mereduksi beban drainase yang berlokasi di UIN Sunan Ampel Surabaya.
4.	Kajian Drainase Sistem Biopori di Kelurahan Tanjungrejo Kecamatan Sukun Kota Malang	I Wayan Mudra dan Sriliani Surbakti/2016 (Jurnal Spectra Vol.14 No.28)	Satu unit LRB dapat menampung air sebanyak 0,03 m3 (30 liter). Dapat dibuat LRB sebanyak 2.500 lubang biopori per hektar (bila jarak antar biopori tersebut 2 x 2 meter maka), yang berarti dapat menampung tambahan air sebanyak 75 m3 atau setara dengan 75.000 liter air per hektar.	Penelitian sebelumnya berbeda dengan penelitian penulis karena penelitian ini meneliti sistem drainase yang menggunakan biopori. Sedangkan penulis meneliti pemanfaatan biopori dalam mereduksi beban drainase yang berlokasi di UIN Sunan Ampel Surabaya.
5.	Laju Infiltrasi Lubang Resapan	Seva Darwia, Ichwana dan Mustafril/2017 (Jurnal	Laju infiltrasi lubang resapan biopori meningkat setelah diisi dengan bahan	Penelitian sebelumnya berbeda dengan penelitian penulis karena penelitian ini meneliti laju infiltrasi lubang resapan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.	Judul Penelitian	Nama Peneliti/ Tahun	Hasil Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian Penulis
	Biopori (LRB) Berdasarkan Jenis Bahan Organik Sebagai Upaya Konservasi Air dan Tanah	Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah Vol. 2 No. 1)	organik. Laju infiltrasi tercepat terdapat pada sampah jenis bahan organik sampah rumah tangga. Jumlah LRB yang ideal dibutuhkan pada di setiap halaman rumah A, B, C, D dan E adalah 82, 51, 27, 71, 230.	biopori berdasarkan jenis sampah organik. Sedangkan penulis meneliti pemanfaatan biopori dalam mereduksi beban drainase. Tempat penelitian juga berbeda. Penelitian sebelumnya berlokasi di Banda Aceh sedangkan penulis meneliti di UIN Sunan Ampel Surabaya.

Sumber: Anggraeni dkk, 2013; Meliala, 2015; A.W. Hababiyah dan S. WIdyastuti, 2016; I.W. Mudra dan S. Surbakti, 2016; Darwia dkk, 2017.

Beberapa penelitian pada tabel 2.5 yang menjadi literatur bagi penulis dalam menyusun tugas akhir, ketiganya berbeda dengan penelitian penulis. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian penulis terjamin keaslian dan originalitasnya bahwa hasil tugas akhir ini adalah murni hasil karya penulis tidak ada unsur plagiasi. Dengan penegasan bahwa pengutipan dari sumber lainnya dicantumkan sumber pengutipan dengan jelas.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Metodologi merupakan tahap-tahap yang akan dilakukan dalam mencapai tujuan penelitian. Penelitian ini membahas mengenai pemanfaatan air hujan melalui teknologi resapan air hujan yakni LRB sebagai upaya dalam mereduksi beban drainase di UINSA. Tahapan dalam penelitian ini terdiri dari tahapan pengumpulan data dan tahapan analisis data. Hal ini dilakukan agar tujuan penelitian dapat terarah dengan baik.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian bertempat di kampus UINSA yang terletak di Jalan Ahmad Yani No. 117, Surabaya. Lokasi penelitian ditunjukkan oleh Gambar 3.1 (terlampir).

3.2.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian adalah 1 Maret 2018 – 31 Agustus 2018. Waktu penelitian lebih lengkapnya ditunjukkan pada jadwal penelitian pada Tabel 3.1 berikut ini:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

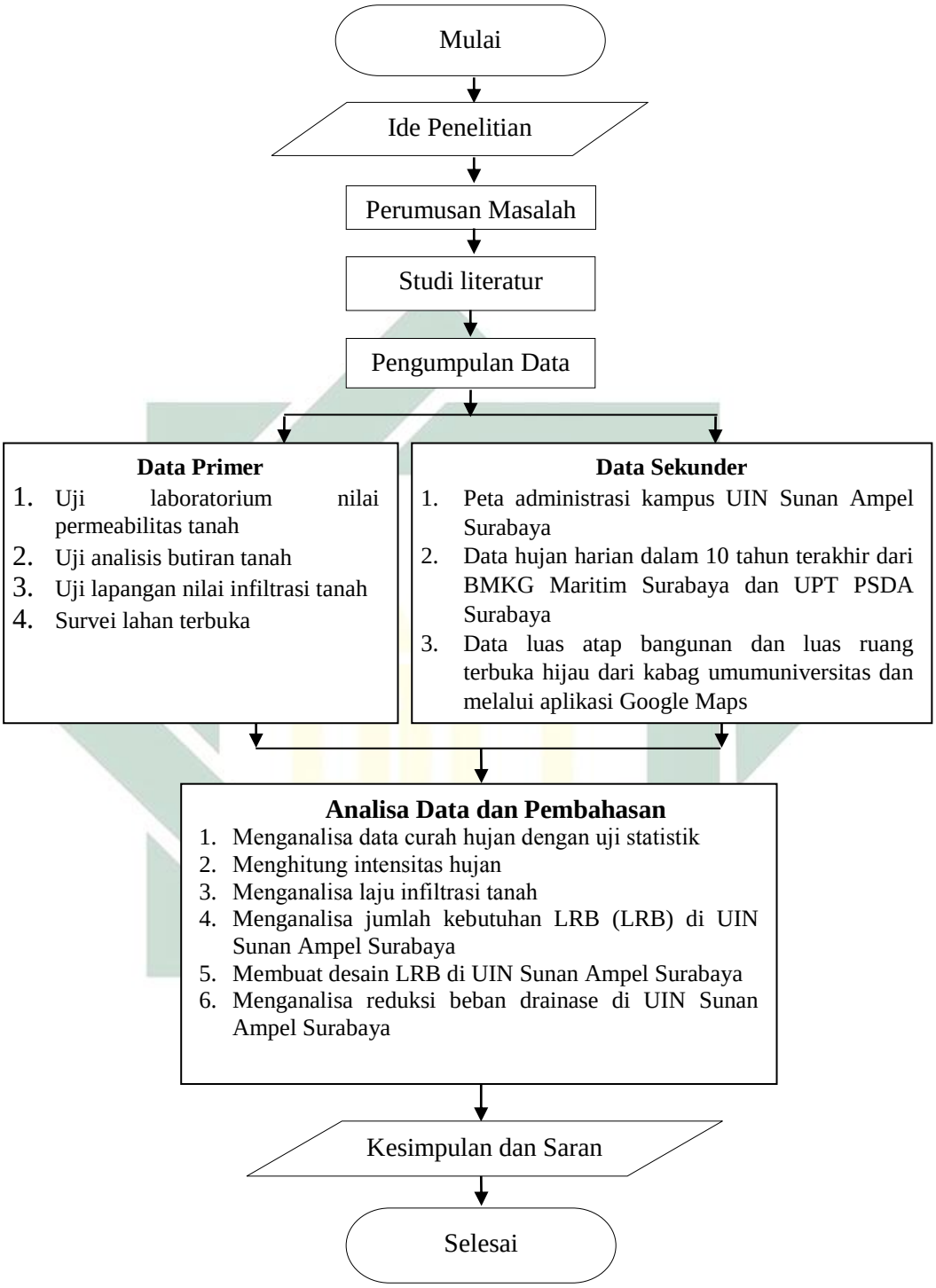
Tahapan Penelitian	Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agustus			
	Minggu ke -				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Penyusunan Proposal																								
Sidang Proposal																								
Pengumpulan Data																								
Analisis Data																								
Penyusunan Laporan Akhir																								
Sidang																								
Revisi																								
Pengumpulan Laporan Akhir																								

Sumber : Analisa Penulis, 2018

3.3 Alur Tahapan Penelitian

Alur tahapan penelitian ini merupakan sebuah alur yang sistematis dalam penelitian. Penyusunan alur tahapan penelitian dilakukan agar hasil penelitian yang diperoleh sesuai dengan tujuan penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Deskriptif Kuantitatif. Metode ini terdiri atas beberapa tahapan yaitu, persiapan, pelaksanaan, dan penyusunan laporan penelitian. Alur tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.2 berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3.2 Alur Tahapan Penelitian

(Sumber: Analisa Penulis, 2018)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan, dilakukan studi literatur terhadap obyek penelitian, proses administrasi di program studi, hingga memperoleh persetujuan pelaksanaan penelitian pada obyek yang dikendaki.

3.4.2 Tahap Pelaksanaan Penelitian

Tahap pelaksanaan penelitian dilakukan dengan cara pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer dan data sekunder yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

a. Data Primer

Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian antara lain:

(1) Uji laboratorium nilai permeabilitas tanah

Nilai permeabilitas tanah di kampus UIN Sunan Ampel Surabaya didapatkan menggunakan sampel tanah di lokasi penelitian UIN Sunan Ampel Surabaya. Uji nilai permeabilitas tanah pada penelitian ini bekerja sama dengan pihak ketiga, yakni dengan Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil ITS, Surabaya. Hal ini dilakukan karena alat untuk mengukur permeabilitas tanah di Laboratorium Teknik Lingkungan UIN Sunan Ampel Surabaya belum tersedia.

(2) Uji analisis butiran tanah (*grain size analysis*)

Uji analisis butiran tanah dilakukan untuk mengetahui prosentase susunan butir tanah sesuai dengan batas klasifikasinya sehingga dapat diketahui jenis sampel tanah yang diuji. Uji analisis butiran tanah dilakukan dengan menggunakan alat dan bahan berikut ini:

Tabel 3.2 Alat dan Bahan Analisis Butiran Tanah

a. Alat	b. Bahan
- bor tanah - cawan alumunium - neraca analitik - satu set saringan - alat penggetar saringan (*sieving machines)*	- sampel tanah

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

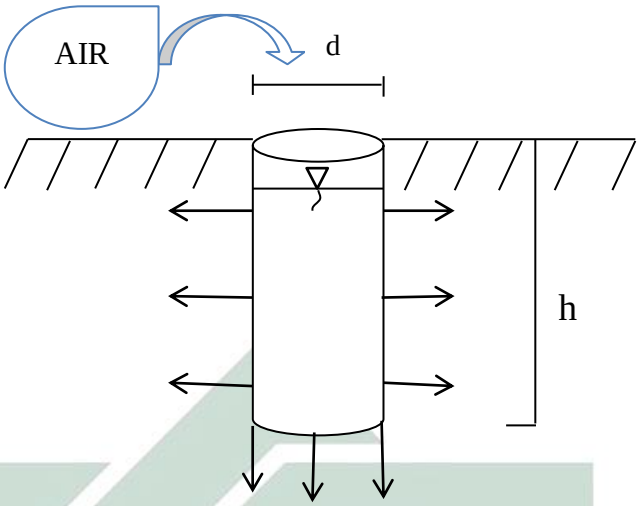
Cara kerja uji analisis butiran tanah adalah sebagai berikut:

- Sampel tanah pada lokasi uji diambil menggunakan bantuan alat bor tanah.
- Sampel tanah dikeringkan dibawah terik matahari hingga keadaan tanah mengering.
- Kemudian cawan kosong ditimbang menggunakan neraca analitik.
- Tanah diambil dan diletakkan ke dalam cawan, dan ditimbang.
- Kemudian tanah yang sudah ditimbang dimasukkan ke dalam alat *sieving machines* dan diatur waktu dalam pengoperasian selama 15 menit.
- Setelah 15 menit, ala *sieving machines* dimatikan dan diambil satu per satu sesuai tahap lapisan ayakan dari atas hingga bawah.
- Hasil saringan *sieving machines* dipindahkan ke dalam cawan dan ditimbang menggunakan neraca analitik.
- Hasil massa tanah setiap lapisan *sieving machines* dicatat dengan teliti.

