

TUGAS AKHIR

**PENGARUH SUMUR RESAPAN PADA PENGURANGAN
DEBIT LIMPASAN PERMUKAAN KAWASAN KAMPUS
TERPADU UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
(THE EFFECT OF ABSORPTION WELLS ON REDUCTION OF
SURFACE RUNNING DISCHARGE IN THE INTEGRATED
CAMPUS AREA OF THE ISLAMIC UNIVERSITY OF
INDONESIA YOGYAKARTA)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Runi Chaerunnisa
15 511 133**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL - PROGRAM SARJANA JURUSAN
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH SUMUR RESAPAN PADA
PENGURANGAN DEBIT LIMPASAN PERMUKAAN
KAWASAN KAMPUS TERPADU UNIVERSITAS
ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA
(THE EFFECT OF ABSORPTION WELLS ON
REDUCTION OF SURFACE RUNNING DISCHARGE IN
THE INTEGRATED CAMPUS AREA OF THE ISLAMIC
UNIVERSITY OF INDONESIA YOGYAKARTA)**

Disusun oleh



Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 31 Januari 2023

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Sri Amini Y Astuti, Dr. Ir., M.T.
NIK: 885110101

Penguji I

Pradipta N Wardhana, S.T. M.Eng.
NIK: 135111102

Penguji II

Lalu Makrup, Dr. Ir., M.T.
NIK: 885110106

Mengesahkan:

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 095110101

PERYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 27 Januari 2023

Yang membuat pernyataan,



Runi Chaerunnisa
Runi Chaerunnisa

(15511133)

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Sumur Resapan Pada Pengurangan Debit Limpasan Permukaan Kawasan Kampus Terpadu UII” dapat terselesaikan. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad Shallallahu 'alaihi wa salam sebagai suri tauladan bagi umatnya.

Tugas Akhir merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk menyelesaikan pendidikan tingkat Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini tidak sedikit hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Selanjutnya, izinkanlah penulis mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, ilmu, nasihat dan saran selama penyusunan tugas akhir. Terimakasih atas kesempatan dan kepercayaan yang Bapak berikan hingga tugas akhir ini dapat selesai.
2. Dosen Penguji Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dan masukan yang membangun sehingga tugas akhir ini dapat menjadi lebih baik.
3. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4. Seluruh dosen, pengajar, laboran, asisten, staf serta karyawan Prodi Teknik Sipil UII yang telah memberikan ilmu dan memfasilitasi kegiatan pembelajaran penulis selama masa kuliah.
5. Papa-Mama tercinta, Ir. Supriyadi, S.T dan Siti Rachmawati, yang telah berkorban begitu banyak bagi penulis. Terimakasih tiada akhir atas doa, dan segala dukungan yang diberikan dengan penuh keikhlasan kepada penulis.
6. Wahyu Fajrin Mustafa S.Kom selaku pendamping yang selalu memberi motivasi selama pengerjaan tugas akhir ini.
7. Paya, Minek, Dhicep, Abal, Farah, Dino, terima kasih sudah menjadi penghibur dan penyemangat pada saat penyusunan tugas akhir ini.
8. Kezia, Pirda, Dwina, Qulla, Fadel, Kamil, Agil, Amsal, Mercy, Selin, Ayu, terima kasih sudah selalu menjadi pendengar yang baik dan memberikan semangat dalam pengerjaan tugas akhir ini. seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, penulis ucapkan terimakasih banyak.
9. Dan yang terakhir buat diriku sendiri, terima kasih sudah berjuang dan bertahan sampai titik ini.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 31 Januari 2023

Runi Chaerunnisa

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
TUGAS AKHIR	ii
PERYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Penelitian Terdahulu	4
2.1.1. Penelitian tentang “Reduksi Dimensi Saluran Drainase Akibat Keberadaan Sumur Resapan pada Jaringan Drainase Maguwoharjo–Wedomartani, Sleman, Yogyakarta” yang dilakukan oleh Sanidhya Nika Purnomo (2013).	4
2.1.2. Penelitian berjudul “Perbandingan Dimensi Saluran Drainase Dengan Tau Tanpa Sumur Resapan Pada Kawasan Universitas Islam Indonesia” yang dilakukan oleh Tutus Pulung Wijaya (2019).	4
2.1.3. Penelitian mengenai “Perbandingan Perancangan Sumur Resapan	

Air Hujan Menggunakan Metode Sunjoto dan SNI-2453-2002 pada Bangunan Komersial di Jalan Kaliurang KM 12 Sleman Jogjakarta” yang dilakukan oleh Rifky Adhi Prasajo dan Sri Amini Yuni Astuti (2013).	5
2.1.4. Penelitian tentang “Efektifitas Penerapan Ekodrainase dengan Sumur Resapan Kampus Terpadu UII” yang dilakukan oleh Khalis Fatmawati (2017).	6
2.2. Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang	6
2.3. Keaslian Penelitian	9
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1. Analisis Hidrologi	10
3.1.1. Siklus Hidrologi	10
3.1.2. Analisis Curah Hujan Rencana	11
3.1.3. Analisis Frekuensi	13
3.1.4. Pemilihan Jenis Distribusi	14
3.1.5. Uji kecocokan distribusi	20
3.1.6. Analisis Intensitas Curah Hujan Rencana	23
3.1.7. Analisis Debit Banjir Rencana	23
3.2. Analisis Hidraulika	25
3.2.1. Desain Penampang Saluran Drainase	25
3.2.2. Rumus Empiris Kecepatan Rata-Rata	26
3.2.3. Penampang Saluran Ekonomis	27
3.3. Pengisian Air Tanah	28
3.3.1. Sumur Resapan	29
3.3.2. Konstruksi Sumur Resapan	31
BAB IV METODE PENELITIAN	33
4.1. Lokasi Penelitian	33
4.2. Data Penelitian	33
4.3. Analisis Data	34
4.4. Bagan Alir (Flow Chart)	36
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	37
5.1. Analisis Data	37

5.1.1.	Desain Denah Saluran	37
5.1.2.	Analisis Frekuensi Hujan	37
5.1.3.	Analisis Debit Rancangan	44
5.1.4.	Dimensi Saluran Tanpa Sumur Resapan	49
5.1.5.	Dimensi dan Jumlah Sumur Resapan	51
5.1.6.	Debit Aliran Setelah Ada Sumur Resapan	57
5.1.7.	Dimensi Saluran Setelah Ada Sumur Resapan	61
5.2.	Hasil	62
5.2.1.	Dimensi Saluran Sebelum dan Sesudah Ada Sumur Resapan	63
5.2.2.	Debit Limpasan Sebelum dan Sesudah Ada Sumur Resapan	63
5.2.3.	Pembahasan	65
BAB VI		66
6.1.	Kesimpulan	66
6.2.	Saran	66
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN		69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang	7
Tabel 3.1 Persyaratan Parameter Statistik suatu Distribusi	14
Tabel 3.2 Nilai Variabel Reduksi Gauss	15
Tabel 3.3 Probabilitas Kumulatif Dari Distribusi Normal dan Log Normal	16
Tabel 3.4 Reduced Mean, Y_n	17
Tabel 3.5 Reduced Standard Deviation, S_n	18
Tabel 3.6 Reduced Variate, Y_{Tr} Sebagai Fungsi Periode Ulang	18
Tabel 3.7 Nilai k_T untuk setiap nilai C_s (Koefisien Skewness)	19
Tabel 3.8 Nilai Chi-Kuadrat Kritik (X_{cr}^2)	22
Tabel 3.9 Nilai Koefisien Pengaliran (C)	24
Tabel 3.10 Harga Koefisien Kekasaran Manning (n)	27
Tabel 3.11 Tinggi Jagaan Minimum untuk Saluran Tanah	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Siklus Hidrologi	11
Gambar 3.2 Penampang Melintang Saluran Persegi	28
Gambar 3.3 Sketsa Rencana Kondisi Sumur Resapan	30
Gambar 3.4 Contoh Konstruksi Sumur Resapan	32
Gambar 4.1 Denah Lokasi Penelitian	33
Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian Perbandingan Saluran Drainase	36
Gambar 5.1 Sketsa Arah Aliran	37
Gambar 5.2 Tata Letak Sumur Resapan	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Time Schedule Tugas Akhir	70
Lampiran 2 Formuir Pengukuran Kelulusna Tanah Zona Tak Jenuh	71
Lampiran 3 Catchment Area	103
Lampiran 4 Arah Aliran Drainase	104
Lampiran 5 Lokasi Pengujian	105
Lampiran 6 Kontur lokasi Penelitian	106