(3) Uji lapangan laju infiltrasi tanah

Laju infiltrasi tanah di kampus UIN Sunan Ampel Surabaya didapatkan dengan mengukur langsung di lapangan dengan menggunakan metode infiltrasi tanah. Uji lapangan laju infiltrasi tanah digunakaan untuk mencari angka peresapan. Uji ini berfungsi untuk mengetahui daya resap tanah terhadap air. Uji lapangan infiltrasi menggunakan prinsip infiltrasi. Infiltrasi merupakan proses masuk/mengalirnya air ke dalam tanah secara gravitasi. Skema dari uji infiltrasi disajikan pada Gambar 3.3 berikut ini:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3.3 Skema Infiltrasi Tanah

(Sumber: Analisa Penulis, 2018)

Uji infiltrasi dilakukan dengan menggunakan alat dan bahan pada Tabel 3.3 berikut ini:

Tabel 3.3 Alat dan Bahan Uji Infiltrasi

a. Alat	b. Bahan
- bor tanah - linggis - meteran - ember - gayung - penggaris	- karet gelang - patok - *stopwatch* - air

Cara kerja uji infiltrasi sebelum adanya biopori adalah sebagai berikut:

- Siapkan alat dan bahan.
- Membuat galian dengan bor tanah berbentuk tabung pada permukaan tanah dengan ukuran diameter 11,4 cm dan tinggi 60 cm.
- Galian lubang tersebut di isi dengan air sampai penuh.
- Kemudian air diukur dan dicatat penurunan permukaannya setelah didiamkan selama ½ jam.
- Setelah diukur dan dicatat penurunan muka airnya setelah didiamkan ½ jam pertama, lubang tersebut di isi air lagi sampai penuh, kemudian diukur dan dicatat kembali penurunan muka airnya setelah didiamkan ½ jam kedua.
- Prosedur tersebut dilakukan secara berulang-ulang sampai penurunan air (Sn) tersebut konstan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

- setelah penurunan muka air (S) yang ke (n) dan (n + 1) besarnya hampir sama atau konstan, maka nilai Sn tersebut dijadikan standar untuk menghitung laju infiltrasi.

Cara kerja uji infiltrasi setelah adanya biopori adalah sebagai berikut:

- Siapkan alat dan bahan.
- Galian lubang tersebut di isi dengan air sampai penuh.
- Kemudian air diukur dan dicatat penurunan permukaannya setelah didiamkan selama 10 menit pertama, 10 menit kedua, dan 10 menit ketiga.

Lokasi uji infiltrasi dilakukan pada 9 titik yang tersebar pada 3 wilayah berbeda, yakni 3 titik di belakang Masjid Ulul Albab, 3 titik di depan Fakultas Psikologi dan 3 titik di Samping Kopertais. Penentuan lokasi uji infiltrasi didasarkan pada metode *purposive sampling*. Metode *purposive sampling* digunakan dengan cara menentukan kriteria khusus terhadap sampel. Pengambilan sampel ditentukan yang dapat mewakili keadaan keseluruhan di lokasi penelitian (Priyono, 2016). Syarat-syarat penentuan titik sampel menggunakan metode *purposive sampling* menurut (Shinta, 2013) adalah:

1. Penentuan karakteristik populasi dilakukan pada studi pendahuluan.
2. Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan karakteristik tertentu yang merupakan ciri-ciri pokok populasi.
3. Subjek yang diambil merupakan subjek yang paling banyak mengandung ciri-ciri yang terdapat pada populasi.

Selain itu, penentuan titik sampling juga berdasarkan survei langsung ketersediaan tanah di UINSA yang dapat digunakan untuk uji infiltrasi. Lokasi uji infiltrasi ditunjukkan pada Gambar 3.4 (terlampir).

b. Data Sekunder

(1) Peta administrasi kampus UIN Sunan Ampel Surabaya

Peta administrasi kampus UIN Sunan Ampel Surabaya didapatkan dari bagian akademik rektorat UIN Sunan Ampel Surabaya.

(2) Data hujan harian dalam 10 tahun terakhir

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Data hujan harian dalam 10 tahun terakhir didapatkan dari BMKG Maritim Perak Surabaya dan UPT PSDA Surabaya.

(3) Data luas atap bangunan dan luas ruang terbuka hijau

Data luas RTH selain didapatkan dari survei langsung dan data kampus dari bagian umum rektorat, juga disurvei melalui aplikasi Google Maps.

3.4.3 Tahap Penyusunan Laporan

Tahap penyusunan laporan dilakukan dengan melaporkan semua hasil penelitian serta melakukan analisis data kemudian menuliskan sebagai laporan akhir mengenai pemanfataan air hujan melalui LRB sebagai upaya mereduksi beban drainase di UINSA.

3.4.4 Analisa Data dan Pembahasan

Analisa data yang dilakukan terdiri dari beberapa tahap. Tahap-tahap tersebut yaitu:

1. Menghitung analisa hidrologi

   Data dengan distribusi normal diperlukan dalam pengujian statistik parametrik. Curah hujan rancangan dengan kala ulang 2 hingga 100 tahun akan dianalisa berdasarkan metode Log Person tipe III, kemudian dilakukan uji kecocokan dengan uji Smirnov Kolmogorov.

2. Menghitung intensitas hujan dan debit limpasan

   Intensitas hujan dapat dihitung dengan menggunakan rumus intensitas hujan Mononobe, yakni:

   $$I = \frac{R_{24}}{24}\left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (3.1)$$

   dimana:

   I= Intensitas curah hujan (mm/jam)

   t= Lamanya curah hujan (jam)

   R_{24}= Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

3. Menganalisa laju infiltrasi

   Laju air yang terinfiltrasi ke tanah selama kurun waktu tertentu dapat dihitung dengan menggunakan data penurunan ketinggian air dalam kurun waktu tertentu.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4. Menganalisa jumlah kebutuhan LRB di UINSA

   Jumlah LRB yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

   $$\text{Jumlah LRB} = \frac{\text{Intensitas Hujan (mm/jam) x Luas Bidang Kedap } (m^2)}{\text{Laju Peresapan Air (infiltrasi) per Lubang (liter/jam)}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3.2)$$

   $$\text{LRB Maksimum} = \frac{\text{Luas Ruang Hijau Terbuka}}{\text{Luas Tanah Ideal } m^2} \text{ x Jumlah lubang ideal} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3.3)$$

5. Membuat desain LRB di UIN Sunan Ampel Surabaya

   Desain LRB dibuat dengan menggunakan software Autocad 2010 dengan mengacu pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2009 dan (K.R Brata dan A. Nelistya, 2008).

6. Menganalisa reduksi beban drainase di UINSA

   Analisa reduksi beban drainase dapat dihitung menggunakan rumus:

   $$\text{\% Reduksi total beban drainase} = \frac{\sum \text{Qserap LRB}}{\sum \text{Qwilayah}} \text{ x } 100\% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3.4)$$

   Dimana:

   ∑Qserap LRB = Debit yang dapat diserap oleh LRB (m^3/detik)

   ∑Qwilayah = Debit hujan yang jatuh di seluruh wilayah penelitian (m^3/detik).

3.4.5 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisa data dan pembahasan, didapatkan kesimpulan sehingga dapat menjawab rumusan masalah penelitian. Pemberian saran yang membangun dalam laporan penelitian tugas akhir sangat diperlukan untuk perbaikan dan peningkatan kualitas lingkungan mengenai pemanfaatan air hujan melalui LRB sebagai upaya mereduksi beban drainase di UINSA.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data Hidrologi

4.1.1 Data Curah Hujan Bulanan Maksimum Stasiun Hujan Kebonagung, Gunungsari, Wonokromo

Data curah hujan dalam penelitian ini menggunakan data curah hujan pada tiga stasiun terdekat dengan lokasi penelitian. Stasiun hujan yang diambil adalah stasiun hujan Kebonagung, Gunungsari, dan Wonokromo. Data curah hujan dari masing-masing stasiun hujan disajikan pada Tabel 4.1, Tabel 4.2, dan Tabel 4.3 berikut ini:

Tabel 4.1 Data Curah Hujan Bulanan Maksimum Stasiun Kebonagung

Tahun	Bulan Dalam Setahun												Rh Total (mm)	Rh Max (mm)
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des		
2008	232	160	406	131	55	0	0	0	0	110	323	429	1846	429
2009	312	494	368	175	411	80	0	0	0	0	121	263	2224	494
2010	452	581	427	531	359	126	67	15	96	153	214	396	3417	581
2011	331	358	477	376	185	20	2	0	0	27	257	325	2358	477
2012	459	322	129	160	73	0	0	0	0	4	38	572	1757	572
2013	545	311	368	328	309	241	72	0	0	0	0	0	2174	545
2014	0	290	543	370	56	43,5	0	0	0	0	39	421	1762,5	543
2015	304	519	386	343	229	17	0	0	0	0	43	365	2206	519
2016	151	612	276,5	227,5	293	128	159	37	107	472	309	511	3283	612
2017	400	305	270	141	89	47	23	0	14	48	339	341	2017	400

Sumber: BMKG Maritim Perak Surabaya dan UPT PSDA Surabaya, 2018

Tabel 4.2 Data Curah Hujan Bulanan Maksimum Stasiun Gunungsari

Tahun	Bulan Dalam Setahun												Rh Total (mm)	Rh Max (mm)
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des		
2008	284	140	421	147	46	0	0	0	0	89	323	484	1934	484
2009	386	454	315	159	386	63	0	0	0	0	115	248	2126	454
2010	443	667	455	486	296	142	48	12	100	202	252	471	3574	667
2011	347	394	328	328	187	12	0	0	0	30	221	279	2126	394
2012	551	262	122	165	74	0	0	0	0	0	54	582	1810	582

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tahun	Bulan Dalam Setahun												Rh Total (mm)	Rh Max (mm)
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des		
2013	568	355	370	333	317	257	93	0	0	0	140	410	2843	568
2014	239	311	560	398,5	53	143	53	0	0	0	62	449	2268,5	560
2015	278	444	305	278	163,5	13	0	0	0	0	0	390	1871,5	444
2016	88,5	563	227	158,5	313	82,5	105,5	31	90	348	238	448	2693	563
2017	314,5	296	235	115	44	45	16	0	15	46	369	387	1882,5	387

Sumber: BMKG Maritim Perak Surabaya dan UPT PSDA Surabaya, 2018

Tabel 4.3 Data Curah Hujan Bulanan Maksimum Stasiun Wonokromo

Tahun	Bulan Dalam Setahun												Rh Total (mm)	Rh Max (mm)
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des		
2008	248	96	339	144	33	3	0	0	0	89	247	473	1672	473
2009	375	440	320	117	170	75	0	0	0	0	100	433	2030	440
2010	454	599	344	433	307	60	33	12	116	211	171	362	3102	599
2011	187	290	354	327	228	0	0	0	0	37	238	349	2010	354
2012	544	324	216	64	53	11	0	0	0	14	71	492	1789	544
2013	615	346	515	316	297	222	68	0	0	0	125	401	2905	615
2014	216	341	572	211	139	154	48	0	0	0	47	450	2178	572
2015	328	428	372	268	190	5	0	0	0	0	34	346	1971	428
2016	326	814	302	232	338	110	160	44	102	396	306	511	3641	814
2017	365	276	268	173	84	55	18	0	21	46	359	365	2030	365

Sumber: BMKG Maritim Perak Surabaya dan UPT PSDA Surabaya, 2018

4.1.2 Analisa Curah Hujan Area

Analisa curah hujan area menggunakan metode rerata aritmatik (aljabar) dengan persamaan berikut ini (Triatmodjo, 2013):

$$\bar{p} = \frac{p_1+p_2+p_3+\ldots+p_n}{n}$$

dimana:

$\bar{p}$ = hujan rerata kawasan

$p_1+p_2+p_3+\ldots+p_n$ = hujan di stasiun 1,2,3…, n

n = jumlah stasiun

Perhitungan curah hujan area kemudian digunakan dalam mencari curah hujan rencana (Rh rencana) yang akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya. Tabel

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

hasil perhitungan curah hujan area dan curah hujan rencana disajikan pada Tabel 4.4 berikut ini:

Tabel 4.4 Curah Hujan Area dan Curah Hujan Rencana

Tahun	Rh Max Sta Kebunagung	Rh Max Sta Gunungsari	Rh Max Sta Wonokromo	Rh Rencana
2008	429	484	473	462
2009	494	454	440	463
2010	581	667	599	616
2011	477	394	354	408
2012	572	582	544	566
2013	545	568	615	576
2014	543	560	572	558
2015	519	444	428	464
2016	612	563	814	663
2017	400	387	365	384

Sumber: Hasil Analisa, 2018.

4.1.3 Analisa Frekuensi Curah Hujan Rencana

Analisa curah hujan rencana digunakan sebagai awal perhitungan intensitas hujan hingga debit limpasan air hujan. Analisa frekuensi curah hujan rencana memuat perhitungan parameter statistik (pengukuran dispersi), perhitungan jenis sebaran, serta pengujian keselarasan sebaran.

a. Parameter Statistik (Pengukuran Dispersi)

Parameter statistik dapat diketahui mula- mula dengan menghitung $(X_i\text{-}X)$, $(X_i\text{-}X)^2$, $(X_i\text{-}X)^3$, $(X_i\text{-}X)^4$, dimana:

X_i= Besarnya curah hujan daerah (mm)

X= Rata-rata curah hujan maksimum daerah (mm)

Hasil perhitungan parameter statistik ditunjukkan pada Tabel 4.5 berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.5 Parameter Statistik

No.	Tahun	Rh Rencana (Xi)	Rh Rata-Rata (X)	(Xi-X)	$(Xi-X)^2$	$(Xi-X)^3$	$(Xi-X)^4$
1	2008	462	516	-54	2912	-157173	8482080
2	2009	463	516	-53	2841	-151419	8070656
3	2010	616	516	100	9940	991027	98805389
4	2011	408	516	-108	11585	-1246925	134210706
5	2012	566	516	50	2503	125250	6266683
6	2013	576	516	60	3604	216360	12988824
7	2014	558	516	42	1795	76045	3221790
8	2015	464	516	-52	2735	-143056	7481811
9	2016	663	516	147	21619	3178684	467372561
10	2017	384	516	-132	17415	-2298226	303289230
	Jumlah	5160		0	76950	590568	1050189731

Sumber: Hasil Analisa, 2018.

Perhitungan dispersi untuk menghitung sebaran dalam tahap selanjutnya yang meliputi deviasi standar, koefisien *skewness*, koefisien kurtosis. dan koefisien variasi adalah sebagai berikut:

1. Deviasi Standar (Sd)

   Perhitungan deviasi standar menggunakan persamaan berikut (Triatmodjo, 2013):

   $$Sd=\sqrt{\frac{\sum(X_i-\overline{X})^2}{n-1}}$$

   dimana:

   Sd= Deviasi standar

   $\overline{\overline{X}}$= Nilai rata-rata variat

   X_i= Nilai variat ke-i

   n= Jumlah data

   Hasil perhitungan:

   $$Sd=\sqrt{\frac{76950}{10-1}}$$

   Sd= 92,466

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Koefisien *Skewness* (Cs)

Perhitungan koefisien *skewness* menggunakan persamaan berikut (Triatmodjo, 2013):

$$Cs= \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^{n} \sum (X_i-\bar{\bar{X}})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}}$$

dimana:

Cs= Koefisien *skewness*

$\bar{\bar{X}}$= Nilai rata-rata variat

X_i= Nilai variat ke-i

n= Jumlah data

Sd= Deviasi standar

Hasil perhitungan:

$$Cs= \sqrt{\frac{10 \text{ x } 590568}{(10-1)(10-2)\text{x } 92{,}466^3}}$$

Cs= 92,466

3. Koefisien Kurtosis (Ck)

Perhitungan koefisien kurtosis menggunakan persamaan berikut (Triatmodjo, 2013):

$$Ck= \sqrt{\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \sum (X_i-\bar{\bar{X}})^4}{Sd^4}}$$

dimana:

Ck= Koefisien kurtosis

$\bar{\bar{X}}$= Nilai rata-rata variat

X_i= Nilai variat ke-i

n= Jumlah data

Sd= Deviasi standar

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hasil perhitungan:

$$Ck= \sqrt{\frac{\frac{1}{10} \text{ x } 1050189731}{92,466^4}}$$

Ck= 1,625

4. Koefisien Variasi

Perhitungan koefisien variasi menggunakan persamaan berikut (Triatmodjo, 2013):

$$Cv= \frac{Sd}{\overline{X}}$$

dimana:

Cv= Koefisien variasi

$\overline{X}$= Nilai rata-rata variat

Sd= Deviasi standar

Hasil perhitungan:

$$Cv= \frac{92,466}{516}$$

Cv= 0,174

b. Perhitungan Jenis Sebaran

1. Metode Gumbel Tipe I

Perhitungan curah hujan (X_t) dengan persamaan berikut ini:

$$X_t= \overline{X}+\frac{S}{S_n}(Y_t-Y_n)$$

dimana:

$\overline{X}$= 516	Yn= 0,4592 (lihat Tabel 2.1)
Sd= 92,466	Sn= 0,9496 (lihat Tabel 2.2)

$$Yt=-\ln\left[\ln\frac{T-1}{T}\right]$$ (lihat Tabel 2.3)

Distribusi sebaran dengan metode Gumbel Tipe I ditunjukkan pada Tabel 4.6 berikut ini:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.6 Distribusi Sebaran Metode Gumbel Tipe I

No.	Periode	$\overline{\overline{X}}$	Sd	Sn (n=10)	Yn (n=10)	Yt	Xt
1	2	516	92,466	0,9496	0,4592	0,3065	501,131
2	5	516	92,466	0,9496	0,4592	1,4999	617,337
3	10	516	92,466	0,9496	0,4592	2,2504	690,416
4	25	516	92,466	0,9496	0,4592	3,1985	782,736
5	50	516	92,466	0,9496	0,4592	3,9019	851,229
6	100	516	92,466	0,9496	0,4592	4,6001	919,215

Sumber: Hasil Analisa, 2018.

2. Metode Log Pearson Tipe III

Perhitungan curah hujan (X_t) dengan persamaan berikut ini:

$Y = \overline{Y} + k.S$

$\log X = \overline{\log(X)} + k(\overline{Sd\ \log(X)})$, dimana:

Y= nilai logaritma dari X

$\overline{\overline{Y}}$= Nilai rata-rata Y atau $\overline{\log(X)} = \frac{\sum \log(X)}{n} = 2{,}7062$

Deviasi standar (Sd) menjadi:

$$\overline{Sd\ \log(X)} = \sqrt{\frac{\sum\left(\log(X) - \overline{\log(X)}\right)^2}{n-1}}$$

$\overline{Sd\ \log(X)} = 0{,}079$

Koefisien *skewness* (Cs) menjadi:

$$Cs = \sqrt{\frac{n\sum_{i=1}^{n}\sum\left(\log(X) - \overline{\log(X)}\right)^3}{(n-1)(n-2)(\overline{Sd\ log(X)})^3}}$$

Cs= -0,125

Tabel hasil perhitungan distribusi frekuensi dan distribusi sebaran menggunakan metode Log Pearson Tipe III ditunjukkan pada Tabel 4.7 dan 4.8 berikut ini:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.7 Distribusi Frekuensi Metode Log Pearson Tipe III

Tahun	Rh Rencana (Xt)	log X	$\overline{\log(X)}$	log X- $\overline{\log(X)}$	(log X- $\overline{\log(X)})^2$	(log X- $\overline{\log(X)})^3$
2008	462	2,665	2,7062	-0,042	0,0017	-0,00007
2009	463	2,665	2,7062	-0,041	0,0017	-0,00007
2010	616	2,789	2,7062	0,083	0,0069	0,00057
2011	408	2,611	2,7062	-0,095	0,0091	-0,00086
2012	566	2,753	2,7062	0,047	0,0022	0,00010
2013	576	2,760	2,7062	0,054	0,0029	0,00016
2014	558	2,747	2,7062	0,041	0,0017	0,00007
2015	464	2,666	2,7062	-0,040	0,0016	-0,00006
2016	663	2,822	2,7062	0,115	0,0133	0,00153
2017	384	2,584	2,7062	-0,122	0,0149	-0,00181
Jumlah	5160	27,062		0,000	0,0559	-0,00044

Sumber: Hasil Analisa, 2018.

Tabel 4.8 Distribusi Sebaran Metode Log Pearson Tipe III

No.	Periode	$\overline{\log(X)}$	$\overline{Sd\log(X)}$	Cs	k	Y= $\overline{\log(X)}$ + k(Sd log(X))	$X=10^Y$
1	2	2,706	0,079	-0,1250	0,0210	2,707659	510,104
2	5	2,706	0,079	-0,1250	0,8395	2,772321	591,998
3	10	2,706	0,079	-0,1250	1,2670	2,806093	639,872
4	25	2,706	0,079	-0,1250	1,7407	2,843515	697,454
5	50	2,706	0,079	-0,1250	1,9863	2,862914	729,313
6	100	2,706	0,079	-0,1250	2,2335	2,882447	762,863

Sumber: Hasil Analisa, 2018.

3. Metode Log Normal

   Perhitungan distribusi frekuensi log normal adalah sebagai berikut:

   $Cs= Cv^3 + 3Cv= 3,031$

   $Ck= Cv^8 + 6Cv^6+ 15Cv^4+ 16Cv^2+3= 0,527$

Penggunaan metode dalam menentukan jenis sebaran harus memenuhi persyaratan pada masing-masing metode. Berikut merupakan tabel kesesuaian persyaratan dengan perhitungan pada masing-masing metode yang ditunjukkan pada Tabel 4.9 berikut ini:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.9 Kesesuaiaan Jenis Sebaran

No.	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1.	Metode Gumbel Tipe I	Ck ≈ 5.4002	Ck = 1,625	Tidak Memenuhi
		Cs ≈ 1.139	Cs = 1,114	Memenuhi
2.	Metode Log Normal	Ck ≈ 5.383	Ck = 3,031	Tidak Memenuhi
		Cs ≈ 1.137	Cs = 0,527	Tidak Memenuhi
3.	Metode Log Pearson Tipe III	Cs ≠ 0	Cs = -0,125	Memenuhi

Sumber: Hasil Analisa, 2018.

Berdasarkan Tabel 4.9, dari ketiga jenis metode yang digunakan, yang memenuhi kedua persyaratan (Ck dan Cs) hanya Metode Log Pearson Tipe III. Dengan nilai Cs = -0,125 dan persyaratan sebesar Cs ≠ 0. Sehingga nilai curah hujan rencana berdasarkan kala ulang (X_t) yang digunakan dalam perhitungan selanjutnya memakai Metode Log Pearson Tipe III dengan nilai curah hujan rencana pada masing masing periode yakni ditunjukkan pada Tabel 4.10 berikut:

Tabel 4.10 X_t Tiap Periode Metode Log Pearson Tipe III

No.	Periode	X_t
1.	2	510,104
2.	5	591,998
3.	10	639,872
4.	25	697,454
5.	50	729,313
6.	100	762,863

Sumber: Hasil Analisa, 2018.

c. Pengujian Keselarasan Sebaran

Pengujian keselarasan sebaran atau disebut dengan uji kecocokan digunakan untuk menunjukkan distribusinya dapat diterima atau tidak. Pada analisa ini, uji keselarasan sebaran menggunakan Smirnov-Kolmogorov. Dengan distribusi terpilih Log Pearson Tipe III, lebih sesuai menggunakan uji Smirnov-Kolmogorov untuk metode uji keselarasannya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hasil perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov ditunjukkan pada Tabel 4.11 berikut:

X_i= Curah hujan rencana n= Jumlah data

Xrt= Rata-rata curah hujan M= Tahun data hujan

Sd= Deviasi Standar

Tabel 4.11 Uji Keselarasan Smirnov-Kolmogorov

(1)	(2)	(3)	(4)=(1)-(3)	(5)	(6)	(7)=(1)-(6)	(8)=(4)-(7)
Xi	M	P(x)=M/(n+1)	P(x<)	f(t)=(Xi-Xrt)/Sd	P'(x)=M/(n-1)	P'(x<)	D
384	1	0,091	0,909	-1,395	0,111	0,889	0,02
408	2	0,182	0,818	-1,136	0,222	0,778	0,04
462	3	0,273	0,727	-0,552	0,333	0,667	0,06
463	4	0,364	0,636	-0,541	0,444	0,556	0,08
464	5	0,455	0,545	-0,530	0,556	0,444	0,101
558	6	0,545	0,455	0,487	0,667	0,333	0,122
566	7	0,636	0,364	0,573	0,778	0,222	0,142
576	8	0,727	0,273	0,681	0,889	0,111	0,162
616	9	0,818	0,182	1,114	1,000	0,000	0,182
663	10	0,909	0,091	1,622	1,111	0,889	-0,798
						Dmaks =	0,182

Sumber: Hasil Analisa, 2018.