ABSTRAK

Perubahan iklim dan cuaca ekstrem terjadi di berbagai negara salah satunya Indonesia. Akibat dari adanya cuaca ekstrem yang terjadi menyebabkan musim hujan yang panjang, sehingga permasalahan yang sering terjadi di beberapa wilayah Indonesia mengalami banjir ataupun genangan. Faktor dari terjadinya banjir disebabkan perubahan pada tata guna lahan dikarenakan tidak adanya sistem peresapan air yang memadai. Cara agar permasalahan banjir tersebut dapat terselesaikan adalah adanya sistem drainase yang baik. Daerah kompleks kampus terpadu Jl. Kaliurang Km. 14,5 adalah salah satu tempat yang memiliki padat penduduk. Menggunakan data curah hujan dari Departemen Pekerjaan Umum Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak (DPU BBWS SO) yaitu stasiun Beran dan stasiun Kempt dalam waktu maksimum 20 tahun memakai debit banjir rancangan kala ulang 5 tahunan (Q5). Dengan demikian penelitian ini membuat sistem peresapan air yang bertujuan mengetahui pengaruh sumur resapan pada pengurangan debit limpasan permukaan di Kampus Terpadu UII.

Dengan melakukan analisis hidrologi dan hidrolika yang bertujuan menentukan nilai hujan, menganalisis frekuensi untuk mendapatkan nilai hujan rancangan, menghitung waktu dan mencari besar debit rancangan. Penelitian dilakukan menggunakan metode Rata-rata Aritmatik (Aljabar) untuk mencari data hujan rerata kawasan, perhitungan debit limpasan menggunakan metode Rasional, dan untuk perencanaan sumur resapan menggunakan metode Sunjoto.

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Metode Rata-rata Aritmatik (Aljabar) stasiun Beran dan stasiun Kempt Dimensi saluran yang dibutuhkan sebelum adanya sumur resapan dengan debit limpasan Q5 tahun terbesar sebesar $0,506 \text{ m}^3/\text{det}$ dengan ukuran dimensi terbesar sebesar 6561 cm^2 . Jumlah sumur maksimum yang untuk dibangun sebanyak 33 buah yang berlokasi di GOR UII dan dimensi terbesar didapatkan saluran 16 sebesar 4200 cm^2 . Serta pengaruh menggunakan sumur resapan terjadi penurunan debit limpasan dan dimensi saluran drainase menjadi lebih kecil dengan besar reduksi debit limpasan terbesar 83,87%, sedangkan reduksi debit limpasan terkecil 0%.

Kata Kunci: Sumur Resapan, Debit Limpasan Permukaan, Aljabar

ABSTRACT

Climate change and extreme weather are occurring in various countries, one of which is Indonesia. As a result of the extreme weather that occurs, it causes a long rainy season, so that problems that often occur in several parts of Indonesia are experiencing flooding or inundation. One of the factors causing the flooding is a change in land use due to the absence of an adequate water absorption system. The way to solve the flood problem is to have a good drainage system.

Integrated campus complex area Jl. Kaliurang Km. 14.5 is one of the most densely populated places. Thus this research creates an adequate water infiltration system aimed at knowing and analyzing the required dimensions of the drainage channels without infiltration wells with rainfall data used from the Department of Public Works Serayu Opak River Basin (DPU BBWS SO), namely the integrated campus complex Jl. . Kaliurang Km. 14.5 Beran stations and Kempt stations in a maximum period of 20 years using a 5-year return period design flood discharge (Q_5). By carrying out hydrological and hydraulics analysis which aims to determine the value of rain, analyze the frequency to get the design rain value, calculate the time and look for the amount of design discharge.

Based on the results of calculations using the Arithmetic Average Method (Algebra) Beran station and Kempt station The dimensions of the channel needed before the presence of infiltration wells with the largest annual Q_5 runoff discharge of 0.506 m³/s with the largest dimension of 6561 cm². The maximum number of wells can be built is 33 and the largest dimension is channel 16 of 4200 cm². As well as the effect of using infiltration wells, there was a decrease in runoff discharge and the dimensions of the drainage channel became smaller with the largest reduction of runoff discharge of 83,87%, while the smallest reduction of runoff discharge was 0%.

Keywords: *Infiltration Wells, Surface Runoff Discharge, Aljabar*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang dilalui oleh garis khatulistiwa, yang berada di antara dua benua yaitu benua Australia dan Asia, sehingga rentan akan perubahan iklim dan cuaca ekstrem. Perubahan cuaca ekstrem yang pernah terjadi menyebabkan sebagian wilayah di Indonesia mengalami musim hujan yang panjang. Akibatnya sebagian besar wilayah tersebut berpotensi mengalami banjir ataupun genangan.

Banjir ataupun genangan merupakan permasalahan yang sering terjadi di Indonesia. Terdapat beberapa faktor penyebab banjir yang terjadi, salah satu diantaranya adalah perubahan tata guna lahan, yaitu tidak adanya sistem peresapan air yang memadai. Permasalahan banjir seharusnya dapat diselesaikan, salah satu caranya dengan sistem drainase yang baik.

Air merupakan sumber daya alam yang penting untuk dilestarikan. Air jika seluruhnya dialirkan melalui saluran drainase menuju sungai-sungai tanpa sedikitpun yang diresapkan ke dalam tanah akan menyebabkan terganggunya suatu keseimbangan permukiman. Kenyataannya banyak daerah yang sistem drainasenya tanpa bangunan peresapan ke dalam tanah. Mengingat pentingnya air untuk dilestarikan, maka perlu dilakukan konservasi air.

Teknik konservasi air yang dapat dilakukan salah satunya yaitu sumur resapan. Teknik ini memiliki kemampuan yang cukup baik dalam mengurangi besarnya aliran permukaan yang terjadi sehingga dapat menurunkan potensi banjir. Teknik ini memiliki beberapa manfaat diantaranya yaitu dapat meresapkan air ke dalam tanah sehingga menjadi cadangan air tanah dan mengurangi genangan yang ada di permukiman.