Derajat signifikasi = 0,05 (5%)

Dmaks = 0,182 → (m=9)

Do kritis = 0,41 untuk n=10 (Tabel 3.42, Soewarno jilid 1, 1995)

Berdasarkan perbandingan di atas, dapat diketahui bahwa Dmaks < Do kritis, sehingga metode sebaran yang diuji dapat diterima.

Dmaks < Dkritis

0,182 < 0,41

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.1.4 Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Perhitungan intensitas curah hujan pada analisa ini menggunakan Metode Mononobe. Berikut merupakan rumus intensitas hujan Mononobe:

$$I=\frac{R_{24}}{24} x \left[\frac{24}{t}\right]^{\frac{2}{3}}$$

dimana:

I= Intensitas hujan

R_{24}= Curah hujan maks dalam 24 jam

t = waktu

Hasil perhitungan intensitas curah hujan ditunjukkan pada Tabel 4.12 berikut ini:

Tabel 4.12 Intensitas Curah Hujan

t (Jam)	R24 (mm/jam)					
	R2	R5	R10	R25	R50	R100
	510,104	**591,104**	**639,872**	**697,454**	**729,313**	**762,863**
1	178,727	207,107	224,194	244,369	255,531	267,286
2	112,331	130,168	140,907	153,587	160,603	167,991
3	85,609	99,203	107,387	117,051	122,398	128,028
4	70,601	81,811	88,561	96,531	100,940	105,584
5	60,797	70,451	76,263	83,126	86,923	90,922
6	53,806	62,349	67,494	73,567	76,928	80,467
7	48,526	56,231	60,871	66,348	69,379	72,571
8	44,373	51,419	55,661	60,670	63,442	66,360
9	41,006	47,517	51,438	56,066	58,628	61,325
10	38,211	44,279	47,932	52,245	54,632	57,145
11	35,847	41,539	44,967	49,013	51,252	53,610
12	33,817	39,187	42,420	46,238	48,350	50,574
13	32,051	37,141	40,205	43,823	45,825	47,933
14	30,499	35,342	38,258	41,700	43,605	45,611
15	29,121	33,745	36,529	39,817	41,635	43,551
16	27,889	32,317	34,983	38,132	39,873	41,708
17	26,779	31,031	33,591	36,614	38,286	40,048
18	25,772	29,865	32,329	35,238	36,848	38,543
19	24,856	28,802	31,179	33,985	35,537	37,172
20	24,016	27,829	30,125	32,836	34,336	35,916
21	23,244	26,934	29,157	31,780	33,232	34,761

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

t (Jam)	R24 (mm/jam)					
	R2	R5	R10	R25	R50	R100
	510,104	**591,104**	**639,872**	**697,454**	**729,313**	**762,863**
22	22,530	26,108	28,262	30,805	32,212	33,694
23	21,869	25,342	27,433	29,901	31,267	32,705
24	21,254	24,629	26,661	29,061	30,388	31,786
Jumlah	1113,529	1290,348	1396,806	1522,504	1592,050	1665,288

Sumber: Hasil Analisa, 2018.

4.1.5 Perhitungan Debit Limpasan

Perhitungan debit limpasan pada analisa ini menggunakan metode rasional (Triatmodjo, 2013). Berikut merupakan rumus dari debit limpasan metode rasional:

Q= 0,278 x C x I x A

dimana:

Q= Debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan dengan intensitas, durasi dan frekuensi tertentu (m^3/detik)

I= Intensitas hujan (m/detik)

A= Luas daerah tangkapan (m^2)

C= Koefisien aliran yang tergantung pada jenis permukaan lahan

Perhitungan debit limpasan menggunakan intensitas hujan durasi 2 jam pada kala ulang 5 tahun dengan pertimbangan menurut (Sanitya dan Burhanudin, 2012) dalam merencanakan jenis bangunan air seperti drainase saluran di sawah/permukiman digunakan kala ulang 5 hingga 10 tahun dan durasi hujan yang sering terjadi ada pada 1 hingga 6 jam. Koefisien aliran memakai koefisien (C) sebesar 0,6 dengan pertimbangan Kampus UINSA termasuk bangunan *multi unit terpisah* (0,4 – 0,6) (Triatmodjo, 2013). Perhitungan salah satu debit limpasan pada salah satu lokasi di UINSA adalah sebagai berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Lokasi I (Ruang Terbuka Masjid Ulul Albab)

dengan:

C= 0,6

I= 130,168 mm/jam= 0,130 m/jam

A= 311,45 m^2

sehingga:

Q= 0,278 x C x I x A

Q= 0,278 x 0,6 x 0,130 x 311,45

Q = 6,762 m^3/jam

Debit limpasan pada lokasi ruang terbuka di UINSA ditunjukkan pada Tabel 4.13 berikut ini

Tabel 4.13 Debit Limpasan

No.	Lokasi	Luas Lokasi (m^2)	Debit Limpasan (m^3/jam)
1.	Masjid	311,45	6,762
2.	Laboratorium	67,25	1,460
3.	Akademik Saintek	104,18	2,262
4.	Kopertais	37,28	0,809
5.	Fakultas Adab	123,28	2,677
6.	Fakultas Syariah	84,87	1,843
7.	Maqha	42,84	0,930
8.	Auditorium	84,17	1,828
9.	Gedung Transit	55,10	1,196
10.	Fakultas Tarbiyah	196,83	4,274
11.	SAC	22,75	0,494
12.	Sport Center	25,71	0,558
13.	Twin Tower	326,13	7,081
Total UIN Sunan Ampel Surabaya		1481,84	32,174

Sumber: Hasil Analisa, 2018.

Berdasarkan Tabel 4.13, diketahui debit limpasan pada beberapa lokasi ruang terbuka di UINSA. Debit limpasan berbanding lurus dengan luas lokasi. Luas lokasi ruang terbuka terbesar ada pada lokasi sekitar Twin Tower dengan luas 326,13 m^2 serta debit limpasan sebesar 7,081 m^3/jam dan yang terkecil ada pada lokasi sekitar SAC dengan luas 22,75 m^2 serta debit limpasan sebesar 0,494

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

m^3/jam. Total debit limpasan pada ruang terbuka di Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya dengan luas ruang terbuka sebesar 1481,84 m^2 adalah 32,174 m^3/jam.

4.2 Analisa Jenis Tanah

4.2.1 Analisa Permeabilitas Tanah

Pengujian permeabilitas tanah lokasi penelitian di lakukan di Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan, Jurusan Teknik Sipil, FTSP ITS. Sampel tanah yang digunakan untuk mengetahui nilai permeabilitas tanah ada 2 (dua) sampel/*duplo*. Permeabilitas tanah diperoleh dari uji konsolidasi. Hasil uji konsolidasi sampel I pada kedalaman 0,4 m dari permukaan tanah dan sampel II pada kedalaman 0,5 m dari permukaan tanah dimana keduanya terletak pada 1 titik sampling ditunjukkan pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15 berikut ini:

Tabel 4.14 Hasil Uji Konsolidasi Sampel I

No.	Hasil Laboratorium	No.	Hasil Laboratorium
1.	Tinggi contoh (h_o) = 2,00 cm	10.	Berat volume basah (γ) = 1,890 gr/cc
2.	Tinggi solid (h_s) = 1,092 cm	11.	Spesific gravity (G_s) = 2,668
3.	Tinggi rongga (h_v) = 0,908 cm	12.	Angka pori (e) = 0,795
4.	Diameter (ϕ) = 6,50 cm	13.	Berat volume jenuh (γ_{sat}) = 1,929 gr/cc
5.	Area (A_O) = 33,17 cm^2	14.	Berat volume effektif (γ') = 0,929 gr/cc
6.	Volume total (V_t) = 66,33 cm^3	15.	Tekanan overburden (P_o) = 0,682 kg/cm^2
7.	Berat sampel (W_t) = 125,37 gr	16.	Tekanan prakonsolidasi (P_p)= 1,310 kg/cm^2
8.	Berat butir (W_s) = 96,588 gr	17.	Koefisien kompressi (C_c) = 0,759
9.	Kadar air (W_c) = 29,80 %	18.	Koefisien konsolidasi Cv(t_{50})=0,000139 cm^2/dtk

Sumber: Hasil Uji Lab Mektan Teknik Sipil ITS, 2018.

Tabel 4.15 Hasil Uji Konsolidasi Sampel II

No.	Hasil Laboratorium	No.	Hasil Laboratorium
1.	Tinggi contoh (h_o) = 2,00 cm	10.	Berat volume basah (γ) = 1,833 gr/cc
2.	Tinggi solid (h_s) = 1,065 cm	11.	Spesific gravity (G_s) = 2,685
3.	Tinggi rongga (h_v) = 0,935 cm	12.	Angka pori (e) = 0,757
4.	Diameter (ϕ) = 6,50 cm	13.	Berat volume jenuh (γ_{sat}) = 1,959 gr/cc
5.	Area (A_O) = 33,17 cm^2	14.	Berat volume effektif (γ') = 0,959 gr/cc
6.	Volume total (V_t) = 66,33 cm^3	15.	Tekanan overburden (P_o) = 1,439 kg/cm^2
7.	Berat sampel (W_t) = 121,59 gr	16.	Tekanan prakonsolidasi (P_p) = 1,137 kg/cm^2
8.	Berat butir (W_s) = 94,847 gr	17.	Koefisien kompressi (C_c) = 1,029
9.	Kadar air (W_c) = 28,19 %	18.	Koefisien konsolidasi Cv(t_{50})=0,00176 cm^2/dtk

Sumber: Hasil Uji Lab Mektan Teknik Sipil ITS, 2018.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan Tabel 4.14 dan Tabel 4.15, nilai koefisien konsolidasi sampel I adalah sebesar 0,00176 cm^2/dtk dan nilai koefisien konsolidasi sampel II adalah sebesar 0,000139 cm^2/dtk. Dari nilai koefisien konsolidasi, dapat dicari koefisien permeabilitas menggunakan rumus berikut ini:

$$C_v = \frac{k}{\gamma_w x\ m_v}$$

$$m_v = \frac{\Delta_e}{\Delta_p x\ (1+e)}$$

$$k = C_v\ x\ \partial_w\ x\ m_v$$

Nilai koefisien permeabilitas pada sampel I adalah sebagai berikut:

$$m_v = \frac{0,757}{(1,439 - 1,137)\ x\ (1+0,757)}$$

m_v= 1,426

k= 0,00176 x 9,81 x 1,426

k= 0,0246 cm/dtk

Sedangkan nilai koefisien permeabilitas pada sampel II adalah sebagai berikut:

$$m_v = \frac{0,795}{(1,310 - 0,682)\ x\ (1+0,795)}$$

m_v= 0,705

k= 0,000139 x 9,81 x 0,705

k= 0,000961 cm/dtk

Sehingga rekapitulasi koefisien permeabilitas pada sampel I dan II ditunjukkan pada Tabel 4.16 berikut ini:

Tabel 4.16 Rekapitulasi Koefisien Permeabilitas

No.	No. Sampel	Koefisien Permeabilitas (k) (cm/detik)
1.	I (-40cm)	0,0246
2.	II(-50cm)	0,000961

Sumber: Hasil Uji Lab Mektan Teknik Sipil ITS, 2018.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Nilai koefisien permeabilitas beberapa jenis tanah menurut (Das,1995) ditunjukkan pada Tabel 4.17 berikut ini:

Tabel 4.17 Nilai Koefisien Permeabilitas Beberapa Jenis Tanah

No.	Karakteristik	Nilai k (cm/detik)
1.	Kerikil sedang sampai kasar	> 0,1
2.	Pasir halus sampai kasar	0,1 – 0,001
3.	Pasir halus, pasir berlanau	0,001 – 0,00001
4.	Lanau, lanau berlempung, lempung berlanau	0,0001 – 0,000001
5.	Lempung gemuk	< 0,0000001

Sumber: Das,1995.