Daerah studi yang digunakan yaitu kompleks kampus terpadu Jl. Kaliurang Km. 14,5. Keberadaan gedung baru akan mengurangi resapan air. Akibatnya, limpasan air permukaan akan meningkat. Intensitas hujan yang tinggi juga menjadi salah satu faktor terjadinya genangan. Melihat permasalahan yang terjadi maka akan dilakukan perhitungan curah hujan maksimum dan debit limpasan permukaan (*runoff*) untuk analisis hidrologi. Kemudian akan dilakukan analisis kebutuhan sumur resapan dan analisis pengurangan debit pada saluran drainase sekunder.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berapa dimensi saluran drainase yang diperlukan tanpa adanya sumur resapan di wilayah Kampus Terpadu UII, Jl. Kaliurang Km. 14,5 jika digunakan debit banjir rancangan kala ulang 5 tahunan (Q5) ?
2. Berapa jumlah dan dimensi sumur resapan yang dimungkinkan untuk dibangun?
3. Bagaimana pengaruh sumur resapan dalam mengurangi limpasan permukaan dan mengurangi dimensi saluran drainase di Kawasan Kampus Terpadu UII?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mendapatkan dimensi saluran drainase yang diperlukan tanpa adanya sumur resapan di wilayah Kampus Terpadu UII, Jl. Kaliurang Km. 14,5 menggunakan debit banjir rancangan kala ulang 5 tahunan (Q5).
2. Mengetahui jumlah dan dimensi sumur resapan yang dimungkinkan untuk dibangun.
3. Mengetahui besar pengaruh sumur resapan dalam mengurangi debit limpasan permukaan dan didapatkan dimensi yang efisien di Kawasan Kampus Terpadu UII.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberi pemahaman kepada masyarakat bahwa sumur resapan merupakan upaya konservasi air tanah dan dapat mencegah kekeringan saat musim kemarau, dan dapat menjadi solusi bagi pemerintah daerah dalam menyelesaikan permasalahan genangan di daerahnya, karena sumur resapan dapat mengurangi debit limpasan dan meminimalisir biaya perancangan saluran drainase.

1.5. Batasan Penelitian

Batasan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini mencakup daerah di Kampus Terpadu UII Yogyakarta yang debit limpasan air permukaan bermuara di Kali Kladuan, Kali Kimpulan, Kali Bojotan dan Kali Pelang.
2. Air limpasan yang ditampung oleh sumur resapan berasal dari air limpasan di atap bangunan saja.
3. Stasiun yang digunakan berjumlah 2 yaitu stasiun Beran dan stasiun Kemptut. Analisis hidrologi menggunakan data hujan tahunan maksimum 20 tahun, dari tahun 2001 sampai dengan tahun 2020.
4. Hujan rerata kawasan didapatkan menggunakan Metode Rata-rata Aritmatik (Aljabar).
5. Sumur resapan direncanakan pada suatu lahan di Kawasan Kampus Terpadu UII yang memungkinkan untuk dibangun.
6. Perancangan sumur resapan menggunakan metode Sunjoto.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian diperlukan beberapa referensi berupa penelitian terdahulu untuk memperoleh informasi tentang penelitian-penelitian sejenis atau yang ada kaitannya dengan penelitian ini. Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang digunakan sebagai tinjauan pustaka.

2.1.1. Penelitian tentang “Reduksi Dimensi Saluran Drainase Akibat Keberadaan Sumur Resapan pada Jaringan Drainase Maguwoharjo–Wedomartani, Sleman, Yogyakarta” yang dilakukan oleh Sanidhya Nika Purnomo (2013).

Permasalahan penelitian ini terletak pada penggunaan lahan yang sedang berkembang, perkembangan ini harus diikuti dengan pengelolaan drainase lingkungan yang terpadu. Konsep perencanaan drainase yang membuang air secepatnya dari lahan hanya mampu mengurangi banjir, namun tidak mampu menjaga kelestarian air tanah. Oleh karena itu direncanakan sumur resapan sebagai upaya konservasi air tanah.

Debit limpasan dicari menggunakan Metode Rasional, sedangkan untuk perancangan sumur resapan digunakan Metode Sunjoto.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit limpasan sebelum adanya sumur resapan berkisar 8 m³/det pada lahan pemukiman dan 3 m³/det pada lahan sawah dan tegalan. Setelah adanya sumur resapan, debit limpasan rata-rata mampu berkurang hingga 36%. Kemudian penampang saluran drainase pada lahan pemukiman dapat tereduksi sebesar 50%, dan pada lahan sawah dan tegalan mampu tereduksi 30%.

2.1.2. Penelitian berjudul “Perbandingan Dimensi Saluran Drainase Dengan Tau Tanpa Sumur Resapan Pada Kawasan Universitas Islam Indonesia” yang dilakukan oleh Tutus Pulung Wijaya (2019).

Penelitian ini dilakukan guna mengetahui perbandingan dimensi saluran drainase yang diperlukan tanpa dan dengan adanya sumur resapan di wilayah Kampus Terpadu UII.

Metode yang digunakan dalam mendapatkan debit limpasan adalah metode Rasional dan sumur resapan dirancang menggunakan metode Sunjoto dengan konstruksi dinding kedap air dan bagian dasar rata permeabel.

Berdasarkan hasil perhitungan besar debit dengan kala ulang 5 tahun diperoleh sebesar 1,462 m³/detik. Diameter sumur resapan yang digunakan 1,5 m dengan kedalaman sumur 3 m. Jumlah sumur resapan bervariasi di setiap lokasi berkisar (6 – 25) buah. Sumur resapan mampu mengurangi debit limpasan hingga 59,3 %. Pengurangan dimensi saluran cukup besar karena pengurangan debit yang signifikan.

2.1.3. Penelitian mengenai "Perbandingan Perancangan Sumur Resapan Air Hujan Menggunakan Metode Sunjoto dan SNI-2453-2002 pada Bangunan Komersial di Jalan Kaliurang KM 12 Sleman Jogjakarta" yang dilakukan oleh Rifky Adhi Prasajo dan Sri Amini Yuni Astuti (2013).

Tujuan penelitian ini untuk membandingkan Metode SNI dengan Metode Sunjoto dalam merancang sumur resapan pada hunian yang disewakan di sekitar Kampus UII Terpadu, Sleman, DIY, serta untuk mengetahui efektivitas sumur resapan dalam mengurangi debit limpasan dan memberikan kontribusi dalam menjaga pasokan air tanah.

Hujan kawasan pada penelitian ini dicari menggunakan Metode Poligon Thiessen.

Hasil dari penelitian ini diperoleh jumlah sumur resapan dengan menggunakan Metode SNI bisa mencapai 2 sampai 4 kali jumlah sumur resapan dengan menggunakan Metode Sunjoto.

2.1.4. Penelitian tentang “Efektifitas Penerapan Ekodrainase dengan Sumur Resapan Kampus Terpadu UII” yang dilakukan oleh Khalis Fatmawati (2017).

Peningkatan penduduk menyebabkan berkurangnya lahan terbuka yang dapat dimanfaatkan sebagai tempat meresapnya air ke dalam tanah. Akibatnya air hujan yang seharusnya bisa meresap ke dalam tanah akan tergenang atau terbuang langsung kesungai. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki sistem drainase di Kampus Terpadu UII yang masih melimpaskan air hujan ke badan sungai menjadi drainase yang berwawasan lingkungan (ekodrainase). Untuk mereduksi debit aliran ke badan sungai direncanakan sumur resapan di beberapa titik sepanjang saluran drainase Kampus terpadu UII. Pada penelitian ini sumur resapan disambungkan langsung dengan saluran drainase yang sudah ada, sehingga sebagian air dari saluran drainase dapat mengalir ke dalam sumur resapan.