Koefisien permeabilitas pada Tabel 4.16 Berdasarkan koefisien permeabilitas menurut (Das, 1995) pada tabel 4.17 menunjukkan bahwa sampel I dengan nilai koefisien permeabilitas sebesar 0,0246 merupakan jenis tanah pasir halus sampai kasar. Sedangkan nilai koefisien permeabilitas pada sampel II sebesar 0,000961 merupakan jenis tanah pasir halus, pasir berlanau.

4.2.2 Analisa Gradasi Tanah (Uji Saringan-Hidro)

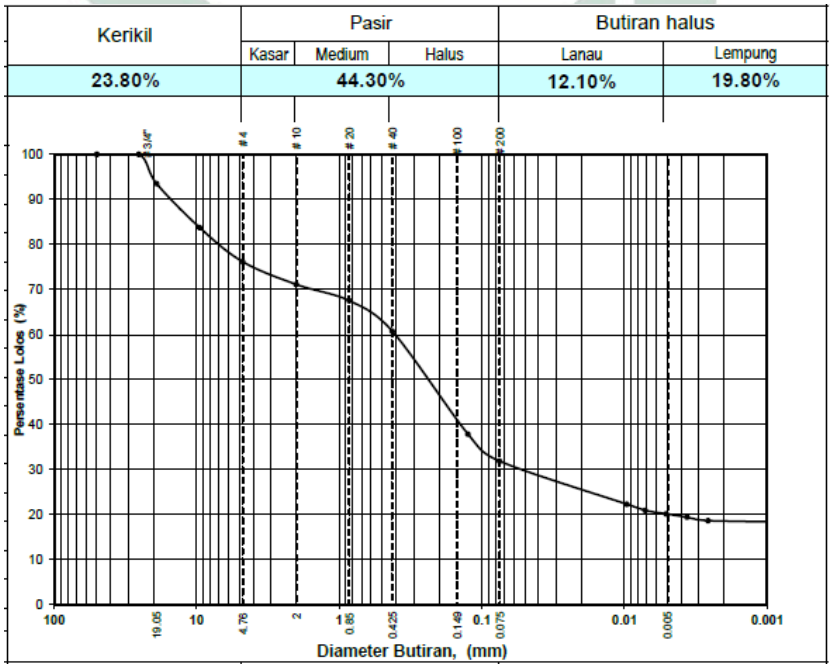
Pada uji ayakan saringan-hidro, digunakan 2 (dua) sampel tanah. Sampel I pada kedalaman 0,4 m dari permukaan tanah dan sampel II pada kedalaman 0,5 m dari permukaan tanah dimana keduanya terletak pada 1 titik sampling. Hasil uji oleh Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan, Teknik Sipil ITS untuk sampel I ditunjukkan pada Tabel 4.18 dan Gambar 4.1 berikut ini:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.18 Perhitungan Uji Ayakan Sampel I (- 0,40 m)

Diskripsi tanah : Pasir berlempung berlanau, abu-abu terang						
Komposisi tanah : 23,80% kerikil; 44,30% pasir; 12,10% lanau; 19,80% lempung						
Berat tanah kering : 200 gr						
Berat mangkok : 26,94 gr						
No.	Ø (mm)	No. Saringan	Berat Tertahan (gr)		% Tertahan	% Lolos
1.	50	2”				100
2.	25,4	1”				100,00
3.	19,05	3/4"	39,91	13,0	6,49	93,51
4.	9,5	3/8”	46,484	19,55	9,77	83,74
5.	4,76	4	42,023	15,08	7,54	76,20
6.	2,00	10	37,052	10,11	5,06	71,14
7.	0,85	20	34,168	7,23	3,61	67,53
8.	0,425	40	40,434	13,50	6,75	60,78
9.	0,125	100	72,723	45,78	22,89	37,89
10.	0,075	200	38,924	11,99	5,99	31,90
11.	0,0096					22,32
12.	0,0071					20,93
13.	0,0051					20,18
14.	0,0036					19,42
15.	0,0026					18,66
16.	0,0001					17,91

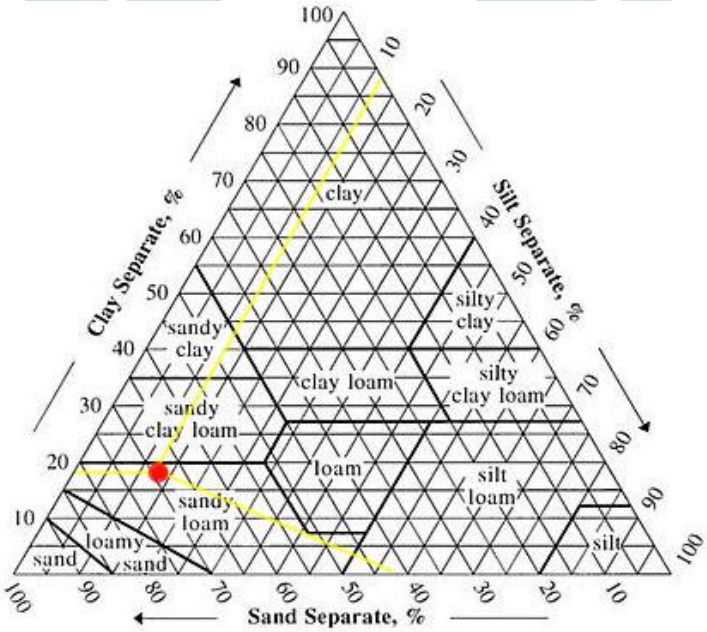
Sumber: Hasil Uji Lab Mektan Teknik Sipil ITS, 2018.



Gambar 4.1 Grafik Tanah Lolos Saringan Sampel I
(Sumber: Hasil Uji Lab Mektan Teknik Sipil ITS, 2018)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Untuk mengetahui jenis tanah apa yang digunakan sebagai sampel dilakukan plot pada segitiga tanah. Segitiga tanah ini merupakan perbandingan presentase kadar pasir, lanau dan lempung dalam suatu sampel tanah berdasarkan klasifikasi USDA. Berdasarkan Tabel 4.18, hasil uji laboratorium pada sampel I yang di lakukan di Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan, Jurusan Teknik Sipil, FTSP ITS, sampel I merupakan jenis tanah pasir berlempung berlanau, abu-abu terang yang tersusun atas 23, 80% kerikil; 44,30% pasir; 12,10% lanau; dan 19,80% lempung. Jika di plot pada segitiga tanah USDA hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4.2 sebagai berikut:



Gambar 4.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur (USDA)

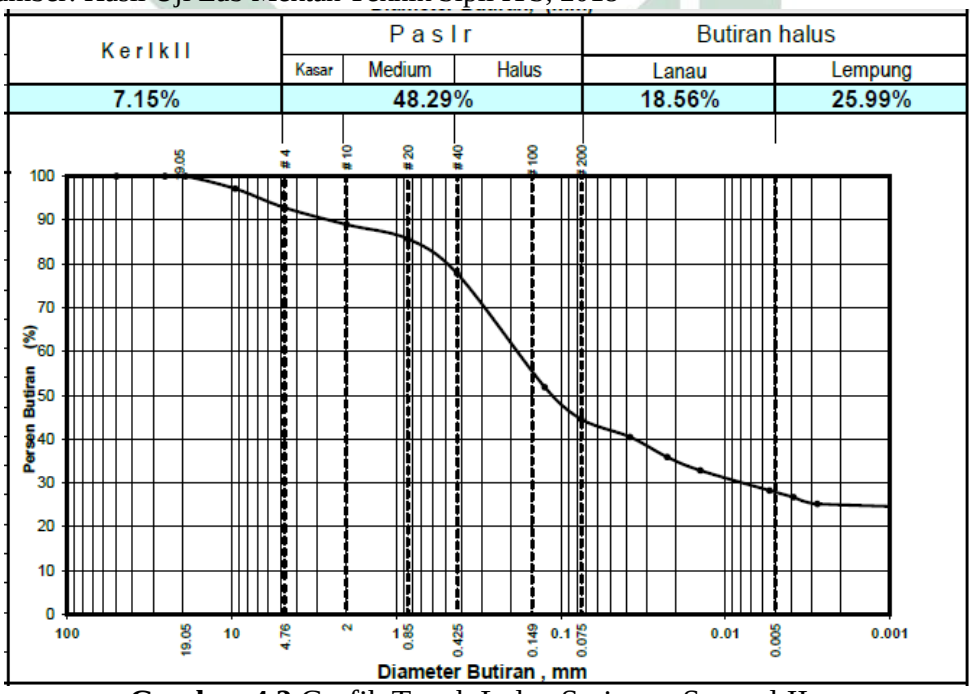
Berdasarkan Gambar 4.2, jenis tanah sampel I menurut klasifikasi USDA dengan komposisi 23, 80% kerikil; 44,30% pasir; 12,10% lanau; dan 19,80% lempung termasuk jenis tanah pasir berlempung (*sandy loam*). Hasil uji oleh Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan, Teknik Sipil ITS untuk sampel II ditunjukkan pada Tabel 4.19 dan Gambar 4.3 berikut ini:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.19 Perhitungan Uji Ayakan Sampel II (- 0,50 m)

Diskripsi tanah : Pasir berlempung berlanau, abu-abu terang						
Komposisi tanah : 7,15% kerikil; 48,29% pasir; 18,56% lanau; 25,99% lempung						
Berat tanah kering : 200 gr						
Berat mangkok : 26,94 gr						
No.	Ø (mm)	No. Saringan	Berat Tertahan (gr)		% Tertahan	% Lolos
1.	50	2”				100
2.	25,4	1”				100
3.	19,05	3/4"	50,231	23,292	11,646	100
4.	9,5	3/8”	32,608	5,7	2,83	97,17
5.	4,76	4	35,576	8,6	4,32	92,85
6.	2,00	10	34,653	7,7	3,86	88,99
7.	0,85	20	33,470	6,5	3,27	85,72
8.	0,425	40	42,856	15,9	7,96	77,77
9.	0,125	100	78,748	51,8	25,90	51,86
10.	0,075	200	41,553	14,6	7,31	44,55
11.	0,0379					40,49
12.	0,0225					35,91
13.	0,0142					32,86
14.	0,0054					28,28
15.	0,0038					26,75
16.	0,0028					25,23
17.	0,0001					23,70

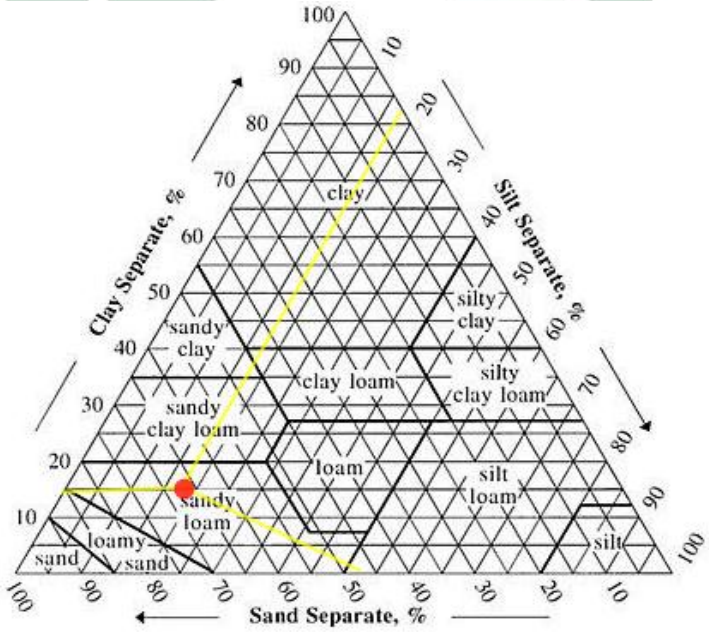
Sumber: Hasil Uji Lab Mektan Teknik Sipil ITS, 2018