Hujan rerata kawasan dicari menggunakan Metode Isohyet, sedangkan debit yang mengalir ke saluran drainase dicari menggunakan Metode Rasional. Nilai permeabilitas tanah dicari dengan pengujian insitu yang berpedoman pada SNI-03-3968-1995.

Hasil dari penelitian diperoleh efektivitas penerapan sumur resapan di Kampus Terpadu UII pada kala ulang 2, 5, dan 10 tahun berturut-turut yaitu 100%; 95,53%; dan 85,13%.

2.2. Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Hasil perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terdahulu yang ditinjau dari beberapa literatur dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

No	Peneliti	Judul Penelitian	Lokasi	Tujuan Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
1.	Purnomo (2013)	Reduksi Dimensi Saluran Drainase Akibat Keberadaan Sumur Resapan pada Jaringan Drainase Maguwoharjo – Wedomartani, Sleman, Yogyakarta	Maguwoharjo – Wedomartani, Sleman, Yogyakarta	<ol style="list-style-type: none"> 1. Untuk membandingkan dimensi saluran drainase sebelum dan sesudah adanya sumur resapan. 2. Mencari kemampuan sumur resapan yang direncanakan dalam mereduksi beban aliran limpasan. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mencari besar debit limpasan menggunakan metode rasional. 2. Untuk perancangan sumur resapan digunakan Metode Sunjoto. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reduksi luas penampang saluran drainase pada pemukiman sebesar 50%, pada lahan sawah dan tegalan mencapai 30%. 2. Sumur resapan pada lahan pemukiman mampu mengurangi debit limpasan hingga 5 m³/det atau dapat mereduksi hingga 36%.
2.	Tutus Pulung Wijaya (2019)	Perbandingan Dimensi Saluran Drainase dengan atau Tanpa Sumur Resapan pada Kawasan Universitas Islam Indonesia	Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang Km. 14,5, Yogyakarta	<ol style="list-style-type: none"> 1. Untuk membandingkan dimensi saluran drainase sebelum dan sesudah adanya sumur resapan. 2. Mencari kemampuan sumur resapan yang direncanakan dalam mereduksi beban aliran limpasan. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Debit limpasan dicari menggunakan Metode Rasional. 2. Perancangan sumur resapan menggunakan Metode Sunjoto. 3. Curah hujan rerata menggunakan Metode Poligon Thiessen. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. besar debit dengan kala ulang 5 tahun diperoleh sebesar 1,462 m³/detik. 2. Diameter sumur resapan yang digunakan 1,5 m dengan kedalaman sumur 3 m. 3. Jumlah sumur resapan bervariasi di setiap lokasi berkisar (6 – 25) buah. 4. Sumur resapan mampu mengurangi debit limpasan hingga 59,3 %. Pengurangan dimensi saluran cukup besar karena pengurangan debit yang signifikan.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

No	Peneliti	Judul Penelitian	Lokasi	Tujuan Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
3.	Prasojo (2013)	Perbandingan Perancangan Sumur Resapan Air Hujan Menggunakan Metode Sunjoto dan SNI-2453-2002 pada Bangunan Komersial di Jalan Kaliurang Km 12 Sleman Jogjakarta	Jalan Kaliurang Km. 12, Sleman, Yogyakarta	1. Untuk membandingkan Metode Sunjoto dengan Metode SNI dalam merencanakan sumur resapan. 2. Mengetahui efektivitas sumur resapan dalam mengurangi debit limpasan.	1. Untuk merancang sumur resapan digunakan Metode Sunjoto dan Metode SNI. 2. Curah hujan rerata dicari menggunakan Metode Poligon Thiessen.	1. jumlah sumur resapan menggunakan Metode SNI bisa mencapai 2 sampai 4 kali jumlah sumur resapan menggunakan Metode Sunjoto. 2. Sumur resapan bisa menampung 98% aliran dengan curah hujan kala ulang 5 tahun.
4.	Fatmawati (2017)	Efektifitas Penerapan Ekodrainase Dengan Sumur Resapan Kampus Terpadu UII	Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang Km. 14,5, Yogyakarta	1. Mencari efektifitas penerapan ekodrainase Kampus Terpadu UII dengan pemasangan sumur resapan pada beberapa titik di lokasi penelitian.	1. Mencari hujan rerata menggunakan Metode Isohyet. 2. Mencari nilai permeabilitas menggunakan Metode Insitu berpedomana SNI-03-3968-1995.	1. Efektifitas penerapan ekodrainase dengan sumur resapan di Kampus Terpadu UII pada kala ulang 2, 5, dan 10 tahun berturut-turut yaitu 100%; 95,53%; dan 85,13%.
5.	Runi Chaerunnisa (2022)	Perbandingan Sumur Resapan Pada Dimensi Saluran Drainase pada Kawasan Universitas Islam Indonesia	Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang Km. 14,5, Yogyakarta	1. Untuk mendapatkan dimensi saluran drainase yang diperlukan tanpa adanya sumur resapan di wilayah Kampus Terpadu UII, Jl. Kaliurang Km. 14,5 menggunakan debit banjir rancangan kala ulang 5 tahunan (Q5). 2. Mengetahui jumlah dan dimensi sumur resapan yang dimungkinkan untuk dibangun. 3. Mengetahui besar pengaruh sumur resapan dalam mengurangi debit limpasan permukaan dan didapatkan dimensi yang efisien di Kawasan Kampus Terpadu UII.	1. Debit limpasan dicari menggunakan Metode Rasional. 2. Curah hujan rerata menggunakan Metode Poligon Thiessen.	-

2.3. Keaslian Penelitian

Penelitian saat ini membahas mengenai drainase berwawasan lingkungan (*eko drainage*) dengan judul “Pengaruh Sumur Resapan Pada Pengaruh Debit Limpasan Permukaan Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta”. Dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh sumur resapan pada pengurangan debit limpasan permukaan di Kampus Terpadu UII. Lokasi penelitian ini berada di kompleks Kampus Terpadu UII, Jl. Kaliurang Km. 14,5. Penelitian ini merupakan hasil karya sendiri (ASLI) walaupun sudah ada penelitian sebelumnya yang diteliti Tutus Pulung Wijaya pada tahun 2019. Perbedaan antara tugas akhir ini dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu data hujan selama 20 thn dari stasiun Beran dan Kemptu. Rumus waktu konsentrasi t_c yg digunakan berbeda. Dan faktor Bentuk (F) sumur resapannya berbeda. Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk mencari data hujan rerata kawasan menggunakan Rata-rata Aritmatik (Aljabar), perhitungan debit limpasan menggunakan metode Rasional, dan untuk perencanaan sumur resapan menggunakan metode Sunjoto.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Analisis Hidrologi

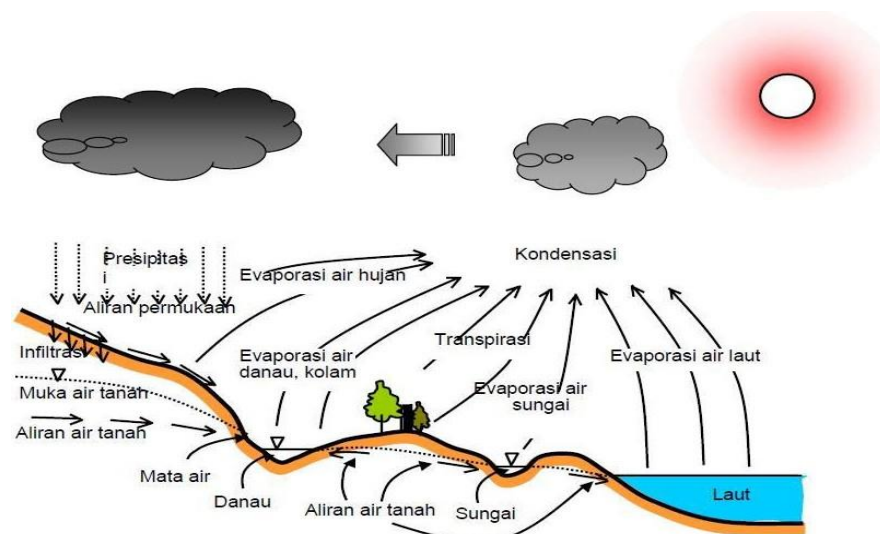
Pengertian Hidrologi secara umum adalah cabang ilmu geografi yang mempelajari mengenai pergerakan, distribusi, dan kualitas air yang ada di bumi serta siklus hidrologi dan sumber daya air.

Singh (1992) mengatakan “bahwa hidrologi adalah ilmu yang membahas karakteristik kuantitas dan kualitas air di bumi menurut ruang serta waktu, termasuk proses hidrologi, pergerakan, penyebaran, sirkulasi, tampungan, eksplorasi, pengembangan dan manajemen.”

3.1.1. Siklus Hidrologi

Secara umum siklus hidrologi merupakan suatu sirkulasi air dari laut ke atmosfer lalu ke darat dan kembali lagi ke laut dan seterusnya. Siklus ini melalui berbagai proses seperti kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi. Akibat dari siklus hidrologi tersebut air di planet bumi ini menjadi dalam berbagai wujud yaitu padat, cair, dan gas.

Secara keseluruhan jumlah air di planet bumi ini relatif tetap dari masa ke masa. Air di bumi mengalami suatu siklus melalui serangkaian peristiwa yang berlangsung terus-menerus, dimana kita tidak tahu kapan dan darimana berasal nya dan kapan pula akan berakhir. Serangkaian peristiwa tersebut dinamakan siklus hidrologi (Suripin, 2004).



Gambar 3.1 Siklus Hidrologi

(Sumber: Suripin, 2004)

Siklus hidrologi terdiri dari serangkaian peristiwa-peristiwa yang terjadi. Berikut adalah beberapa peristiwa yang terjadi dalam siklus hidrologi.

1. Evaporasi (Transpirasi), Proses penguapan air yang terjadi di permukaan bumi dan laut akibat panas dari sinar matahari.
2. Kondensasi, Proses perubahan wujud uap air menjadi partikel- partikel es yang saling mendekat satu sama lain sehingga membentuk awan. Hal ini terjadi akibat pengaruh suhu udara yang sangat rendah di titik ketinggian tertentu.
3. Presipitasi, merupakan uap air yang mengkondensasi dan jatuh dari atmosfer ke bumi dalam segala bentuknya, bisa berupa hujan air, hujan salju, dan hujan batu es.
4. Air Permukaan (*Run Off*), Proses pergerakan air di permukaan bumi dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah
5. Infiltrasi (Perkolasi), Proses meresapnya air kedalam tanah melalui pori-pori tanah yang dapat bergerak secara vertikal dan horizontal di bawah permukaan tanah hingga ke sistem air permukaan.

3.1.2. Analisis Curah Hujan Rencana

1. Pemilihan metode

Pada umumnya pemilihan metode mana yang cocok dipakai pada suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan tiga faktor berikut.

- a. Berdasarkan jaring-jaring pos penakar hujan

- 1) Untuk jumlah pos penakar hujan cukup bisa menggunakan Metode Isohyet, Poligon Thiessen, dan Aljabar.
 - 2) Untuk jumlah pos penakar hujan terbatas dapat menggunakan Metode Poligon Thiessen dan Aljabar.
 - 3) Untuk pos penakar hujan tunggal menggunakan Metode Hujan Titik.
- b. Berdasarkan luas DAS
- 1) DAS dengan luas lebih dari 5000 km² cocok menggunakan Metode Isohyet
 - 2) DAS dengan luas 500 – 5000 km² cocok menggunakan Metode Poligon Thiessen
 - 3) DAS dengan luas kurang dari 500 km² cocok menggunakan Metode Aljabar.
- c. Berdasarkan topografi DAS
- 1) Pada daerah pegunungan dapat menggunakan Metode Aljabar
 - 2) Untuk daerah dataran dapat menggunakan Metode Poligon Thiessen
 - 3) Pada daerah berbukit dan tidak beraturan menggunakan Metode Isohyet
2. Curah hujan kawasan

Untuk mencari harga rata-rata curah hujan pada suatu DAS terdapat tiga metode yang bisa digunakan, yaitu Metode Rata-rata Aritmatik (Aljabar), Metode Poligon Thiessen dan Metode Isohyet. Dalam penelitian ini digunakan Metode Rata-rata Aritmatik (Aljabar) karena data yang tersedia sangat terbatas. Sedangkan Metode Isohyet diperuntukkan DAS yang sangat luas.

Curah hujan rerata daerah dengan cara Rata-rata Aritmatik (Aljabar) dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\hat{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \quad (3.1)$$

Dengan:

$\hat{R}$ = curah hujan rata-rata DAS (mm),

$R_1, R_2, \dots, R_n$ = curah hujan tiap stasiun hujan (mm),

n = banyaknya stasiun hujan.

3.1.3. Analisis Frekuensi

Suripin (2004) menyatakan tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran kejadian ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi probabilitas. Sistem hidrologi terkadang dipengaruhi oleh kejadian-kejadian luar biasa (ekstrim), seperti kekeringan, banjir, dan badai hujan. Besaran kejadian ekstrim selalu berbanding terbalik dengan frekuensi kejadiannya, karena kejadian yang ekstrim langka terjadi.

Dengan analisis frekuensi dapat diperkirakan kemungkinan terjadinya suatu kejadian ekstrim dalam tiap kurun waktu tertentu. Karena masih berupa kemungkinan, hujan dengan kala ulang 5 tahunan bukan berarti akan terjadi sekali setiap 5 tahun. Ada kemungkinan selama kurun waktu 5 tahun terjadi hujan 5 tahunan lebih dari satu kali, atau sebaliknya tidak terjadi sama sekali.

1. Parameter Statistik

Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi, koefisien *skewness* (kemencengan), dan koefisien kurtosis.

a. Tendensi Sentral (*central tendency*)

Nilai Rata-Rata ($\bar{x}$), rumusnya adalah:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.2)$$

Dengan :

$\bar{x}$ = nilai rata-rata curah hujan (mm)

x_i = curah hujan rencana tahunan (mm)

n = jumlah data

b. Dispersi (*dispersion*)

1) Deviasi Standar (δ)

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.3)$$

Dengan :

δ = standar deviasi

Semakin besar deviasi standar, semakin bervariasi pula distribusi data.

2) Koefisien Variasi (Cv)

Perbandingan antara deviasi standar dan nilai rata-rata suatu distribusi:

$$Cv = \frac{\delta}{\bar{x}} \quad (3.4)$$

Dengan :

Cv = koefisien variasi

3) Koefisien Kemencengan/Skewness(Cs)

Untuk mengetahui derajat ketidaksimetrisan suatu distribusi. Dengan pengukuran ini dapat dilihat besar kemencengan dari kurva distribusi.

$$Cs = \frac{n}{\delta^3(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad (3.5)$$

Dengan :

Cs = koefisien Skewness

4) Koefisien Kurtosis(Ck)

$$Ck = \frac{n}{\delta^4(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \quad (3.6)$$

Dengan :

Ck = koefisien Kurtosis

3.1.4. Pemilihan Jenis Distribusi

Dari parameter – parameter tersebut dapat diketahui jenis distribusi yang cocok untuk data yang dimiliki. Dalam ilmu statistik dikenal beberapa jenis distribusi frekuensi seperti distribusi Normal, distribusi Log Normal, distribusi Log-Person III, dan distribusi Gumbel. Pada tabel 3.1 menunjukkan nilai parameter dari masing – masing jenis distribusi.