Gambar 4.3 Grafik Tanah Lolos Saringan Sampel II
(Sumber: Hasil Uji Lab Mektan Teknik Sipil ITS, 2018)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kemudian untuk mengetahui jenis tanah apa yang digunakan sebagai sampel dilakukan plot pada segitiga tanah. Segitiga tanah ini merupakan perbandingan presentase kadar pasir, lanau dan lempung dalam suatu sampel tanah berdasarkan klasifikasi USDA. Berdasarkan Tabel 4.19, hasil uji laboratorium pada sampel II yang di lakukan di Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan, Jurusan Teknik Sipil, FTSP ITS, sampel II merupakan jenis tanah pasir berlempung berlanau, abu-abu terang yang tersusun atas 7,15% kerikil; 48,29% pasir; 18,56% lanau; dan 25,99% lempung. Jika di plot pada segitiga tanah USDA hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4.4 sebagai berikut:



Gambar 4.4 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur (USDA)

Berdasarkan Gambar 4.4, jenis tanah sampel II menurut klasifikasi USDA dengan komposisi 7,15% kerikil; 48,29% pasir; 18,56% lanau; dan 25,99% lempung termasuk jenis tanah pasir berlempung (*sandy loam*). Jenis tanah dan komposisinya pada lokasi penelitian dirangkum dalam Tabel 4.20 berikut ini:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.20 Jenis Tanah Lokasi Penelitian

No.	Sampel	Jenis Tanah	Komposisi (%)			
			Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
1.	I	Pasir berlempung berlanau, abu-abu terang	23,80	44,30	12,10	19,80
2.	II	Pasir berlempung berlanau, abu-abu terang	7,15	48,29	18,56	25,99

Sumber: Hasil Uji Lab Mektan Teknik Sipil ITS, 2018.

Berdasarkan Tabel 4.20, hasil laboratorium sampel I dan sampel II dari Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Teknik Sipil ITS menunjukkan hasil yang sama. Jenis tanah pada keduanya sama, yakni jenis tanah pasir berlempung berlanau, abu-abu terang. Komposisi terbanyak pada kedua hasil laboratorium terdapat pada komposisi pasir.

4.3 Analisa Laju Peresapan Air (Laju Infiltrasi)

Uji peresapan air yang dilakukan di 3 titik lokasi, dimana setiap titik lokasi terdapat 3 lubang biopori yang diuji. Lokasi yang menjadi tempat uji peresapan air ditunjukkan pada Gambar 4.5, Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 berikut ini:

Gambar 4.5 Lokasi I

(Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2018)

Gambar 4.5 bagian kanan merupakan lokasi sampling 1 yang berada di belakang Masjid Ulul Albab. Pada lokasi ini merupakan lokasi yang paling luas lahan terbuka hijau nya. Sehingga cocok untuk dibuat penanaman biopori. Sedangkan gambar bagian kanan merupakan ketiga biopori yang ditanam pada lokasi I.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.6 Lokasi II

(Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2018)

Lokasi sampling pada Gambar 4.6 merupakan RTH terbesar kedua setelah lokasi I yang letaknya di depan Fakultas Psikologi. Awalnya, tempat ini merupakan tempat yang cocok untuk menanam biopori, namun setelah peneliti selesai melakukan penelitian. Lokasi tersebut dipasang paving keseluruhan, sehingga tidak bisa lagi untuk dibuat biopori.

Gambar 4.7 Lokasi III

(Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2018)

Lokasi sampling pada Gambar 4.7 merupakan RTH terkecil dari ketiga lokasi penelitian yang lain. Lokasi ini juga mulanya sesuai untuk pengaplikasian biopori, namun setelah peneliti selesai melakukan penelitian, lokasi ini dipasang paving, namun tidak keseluruhan. Hanya bagian tengahnya saja, sehingga bagian tepinya masih bisa ditanam biopori.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Lubang biopori yang berjumlah 3 buah di setiap lokasi sampling diisi dengan sampah organik yang berbeda beda. Lubang pertama diisi dengan sampah sayur, lubang kedua diisi dengan sampah daun dan lubang ketiga diisi dengan sampah buah. Pengisian lubang biopori dengan sampah yang berbeda berlaku pada semua titik lokasi pengujian. Hasil uji peresapan air dengan sampah yang berbeda dapat dilihat pada Lampiran 2. Hasil uji laju resapan yang digunakan dalam perencaan LRB adalah hasil uji resapan dengan menggunakan sampah daun. Karena dalam realisasi nyata pembuatan LRB, sampah daun mudah dicari. Sehingga, kebanyakan orang membuat LRB dengan menggunakan sampah daun sebagai bahan organik kompos. Hasil uji resapan air LRB dengan sampah daun ditunjukkan pada Tabel 4.21 berikut:

Tabel 4.21 Laju Infiltrasi Sebelum dan Setelah Adanya Biopori

No.	Lokasi	Sebelum Adanya Biopori		Setelah Adanya Biopori*	
		Penurunan (cm)	Laju Infiltrasi (Liter/Jam)	Penurunan (cm)	Laju Infiltrasi (Liter/Jam)
1	Lokasi 1 (Belakang Masjid Ulul Albab)	33	6,47	60 cm	18,55 atau 0,0186 m^3/jam
2	Lokasi 2 (Depan Fakultas Psikologi)	20	4,08	59 cm	12,04 atau 0,0120 m^3/jam
3	Lokasi 2 (Samping Kopertais)	26	5,3	60 cm	18,55 atau 0,0186 m^3/jam

*Uji resap air pada umur sampah 28 hari dan memakai sampah daun

Sumber: Data Primer, 2018

Berdasarkan Tabel 4.21, terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara laju resapan air/laju infiltrasi tanpa adanya biopori dengan setelah adanya biopori. Pada titik 1 yakni bertempat di belakang masjid Ulul Albab, laju infiltrasi sebelum adanya biopori adalah sebesar 6,47 liter/jam. Sedangkan setelah adanya biopori, laju infiltrasi bertambah menjadi 18,55 liter/jam. Penambahan laju infiltrasi tersebut adalah sebesar 186,71%. Keadaan serupa juga terjadi di titik 2 yakni di

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

depan fakultas psikologi dimana sebelum adanya biopori, laju infiltrasi adalah sebesar 4,08 liter/jam. Sedangkan setelah adanya biopori, laju infiltrasi bertambah menjadi 12,4 liter/jam dimana ada penambahan laju infiltrasi sebesar 195,10%. Begitu pula pada titik 3 di samping kopertais. Sebelum adanya biopori, laju infiltrasi adalah sebesar 5,3 liter/jam. Sedangkan setelah adanya biopori, laju resapan bertambah menjadi 18,55 liter/jam dimana ada penambahan laju infiltrasi sebesar 250%. Adanya pertambahan laju infiltrasi karena adanya biopori, disebabkan adanya aktivitas mikroorganisme dari sampah daun di dalam biopori yang membantu kesuburan tanah, sehingga air yang masuk akan lebih cepat meresap ke dalam tanah. Data laju infiltrasi selengkapnya ada pada Lampiran 2.

Laju infiltrasi yang semakin besar setelah adanya biopori diperkuat dengan ayat Al-Qur'an pada Surah Ar-Ra'd ayat 17, yang berbunyi:

أَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَسَالَتۡ أَوۡدِيَةُۢ بِقَدَرِهَا فَٱحۡتَمَلَ ٱلسَّيۡلُ زَبَدًا رَّابِيًاۚ وَمِمَّا
يُوقِدُونَ عَلَيۡهِ فِي ٱلنَّارِ ٱبۡتِغَآءَ حِلۡيَةٍ أَوۡ مَتَٰعٍ زَبَدٌ مِّثۡلُهُۥۚ كَذَٰلِكَ يَضۡرِبُ ٱللَّهُ ٱلۡحَقَّ
وَٱلۡبَٰطِلَۚ فَأَمَّا ٱلزَّبَدُ فَيَذۡهَبُ جُفَآءً وَأَمَّا مَا يَنفَعُ ٱلنَّاسَ فَيَمۡكُثُ فِي ٱلۡأَرۡضِۚ
كَذَٰلِكَ يَضۡرِبُ ٱللَّهُ ٱلۡأَمۡثَالَ ١٧

yang mempunyai arti "Allah telah menurunkan air (hujan) dari langit, maka mengalirlah air di lembah-lembah menurut ukurannya, maka arus itu membawa buih yang mengambang. Dan dari apa (logam) yang mereka lebur dalam api untuk membuat perhiasan atau alat-alat, ada (pula) buihnya seperti buih arus itu. Demikianlah Allah membuat perumpamaan (bagi) yang benar dan yang bathil. Adapun buih itu, akan hilang sebagai sesuatu yang tak ada harganya; adapun yang memberi manfaat kepada manusia, maka ia tetap di bumi. Demikianlah Allah membuat perumpamaan-perumpamaan."

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tafsir Ibnu Katsir Jilid 4 menjelaskan bahwa Allah SWT telah menurunkan air hujan dari langit yang diserap oleh lembah-lembah menurut ukurannya; yang besar menyerap air lebih banyak dari yang kecil (Bahreisy, 1990). Berdasarkan tafsir tersebut, air dari langit (hujan) akan di serap oleh tanah menurut ukurannya. Biopori dapat membantu untuk meresapkan air hujan menjadi lebih cepat dan menyerap air lebih banyak. Karena tersedia lubang yang cukup besar untuk jalannya air hujan agar dapat mencapai dasar tanah daripada tanah yang tanpa diberikan biopori.

4.4 Analisa Jenis Tanah dengan Laju Resap Air

Jenis tanah berdasarkan uji laboratorium permeabilitas tanah dan uji ayakan, jenis tanah yang ada di lokasi penelitian adalah jenis tanah *Sand*/Pasir. Menurut (Das, 1995) nilai koefisien permeabilitas beberapa jenis tanah ditunjukkan pada Tabel 4.22 berikut ini:

Tabel 4.22 Nilai Koefisien Permeabilitas Beberapa Jenis Tanah

No.	Karakteristik	Nilai k (cm/dt)
1.	Kerikil sedang sampai kasar	> 0,1
2.	Pasir halus sampai kasar	0,1 – 0,001
3.	Pasir halus, pasir berlanau	0,001 – 0,00001
4.	Lanau, lanau berlempung, lempung berlanau	0,0001 – 0,000001
5.	Lempung gemuk	< 0,0000001

Sumber: Das,1995

Hasil uji resapan air/uji infiltrasi tanah, didapatkan nilai resap tanah pada lokasi penelitian yang ditunjukkan pada tabel 4.23 berikut ini:

Tabel 4.23 Hasil Uji Infiltrasi Tanah

No.	Lokasi	Tanpa Biopori	Dengan Biopori
1.	Belakang Masjid Ulul Albab	0,0183 cm/detik	0,0500 cm/detik
2.	Depan Fakultas Psikologi	0,0167 cm/detik	0,0328 cm/detik
3.	Samping Kopertais	0,0144 cm/detik	0,0500 cm/detik

Sumber: Data Primer, 2018

Berdasarkan hasil uji infiltrasi tanah pada Tabel 4.23, nilai infiltrasi tanah maksimum tanpa biopori adalah sebesar 0,0183 cm/detik pada lokasi belakang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

masjid Ulul Albab. Sedangkan nilai infiltrasi tanah setelah adanya biopori maksimum adalah sebesar 0,0500 cm/detik pada lokasi depan Fakultas Psikologi dan samping Kopertais. Hasil nilai infiltrasi tanah sesuai dengan nilai k permeabilitas tanah pada jenis Pasir (*Sand*) yaitu sebesar 0,1 – 0,001 cm/detik. Hasil uji infiltrasi dan hasil laboratorium permeabilitas tanah dari laboratorium ITS ditujukkan pada Tabel 4.24 berikut ini:

Tabel 4.24 Hasil Uji Infiltrasi, Jenis Tanah, Permeabilitas Tanah

No.	Sampel	Jenis Tanah	Hasil Uji Infiltrasi Tanah*	Nilai k (Hasil Uji Permeabilitas Tanah**)	Nilai k (Das, 1995)	Kesesuaian
1.	I	Pasir	0,0183 cm/detik	0,0246 cm/detik	Pasir halus sampai kasar (0,1 – 0,001 cm/detik)	Sesuai
2.	II	Pasir	0,0167 cm/detik	0,000961 cm/detik	Pasir halus, pasir berlanau (0,001 – 0,00001 cm/detik)	Sesuai
3.	III	Pasir	0,0144 cm/detik	-	Pasir halus sampai kasar (0,1 – 0,001 cm/detik)	Sesuai

Sumber: *Data Primer; **Hasil Lab Mektan Teknik Sipil ITS, 2018 dan Das, 1995

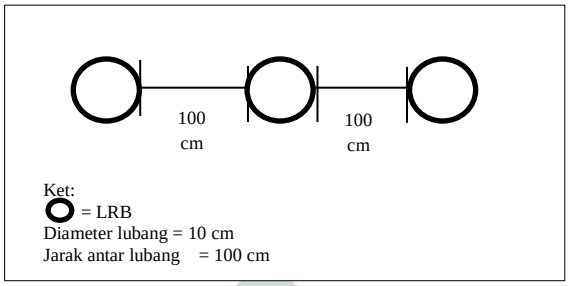
Berdasarkan Tabel 4.24, hasil uji infiltrasi, hasil uji jenis tanah dan hasil uji permeabilitas tanah pada lokasi penelitian sesuai dengan nilai k menurut (Das, 1995).

4.5 Perencanaan Lubang Resapan Biopori (LRB)

4.5.1 Perencanaan Jumlah LRB

Minimnya lahan kosong dengan tanah pada kondisi eksisting di UINSA saat ini menyebabkan sulitnya penerapan LRB. Minimnya lahan kosong dengan tanah tersebut disebabkan karena pemasangan paving pada lahan kosong yang ada. LRB yang harus diterapkan di UINSA sangat tidak mudah karena kondisi saat ini lahan kosong telah banyak yang berpaving. Berdasarkan survei lokasi, ruang terbuka dengan tanah di UINSA adalah sebesar 1481,84 m^2. Perencanaan jumlah LRB pada lahan tersebut didasarkan pada jarak dan diameter lubang seperti ilustrasi Gambar 4.8 berikut ini:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.8 Ilustrasi Perencanaan LRB
(Sumber: Analisa Penulis, 2018)

Berdasarkan Gambar 4.8, LRB ditanam dengan jarak maksimal 100 cm/1 m antar lubang yang satu dengan yang lain. Dengan diameter setiap lubang 10 cm/0,1 m. Berdasarkan ketentuan tersebut yang juga dipertimbangkan dari Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2009 Tentang Pemanfaatan Air Hujan, maka jumlah LRB maksimum yang ideal adalah 50 lubang untuk luas lahan 100 m^2. Perencanaan jumlah LRB memakai data intensitas hujan pada durasi 2 jam dan kala ulang 5 tahun. Sedangkan data laju peresapan air memakai data uji infiltrasi lapangan tertinggi dari hasil sampling, yakni sebesar 0,0186 m^3/jam. Jumlah LRB dan jumlah LRB maksimum yang dibutuhkan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Jumlah LRB} = \frac{\text{Intensitas Hujan (m/jam) x Luas Bidang Kedap } (m^2)}{\text{Laju Peresapan Air (infiltrasi) per Lubang } (m^3/\text{jam})}$$

$$\text{Jumlah LRB}_{maks} = \frac{\text{Luas area terbuka tersedia } (m^2) \text{ x Jumlah lubang ideal (buah)}}{\text{Luas tanah ideal } (m^2)}$$

Contoh perhitungan pada salah satu lokasi di ruang terbuka Masjid Ulul Albab yakni:

$$\text{Jumlah LRB} = \frac{0{,}130 \text{ m/jam x } 311{,}45 \text{ m}^2}{0{,}0186 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

Jumlah LRB= 2176 buah

$$\text{Jumlah LRB}_{maks} = \frac{311{,}45 \text{ m}^2 \text{ x } 50 \text{ buah}}{100 \text{ m}^2}$$

Jumlah LRB_{maks}= 156 buah

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Jumlah LRB yang dapat diterapkan pada ruang terbuka di UINSA ditunjukkan pada Tabel 4.25 berikut ini:

Tabel 4.25 Perencanaan Jumlah LRB

No.	Lokasi	Luas Lokasi (m^2)	Jumlah LRB (buah)
1.	Masjid	311,45	156
2.	Laboratorium	67,25	34
3.	Akademik Saintek	104,18	52
4.	Kopertais	37,28	19
5.	Fakultas Adab	123,28	62
6.	Fakultas Syariah	84,87	42
7.	Maqha	42,84	21
8.	Auditorium	84,17	42
9.	Gedung Transit	55,10	28
10.	Fakultas Tarbiyah	196,83	98
11.	SAC	22,75	11
12.	Sport Center	25,71	13
13.	Twin Tower	326,13	163
UIN Sunan Ampel Surabaya		1481,84	741

Sumber: Hasil Analisa, 2018.

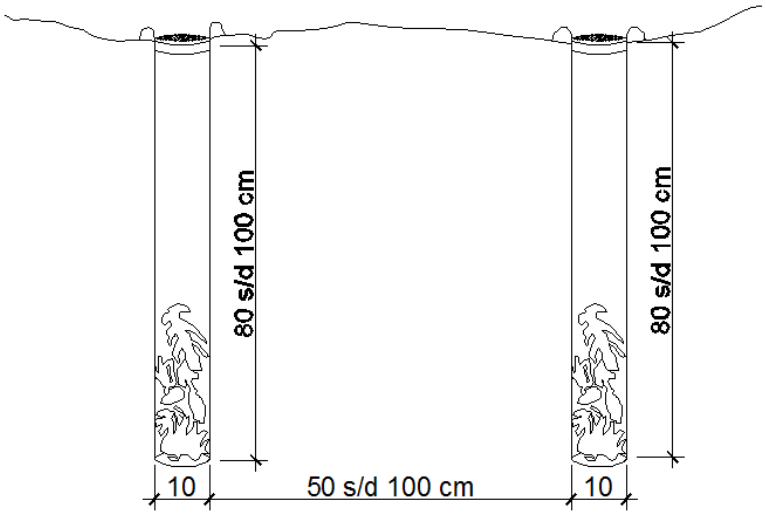
Berdasarkan Tabel 4.25, dapat diketahui jumlah LRB pada beberapa lokasi ruang terbuka di UINSA. Jumlah LRB yang dapat diterapkan di ruang terbuka sekitar Twin Tower dengan luas 326,13 m^2 sebesar 163 buah dan yang terkecil ada pada lokasi sekitar SAC dengan luas 22,75 m^2 dapat diterapkan LRB sebanyak 11 buah. Pada salah satu lokasi yang digunakan untuk uji infiltrasi, yakni di depan Fakultas Psikologi tidak dapat diterapkan untuk membuat LRB karena telah terpasang paving setelah peneliti selesai melakukan uji infiltrasi. Total jumlah LRB yang dapat diterapkan pada ruang terbuka di UINSA dengan luas ruang terbuka sebesar 1481,84 m^2 adalah sebanyak 741 buah biopori yang dapat diterapkan di seluruh ruang terbuka dengan tanah pada UINSA. Jumlah biopori yang dapat diterapkan tersebut dapat berdampak pada besar kecilnya reduksi beban drainase. Karena jumlah LRB yang diterapkan berbanding lurus dengan besarnya prosentase reduksi beban drainase. Kondisi eksisting RTH yang dapat digunakan untuk membuat LRB dapat dilihat pada Lampiran 1.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.5.2 Perencanaan Desain Lubang Resapan Biopori (LRB)

Perencanaan desain LRB berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2009 Tentang Pemanfaatan Air Hujan yakni:

a. LRB dapat dibuat dengan tinggi 60 cm. Karena pada lokasi penelitian air tanah ada pada ketinggian kurang lebih 70 cm berdasarkan studi pendahuluan.
b. LRB dapat dibuat dengan diameter 10 cm atau 4" ukuran pipa PVC dengan jarak antar lubang 50 – 100 cm.
c. LRB dibuat dengan memasukkan sampah organik di dalamnya, dapat berupa sampah daun, sampah sayur, maupun sampah buah.
d. LRB dibuat dengan konstruksi pipa paralon pvc, tutup pipa berlubang, dan memberi semen pada sekeliling luar mulut lubang.
e. Ilustrasi rencana LRB ditunjukkan pada Gambar 4.9 berikut ini:



Gambar 4.9 Rencana Lubang Resapan Biopori

(Sumber: PERMENLH No. 12 Tahun 2009)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

f. LRB sebaiknya dibuat pada lokasi-lokasi terkumpulnya air saat hujan turun seperti saluran pembuangan air dan dekat dengan saluran pembuangan air. Selain itu, LRB juga dapat dibuat di sekeliling pohon, perubahan kontur taman, tepi taman, samping pagar dan lain lain namun tetap memperhatikan aspek keamanan.

4.6 Reduksi Beban Drainase Oleh Lubang Resapan Biopori (LRB)

LRB yang diterapkan dapat memberikan banyak manfaat. Salah satunya yakni manfaat dalam mereduksi beban drainase. Reduksi beban drainase yang dimaksud adalah dengan adanya LRB, air hujan yang jatuh dan melimpas akan masuk ke LRB terlebih dahulu sehingga akan mengurangi air limpasan ke selokan-selokan hingga limpasan yang menuju ke sistem drainase. Air hujan yang masuk ke LRB akan menambah cadangan air tanah pada lokasi penerapan LRB. Reduksi beban drainase oleh LRB dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\% \text{ Reduksi beban drainase} = \frac{\sum Q_{serap} LRB}{\sum Q_{limpasan}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan pada salah satu lokasi di ruang terbuka sekitar Masjid Ulul Albab yakni:

Lokasi I (Ruang Terbuka Masjid Ulul Albab)

dengan:

Q_{serap} = Jumlah LRB x Laju Resap Air

= 156 x 0,0186 m^3/jam

= 2,896 m^3/jam

$Q_{limpasan}$ = 6,762 m^3/jam

sehingga:

$$\% \text{ Reduksi beban drainase} = \frac{2{,}896\ m^3/jam}{6{,}762\ m^3/jam} \times 100\%$$

% Reduksi beban drainase= 42,83%

Besar prosentase reduksi beban drainase di UINSA karena adanya LRB ditunjukkan pada Tabel 4.26 berikut ini:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.26 Reduksi Beban Drainase Karena Adanya LRB

No.	Lokasi Ruang Terbuka	Luas (m2)	Jumlah LRB (buah)	Qserap (m3/jam)	Qlimpasan (m3/jam)	Reduksi (%)
1	Masjid	311,45	156	2,896	6,762	42,83
2	Laboratorium	67,25	34	0,625	1,460	42,81
3	Akademik Saintek	104,18	52	0,969	2,262	42,83
4	Kopertais	37,28	19	0,347	0,809	42,89
5	Fakultas Adab	123,28	62	1,147	2,677	42,85
6	Fakultas Syariah	84,87	42	0,789	1,843	42,81
7	Maqha	42,84	21	0,398	0,930	42,79
8	Auditorium	84,17	42	0,783	1,828	42,83
9	Gedung Transit	55,1	28	0,512	1,196	42,81
10	Fakultas Tarbiyah	196,83	98	1,831	4,274	42,84
11	SAC	22,75	11	0,212	0,494	42,91
12	Sport Center	25,71	13	0,239	0,558	42,83
13	Twin Tower	326,13	163	3,033	7,081	42,83
UIN Sunan Ampel Surabaya		1481,84	741	13,781	32,174	42,83

Sumber: Hasil Analisa, 2018.