Tabel 3.1 Persyaratan Parameter Statistik suatu Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$Cs \approx 0$ $Ck \approx 3$
2	Log Normal	$Cs = C_v + 3C_v$ $Ck = C^3 + 6C^6 + 15C^4 + 16C^2 + 3$
3	Gumbel	$Cs = 1,14$ $Ck = 5,4$
4	Log-Person III	Selain dari data nilai diatas

(Sumber: Bambang T, 2008)

Setelah menemukan jenis distribusi yang sesuai, selanjutnya mencari besar suatu kejadian yang diharapkan terjadi dengan kala ulang tertentu menggunakan

distribusi frekuensi tersebut. Dalam penelitian ini distribusi frekuensi digunakan untuk menentukan besar hujan rancangan (R24). Berikut adalah persamaan yang digunakan dari masing – masing distribusi frekuensi.

1. Distribusi Normal

Merupakan distribusi probabilitas yang paling banyak digunakan dalam berbagai analisis statistika. Distribusi ini simetris terhadap sumbu vertikal dan berbentuk lonceng yang juga disebut distribusi Gauss.

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{z^2}{2}} \quad (3.7)$$

Dengan:

$F(z)$ = probabilitas kumulatif distribusi normal,

π = rata-rata dari nilai X (variabel random),

z = $(X-\pi)/\delta$ = faktor frekuensi dari distribusi normal,

δ = deviasi standar dari nilai X.

Nilai faktor frekuensi KT umumnya sudah tersedia dalam tabel untuk mempermudah perhitungan, seperti yang dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode ulang, T (tahun)	Peluang	KT
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,010	0,990	-2,33
4	1,050	0,950	-1,64
5	1,110	0,900	-1,28
6	1,250	0,800	-0,84
7	1,330	0,750	-0,67
8	1,430	0,700	-0,52
9	1,670	0,600	-0,25
10	2,000	0,500	0
11	2,500	0,400	0,25
12	3,330	0,300	0,52
13	4,000	0,250	0,67
14	5,000	0,200	0,84
15	10,000	0,100	1,28
16	20,000	0,050	1,64

17	50,000	0,020	2,05
18	100,000	0,010	2,33
19	200,000	0,005	2,58
20	500,000	0,002	2,88
21	1000,000	0,001	3,09

(Sumber: Suripin, 2004)

2. Distribusi Log Normal

Jika variabel acak $Y = \log X$ terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti distribusi Log Normal. Berikut adalah persamaan untuk distribusi Log Normal.

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\delta_y\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{(Y-\mu_y)^2}{2\delta_y^2}} dy \quad (3.8)$$

Dengan:

$F(z)$ = probabilitas kumulatif dist. log normal,

μ_y = rata-rata dari nilai Y ,

δ_y = deviasi standar dari nilai Y ,

z = faktor frekuensi dari distribusi log normal.

Tabel 3.3 Probabilitas Kumulatif Dari Distribusi Normal dan Log Normal

z	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9870	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890

2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2006)

3. Distribusi Gumbel

Distribusi gumbel biasanya digunakan untuk data – data nilai ekstrim seperti nilai ekstrim gempa, curah hujan, banjir atau suhu ekstrim.

$$x_T = u + \alpha y_T \quad (3.9)$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}\delta}{\pi} ; \quad u = \bar{x} - 0,5772 \alpha \quad (3.10)$$

$$y_T = -\ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \quad (3.11)$$

Atau dengan tabel yang persamaan dasarnya adalah :

$$x_T = \bar{x} + \frac{y_T - y_n}{\sigma_n} \delta \quad (3.12)$$

Dengan :

x_T = nilai (curah hujan) rencana dengan periode T

$\bar{x}$ = nilai rata-rata

y_T = faktor reduksi Gumbel (Tabel 3.3)

T = periode ulang

u = modus dari distribusi

δ = deviasi standar

n = jumlah data

y_n = nilai rata-rata (Tabel 3.4)

σ_n = deviasi standar (Tabel 3.4)

Tabel 3.4 Reduced Mean, Y_n

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	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353

30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,8396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	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	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel 3.5 Reduced Standard Deviation, 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	1,0915	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	1,1623	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

(Sumber: Suripin, 2004)

Lanjutan Tabel 3.5 Reduced Standard Deviation, Sn

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
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	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel 3.6 Reduced Variate, YTr Sebagai Fungsi Periode Ulang

Periode ulang, Tr (tahun)	Reduced variate, YTr	Periode ulang, Tr (tahun)	Reduced variate, YTr
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

(Sumber: Suripin, 2004)

4. Distribusi Log-Person III

Tidak seperti konsep yang melatar belakangi pemakaian distribusi Log Normal untuk banjir puncak, maka distribusi probabilitas ini hampir tidak berbasis teori. Distribusi ini masih tetap dipakai karena flesiibilitasny.

$$y_T = \bar{y} + k_T \cdot \delta_y \quad (3.13)$$

$$x_T = \text{arc log } y_T \quad (3.14)$$

Dengan :

$y_T = \log x$ = nilai logaritmik x dengan periode ulang T ,

$\bar{y}$ = nilai rata-rata,

δ_y = deviasi standar,

x_T = variabel curah hujan jangka waktu ulang T tahun,

k_T = faktor frekuensi (Tabel 3.7).

Tabel 3.7 Nilai k_T untuk setiap nilai C_s (Koefisien Skewness)

C_s	Periode Ulang (tahun)					
	2	5	10	25	50	100
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605
1,9	-0,294	0,627	1,310	2,207	2,881	3,553
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,7	-0,268	0,660	1,324	2,179	2,815	3,444
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,5	-0,240	0,690	1,333	2,146	2,743	3,330
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,3	-0,210	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,1	-0,180	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326
-0,1	0,017	0,846	1,270	1,761	2,000	,252
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955

-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,1	0,180	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,3	0,210	0,83	1,064	1,240	1,324	1,383
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,5	0,240	0,825	1,018	1,157	1,217	1,256
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,7	0,268	0,808	0,970	1,075	1,116	1,140
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-1,9	0,294	0,788	0,920	0,996	1,023	1,037
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2006)

3.1.5. Uji kecocokan distribusi

Dalam laporan tugas akhir ini digunakan pengujian jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada dengan uji Chi-Kuadrat (*Chi-Square*). Pengujian dilakukan setelah digambarkan hubungan antara kedalaman hujan atau debit dan nilai probabilitas pada kertas probabilitas. Pada kertas probabilitas, absis adalah probabilitas/periode ulang. Dan ordinat adalah nilai besaran debit/hujan. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$P = \frac{m}{n+1} \quad (3.15)$$

$$T = \frac{1}{P} \quad (3.16)$$

Dengan:

P = probabilitas,

T = periode ulang,

m = nomor urut,

n = jumlah data.