Berdasarkan Tabel 4.26, dapat diketahui reduksi beban drainase di beberapa lokasi ruang terbuka di UINSA hampir sama yakni rata-rata sebesar 42,83%. Reduksi beban drainase dipengaruhi oleh laju infiltrasi tanah di lokasi penelitian, jumlah LRB dan luas lahan terbuka yang tersedia. Berdasarkan hasil tersebut, membuktikan bahwa penerapan LRB dapat bermanfaat untuk mereduksi beban drainase. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Anggraeni dkk, 2013), yakni biopori sebagai alternatif *eco-drainase* dalam mengontrol banjir di Kota Malang, didapatkan hasil 96,43% air dapat diresapkan oleh biopori dari limpasan air semula sebanyak 56,874 m^3/detik dan sisa yang masih melimpas ke drainase hanya 3,57%. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Meliala (2015), menyebutkan bahwa pembuatan tangki PAH dan LRB dapat mereduksi beban aliran drainase sebesar 50,4% (18,632 m^3/det) dari debit hujan yang jatuh di seluruh kawasan rawan banjir di Kelurahan Kedung Lumbu, Surakarta. Dan juga penelitian oleh (Ichsan dan Hulalata, 2018) dimana dalam penelitiannya penerapan resapan biopori pada kawasan banjir di Kecamatan Telaga Biru,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

didapatkan hasil % reduksi sebesar 10,82% untuk satu buah LRB pada luas lahan 0,001 ha.

Berdasarkan Tabel 4.26 di atas, reduksi beban drainase bila diterapkan LRB di UINSA, dapat memberikan beberapa manfaat dengan melihat kondisi eksisting di UINSA. Beberapa manfaat tersebut diantaranya, bila diterapkan LRB di UINSA, air hujan yang turun di lokasi dimana sebelumnya air hujan yang turun langsung masuk ke selokan-selokan hingga penuh dan meluber ke jalan, dengan adanya LRB, air hujan akan langsung masuk ke tanah melalui LRB sebelum masuk ke selokan. Hal tersebut dapat mengurangi air limpasan yang melimpas ke jalan, yang langsung masuk ke selokan hingga sistem drainase kampus dan sekitar kampus. Dengan adanya LRB juga dapat menambah cadangan air tanah dan juga dapat menyuburkan tanah karena adanya sampah organik di dalam LRB yang terdegradasi oleh fauna dan mikroorganisme tanah.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada Bab IV, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah lubang resapan biopori (LRB) yang dapat diterapkan di Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya adalah 741 buah pada lahan ruang terbuka seluas 1481,84 m^2.
2. Besar pemanfaatan lubang resapan biopori (LRB) dalam mereduksi beban drainase di Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya adalah sebesar 42, 83%.

5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian-penelitian berikutnya adalah sebagai berikut:

1. Penerapan LRB sebaiknya dilakukan melihat beberapa manfaat yang akan didapatkan dengan menerapkan LRB di Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
2. Untuk mendukung keberhasilan penerapan LRB di Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, diperlukan kekompakan dari seluruh civitas akademika terutama *stakeholder* di Universitas. Karena bila tidak ada himbauan yang kuat dari *stakeholder*,penerapan LRB di Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya tidak akan berjalan dengan baik.
3. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai LRB dengan variasi jenis sampah yang berbeda-beda dan penambahan bioaktifator dalam kaitannya mereduksi beban drainase, karena berhasilnya biopori bergantung dari beberapa faktor yang mempengaruhinya seperti jenis sampah organik, umur sampah, jenis tanah, level muka air tanah, dan lain-lain.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Al-Qur'anul Karim.

Anggraeni, Mustika, G. Prayitno, S. Hariyani, A. Wahyuningtyas. 2013. *The Effectiveness of Bio-pore as an Alternative Eco drainage Technology to Control Flooding in Malang City (Case Study: Metro Sub-Watershed)*. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences. Vol.3. No.2. ISSN: 2090-4215.

Bahreisy, Salim & Bahreisy Said. 1990. *Terjemah Singkat Tafsir Ibnu Katsier Jilid 4*. Bandung: Penerbit Sinar Baru Algensindo.

Bahreisy, Salim & Bahreisy Said. 1990. *Terjemah Singkat Tafsir Ibnu Katsier Jilid 5*. Bandung: Penerbit Sinar Baru Algensindo.

Bahreisy, Salim & Bahreisy Said. 1990. *Terjemah Singkat Tafsir Ibnu Katsier Jilid 7*. Bandung: Penerbit Sinar Baru Algensindo.

Bappeko Surabaya Tahun 2016.

BPS Kota Surabaya. 2017. *Kota Surabaya Dalam Angka Tahun 2017*.

Brata, R. & A. Nelistya. 2008. *Lubang Resapan Biopori*. Jakarta: Penebar Swadaya.

Damayanti, W. Dwi. 2011. *Sumur Resapan Air Hujan Sebagai Salah Satu Usaha Pencegahan Terjadinya Limpasan Pada Perumahan Graha Sejahtera 7, Boyolali*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Darwia, Seva, Ichwana, Mustafril. 2017. *Laju Infiltrasi Lubang Resapan Biopori (LRB) Berdasarkan Jenis Bahan Organik Sebagai Upaya Konservasi Air dan Tanah*. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah. Vol.2. No.1.

Darwis. 2018. *Dasar-Dasar Mekanika Tanah.*Yogyakarta: Pustaka AQ.

Das, B.M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip - Prinsip Rekayasa Geoteknik)* Jilid 2. Jakarta: Erlangga.

Elsie, I. Harahap, N. Herlina, Y. Badrun, N. Gesriantuti. 2017. *Pembuatan Lubang Resapan Biopori Sebagai Alternatif Penanggulangan Banjir di*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kelurahan Maharatu Kecamatan Marpoyan Damai Pekanbaru. Jurnal Untuk Mu Negeri. Vol. 1. No.2. ISSN : 2550-0198.

Google Earth, 2018.

Habibiyah, A. W. 2015. *Pengaruh Jenis Sampah, Variasi Umur Sampah Terhadap Laju Infiltrasi Lubang Resapan Biopori (LRB) di Kampus II Universitas PGRI Adi Buana Surabaya*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.

Habibiyah, A.W. dan S. Widyastuti. 2016. *Pengaruh Jenis Sampah, Variasi Umur Sampah Terhadap Laju Infiltrasi Lubang Resapan Biopori (LRB)*. Jurnal Wahana. Vol. 66. No. 1. ISSN 0853-4403.

Ichsan, Ilyas dan Z. S. Hulalata. 2018. *Analisa Penerapan Resapan Biopori Pada Kawasan Rawan Banjir di Kecamatan Telaga Biru*. Journal of Infrastructure & Science Engineering. Vol. 1. No. 1. P-ISSN: 2615-6962. E-ISSN: 2614-4638.

Indriatmoko, R. Haryoto & H. D. Wahjono. *Teknologi Konservasi Air Tanah dengan Sumur Resapan*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.

Kautz, Timo. 2014. *Research on Subsoil Biopores ond Their Functions in Organically Managed Soils: A Review*. Journal of Renewable Agriculture and Food Systems. Doi:10.1017/S1742170513000549.

Kristianda, Febrian & K. Fithriasari. 2016. *Peramalan Curah Hujan di Wilayah Surabaya Timur dengan Vector Autoregressive Neural Network*. Jurnal Sains dan Seni ITS. Vol. 5. No. 2.

Kurniawan, Reffanda & R. Sari. 2017. *Pengaruh Permeabilitas Terhadap Laju Infiltrasi*. Jurnal Deformasi. Vol.2. No.1.

Ladianto, Abdi. 2016. *Biopore: Vertical Cemetery Of Muslim Society In Surabaya*. International Journal of Education and Research. Vol. 4. No. 6. ISSN: 2411-5681.

Lampiran Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 11/PRT/M/2014.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Meliala, F. Rachmadin. 2015. *Pemanfaatan Air Hujan melalui PAH dan Biopori Dalam Mereduksi Beban Drainase Pada Kawasan Pemukiman (Studi Kasus: Kawasan Banjir Pemukiman di Kelurahan Kedung Lumbu, Surakarta)*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Morris, D.A. and Johnson, A.I. 1967. *Summary of Hydrologic and Physical Properties of Rock and Soil Materials as Analysed by the Hydrologic Laboratory of the U.S. Geological Survey*. Geological SurveyWater Supply Paper. USGS, 1839-D.

Mudra, I.W. dan S. Surbakti. 2016. *Kajian Drainase Sistem Biopori di Kelurahan Tanjungrejo Kecamatan Sukun Kota Malang*. Jurnal Spectra. Vol. 14. No. 28.

Mulyanto, H.R. 2013. *Penataan Drainase Perkotaan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2009.

Permatasari, Laras. 2015. *Biopore Infiltration Hole: "One Day For Biopore" As An Alternative Prevent Flood*. International Journal of Advances in Science Engineering and Technology. Volume 3. Issue 2. ISSN: 2321-9009.

Permana, R. Galih, E. Rahmawati, Dzulkiflih. 2015. *Perancangan dan Pengujian Penakar Hujan Tipe Tipping Bucket Dengan Sensor Photo – Interrupter Berbasis Arduino*. Jurnal Inovasi Fisika Indonesia. Vol 04. No. 03.

Priyono. 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Sidoarjo: Zifatama Publishing.

Puri, H. Sekar. 2017. *Perbandingan Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau Kota Semarang dan Kota Surabaya Tahun 2010-2015*. Departemen Politik dan Pemerintahan. Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik. Universitas Diponegoro.

Sanitya, R. Sarah dan H. Bruhanudin. 2012. *Penentuan Lokasi dan Jumlah Lubang Resapan Biopori di Kawasan DAS Cikapundung Bagian Tengah*. Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota. Vol. 13. No. 1.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Shinta, Yulia, R. Nurur, Sholekhah, K. Cahyo dan A.D. Ayu. 2013. *Purposive Sampling (Pengambilan Sampel Dengan Pertimbangan)*. Universitas Negeri Semarang.

Soemarto, C.D. 1995. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.

Soewarno. 1995. *Hidrologi (Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid I).* Bandung: Penerbit Nova.

Solihin, M. Afdel, Y.L. Handayani, M. Fauzi. 2017. *Kajian Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman di Kabupaten Rokan Hulu Menggunakan Data Satelit Tropical Rainfall Measuring Mission*. Jurnal FTEKNIK. Vol. 4. No. 2.

Sosrodarsono, Suyono & Takeda. 2003. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Penerbit Pradnya Paramita.

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

Tito, Fahrizal. 2016. *Pakar ITS: Banjir Surabaya Barat Akibat Minimnya Drainase*.BeritaJatim.Tersedia:http://beritajatim.com/peristiwa/260556/pakar_its:_banjir_surabaya_barat_akibat_minimnya_drainase.html. Diakses pada tanggal 20 Maret 2018 Pukul 17.10 WIB.

Triatmodjo, Bambang. 2013. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.

Ulumuddin, Ihya. 2017. Warga Surabaya: *Banjir Sepertin Ini kok Dibilang Genangan*.SindoNews.Tersedia:https://daerah.sindonews.com/read/1260327/23/warga-surabaya-banjir-seperti-ini-kok-dibilang-genangan-1511517656. Diakses pada tanggal 20 Maret 2018 Pukul 18.30 WIB.

Undang-Undang Penataan Ruang No. 26 Tahun 2007.

USGS. 2016. *Groundwater storage – The Water Cycle*. USGS Water Science School. Last Modified: Thursday, 15-Dec-2016.

Wahyuni, U. Arsyad, B.Bachtiar, M. Irfan. 2017. *Identifikasi Daerah Resapan Air di Sub Daerah Aliran Sungai Malino Hulu Daerah Aliran Sungai Jeneberang Kabupaten Gowa.* Jurnal Hutan dan Masyarakat. Vol.9. No.2. ISSN: 1907-5316.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id