Berdasar data debit atau hujan dan probabilitas P yang didapat dari persamaan diatas, digambar sebaran titik data pada kertas probabilitas yang diurutkan dari nilai terkecil ke nilai terbesar, atau sebaliknya. Selanjutnya ditarik garis teoritis di atas gambar penyebaran data. Uji Chi-Kuadrat dapat dihitung dengan persamaan (3.15) berikut.

$$X^2 = \sum_{t=1}^N \frac{(Of - Ef)^2}{Ef} \quad (3.17)$$

Dengan :

X^2 = nilai Chi-Kuadrat terhitung,

Ef = frekuensi (banyak pengamatan) yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya,

Of = frekuensi terbaca pada kelas yang sama,

N = jumlah sub kelompok dalam 1 (satu) grup.

Nilai X^2 yang diperoleh harus lebih kecil dari X_{cr}^2 (Chi-Kuadrat kritik). Nilai X_{cr}^2 diperoleh dari Tabel 3.8 dan dengan melihat derajat kebebasan (DK).

$$DK = K - (\alpha + 1) \quad (3.18)$$

Dengan :

DK = derajat kebebasan,

K = banyaknya kelas, sebaiknya lebih dari 5 kelas,

$\alpha = 2$ = banyaknya keterikatan (parameter) uji Chi-Kuadrat.

Pengujian Chi-Kuadrat ini dilakukan untuk menguji apakah distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada.

Tabel 3.8 Nilai Chi-Kuadrat Kritik (χ^2)

DK	Distribusi χ^2											
	0,99	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
1	0,000	0,004	0,018	0,064	0,148	0,455	1,074	1,642	2,706	3,841	6,635	10,827
2	0,020	0,103	0,211	0,446	0,713	1,386	2,408	3,219	4,605	5,991	9,210	13,815
3	0,115	0,352	0,584	1,005	1,424	2,366	3,665	4,642	6,251	7,815	11,345	16,268
4	0,297	0,711	1,064	1,649	2,195	3,357	4,878	5,989	7,779	9,488	13,277	18,465
5	0,554	1,145	1,610	2,343	3,000	4,351	6,064	7,289	9,236	11,070	15,086	20,517
6	0,872	1,635	2,204	3,022	3,828	5,348	7,231	8,558	10,645	12,592	16,812	22,457
7	1,239	2,167	2,833	3,822	4,671	6,346	8,383	9,803	12,017	14,067	18,457	24,322
8	1,646	2,733	3,590	4,594	5,527	7,344	9,524	11,030	13,362	15,507	20,090	26,425
9	2,088	3,325	4,168	5,380	6,393	8,343	10,656	12,424	14,684	16,919	21,666	27,877
10	2,558	3,940	5,012	6,179	7,267	9,342	11,781	13,242	15,987	18,307	23,209	29,588
11	3,053	4,575	5,578	6,989	8,148	10,341	12,899	14,631	17,275	19,675	24,725	31,264
12	3,571	5,226	6,304	7,807	9,034	11,340	14,011	15,812	18,549	21,026	26,217	32,909
13	4,107	5,892	7,042	8,634	9,926	12,340	15,119	16,985	19,812	22,362	27,688	34,528
14	4,660	6,571	7,790	9,467	10,821	13,339	16,222	18,151	21,064	23,685	29,141	36,123
15	5,229	7,261	8,547	10,307	11,721	14,339	17,322	19,311	22,307	24,996	30,578	37,697
16	5,812	7,962	9,312	11,152	12,624	15,338	18,418	20,465	23,542	26,296	32,000	39,252
17	6,408	8,672	10,085	12,002	13,531	16,338	19,511	21,615	24,769	27,587	33,409	40,790
18	7,015	9,390	10,865	12,857	14,440	17,338	20,601	22,760	25,989	28,869	34,805	42,312
19	7,633	10,117	11,651	13,716	15,352	18,338	21,689	23,900	27,204	30,144	36,191	43,820
20	8,260	10,851	12,443	14,578	16,266	19,377	22,775	25,038	28,412	31,410	37,566	45,315
21	8,897	11,501	13,240	15,445	17,182	20,377	23,858	26,171	29,615	32,671	38,932	46,797
22	9,542	12,338	14,041	16,314	18,101	21,337	24,939	27,301	30,813	33,924	40,289	48,268
23	10,196	13,091	14,484	17,187	19,021	22,337	26,018	28,429	32,007	35,172	41,638	49,728
24	10,856	13,848	15,659	18,062	19,943	23,337	27,096	29,553	33,196	36,415	42,980	51,179
25	11,524	14,611	16,473	18,940	20,867	24,337	28,172	30,675	34,382	37,652	44,314	52,620
26	12,198	15,379	17,292	19,820	21,792	25,336	29,246	31,795	35,563	38,886	45,642	54,052
27	12,879	16,151	18,114	20,703	22,719	26,336	30,319	32,912	36,741	40,113	46,963	55,476
28	13,565	16,928	18,939	21,588	23,647	27,336	31,391	34,027	37,916	41,337	48,278	56,893
29	14,256	17,708	19,768	22,475	24,577	28,336	32,461	35,139	39,087	42,557	49,588	58,302
30	14,953	18,493	20,599	23,364	25,508	29,336	33,530	36,250	40,256	43,773	50,892	59,703

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2006)

3.1.6. Analisis Intensitas Curah Hujan Rencana

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Pada umumnya semakin singkat hujan yang berlangsung, maka intensitasnya cenderung semakin tinggi dan semakin besar periode ulangnya semakin tinggi pula intensitasnya. Hubungan intensitas, lama waktu hujan, dan frekuensi hujan dinyatakan dalam kurva IDF (Intensity-Duration-Frequency). Namun diperlukan data hujan jangka pendek yang diperoleh dari pos penakar hujan otomatis untuk membentuk kurva IDF. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, maka dengan data hujan harian intensitas hujan masih dapat dihitung menggunakan rumus Mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (3.19)$$

Dengan :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

Besar curah hujan maksimum harian (R₂₄) yang dipakai adalah dari hujan rancangan pada kala ulang yang telah direncanakan. Pada persamaan ini yang dimaksud dengan nilai durasi hujan (t) adalah waktu konsentrasi (t_c). Waktu konsentrasi (t_c) merupakan waktu yang diperlukan bagi air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik paling jauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol). Hal ini dianggap bahwa durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi. Waktu konsentrasi dapat ditentukan menggunakan rumus *Australian Rainfall Runoff* dalam rumus 3.30 berikut.

$$t_c = 0,76 \times A^{0,38} \quad (3.20)$$

dengan:

t_c = waktu konsentrasi (jam), dan

A = luas daerah aliran (km²)

3.1.7. Analisis Debit Banjir Rencana

1. Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) merupakan perbandingan antara puncak aliran

permukaan terhadap intensitas hujan dan variabel penentu hasil dari perhitungan debit banjir. Faktor yang mempengaruhi nilai C yaitu laju infiltrasi tanah atau persentase lahan kedap air, tanaman penutup tanah, kemiringan lahan, dan intensitas hujan. Nilai koefisien pengaliran (C) dapat dilihat pada Tabel 3.8 berikut ini.

Tabel 3.9 Nilai Koefisien Pengaliran (C)

Deskripsi Lahan/Karakter Pemukiman	Koefisien Pengaliran (C)	Deskripsi Lahan/Karakter Pemukiman	Koefisien Pengaliran (C)
Bisnis		Halaman, tanah berpasir	
Perkotaan	0,70 – 0,95	Datar, 2%	0,05 – 0,10
Pinggiran	0,50 – 0,70	Rata-rata, 2 – 7%	0,10 – 0,15
Perumahan		Curam, 7%	0,15 – 0,20
Rumah tunggal	0,30 – 0,50	Halaman, tanah berat	
Multiunit, terpisah	0,40 – 0,60	Datar, 2%	0,13 – 0,17
Multiunit, tergabung	0,60 – 0,75	Rata-rata, 2 – 7%	0,18 – 0,22
Perkampungan	0,25 – 0,40	Curam, 7%	0,25 – 0,35
Apartemen	0,50 – 0,70	Halaman kereta api	0,10 – 0,35
Industri		Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
Ringan	0,50 – 0,80	Taman, perkuburan	0,10 – 0,25
Berat	0,60 – 0,90	Hutan	
Perkerasan		Datar, 0 – 5%	0,10 – 0,40
Aspal dan beton	0,70 – 0,95	Bergelombang, 5 – 10%	0,25 – 0,50
Batu bata, paving	0,50 – 0,70	Berbukit, 10 – 30%	0,30 – 0,60
Atap	0,75 – 0,95		

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel di atas merupakan nilai koefisien pengaliran (C) untuk penggunaan lahan yang seragam, Apabila DAS/DTA terdiri dari beberapa macam penggunaan lahan dengan koefisien yang berbeda-beda, maka nilai C dihitung dengan persamaan (3.31) berikut.

$$C = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \cdot A_i}{A_i} \quad (3.21)$$

dengan:

C_i = koefisien pengaliran permukaan jenis penutup tanah i , dan

A_i = luas lahan dengan jenis penutup tanah.

2. Metode Rasional

Debit rancangan merupakan bagian yang diperhatikan dalam perencanaan drainase. Ada beberapa metode untuk memperkirakan besar debit puncak. Metode yang paling umum digunakan adalah Metode Rasional USSCS (1973). Metode ini simpel dan mudah digunakan, namun penggunaannya hanya sebatas untuk DAS ukuran yang kecil, yaitu kurang dari 300 ha (Goldman et.al., 1986 dalam Suripin, 2004).

Metode Rasional dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa hujan mempunyai intensitas seragam dan merata di seluruh DAS selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi (t_c) DAS. Persamaan matematik metode Rasional dapat dilihat sebagai berikut.

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A \quad (3.22)$$

dengan:

Q = Debit puncak banjir (m^3/s),

C = Koefisien pengaliran (dapat dilihat pada Tabel 3.6),

I = Intensitas hujan (mm/jam), dan

A = Luas daerah aliran (Ha).

Besar koefisien aliran permukaan (C) di setiap lahan memiliki nilai yang berbeda, beberapa faktor yang menyebabkan perbedaan itu adalah laju infiltrasi tanah, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan. Koefisien limpasan juga bergantung pada sifat dan kondisi tanah.

3.2. Analisis Hidraulika

3.2.1. Desain Penampang Saluran Drainase

Untuk mendesain penampang saluran drainase dapat menggunakan persamaan kontinuitas, yaitu besar debit sama dengan perkalian luas penampang melintang saluran dengan kecepatan aliran pada saluran tersebut. Dari nilai debit aliran yang telah diperoleh sebelumnya dan nilai kecepatan rata-rata aliran yang dicari menggunakan rumus yang ditemukan Manning, maka kebutuhan luas penampang saluran dapat dicari menggunakan persamaan berikut.

$$Q = A \times V \quad (3.23)$$

dimana:

- Q = besar debit pada saluran (m³/detik),
 V = besar kecepatan aliran saluran (m/detik), dan
 A = luas penampang basah saluran (m²).

3.2.2. Rumus Empiris Kecepatan Rata-Rata

Karena sulit menentukan tegangan geser dan distribusi kecepatan dalam aliran turbulen, maka digunakan pendekatan empiris untuk menghitung kecepatan rata-rata. Seorang insinyur Irlandia bernama Robert Manning (1889) berhasil menemukan rumus tersebut, berikut adalah persamaannya.

$$Q = V \times A \quad (3.24)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \quad (3.25)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (3.26)$$

$$i = \frac{\Delta h}{L_s} \quad (3.27)$$

dengan:

- Q = debit drainase (m³/s),
 A = luas penampang basah saluran drainase (m²),
 V = kecepatan aliran dalam saluran drainase (m/s),
 R = radius hidrolis (m),
 Δh = beda elevasi (m),
 L_s = panjang lintasan aliran di dalam saluran sungai (m),
 i = kemiringan saluran drainase,
 P = keliling basah saluran drainase (m), dan
 n = koefisien kekasaran *Manning*.

Terdapat beragam koefisien kekasaran Manning untuk berbagai jenis bahan dan tipe saluran. Pada tabel 3.10 menampilkan beberapa koefisien kekasaran Manning yang dianggap sering dipakai dalam perencanaan praktis.

Tabel 3.10 Harga Koefisien Kekasaran Manning (n)

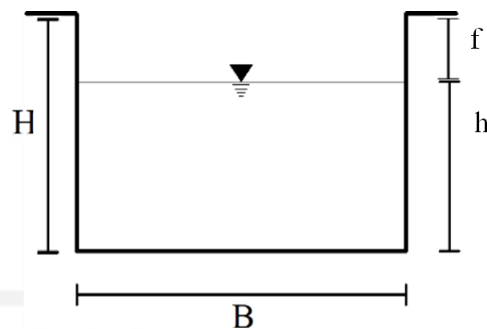
No.	Tipe saluran dan jenis bahan	Harga n		
		Min	Normal	Max
1.	Beton			
	- Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010	0,011	0,013
	- Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/ gangguan	0,011	0,013	0,014
	- Beton dipoles	0,011	0,012	0,014
	- Saluran Pembuang dengan bak kontrol	0,013	0,015	0,017
2.	Tanah, lurus dan seragam			
	- Bersih baru	0,016	0,018	0,020
	- Bersih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
	- Berkerikil	0,022	0,025	0,030
	- Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
3.	Saluran alam			
	- Bersih lurus	0,025	0,030	0,033
	- Bersih, berkelok-kelok	0,033	0,040	0,045
	- Banyak tanaman pengganggu	0,050	0,070	0,080
	- Dataran banjir berumput pendek – tinggi	0,025	0,030	0,035
	- Saluran di belukar	0,035	0,050	0,070

(Sumber: Suripin, 2004)

3.2.3. Penampang Saluran Ekonomis

Penampang saluran paling ekonomis adalah yang dapat melewati debit maksimum untuk luas penampang basah, kekasaran, dan kemiringan dasar tertentu. Berdasarkan persamaan kontinuitas, pada luas penampang melintang tetap, debit maksimum dicapai jika kecepatan aliran maksimum. Pada rumus Manning dapat dilihat pada kekasaran dan kemiringan dasar tetap, kecepatan maksimum dicapai jika jari-jari hidrolis (R) maksimum. Lalu, untuk luas penampang tetap, jari-jari hidrolis maksimum jika keliling basah (P) minimum. Dari pemahaman tersebut dapat ditentukan dimensi penampang saluran drainase yang ekonomis untuk berbagai macam bentuk.

Untuk penelitian ini menggunakan penampang saluran berbentuk persegi dengan lebar saluran (B) dan tinggi saluran (H). Tinggi saluran terdiri dari tinggi air (h) dan *free board* (f) yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.2 Penampang Melintang Saluran Persegi

Free board (f) yang digunakan ditentukan berdasarkan besar debit pada sebuah saluran drainase. Berikut adalah nilai f yang dapat dilihat pada tabel 3.11 berikut ini.

Tabel 3.11 Tinggi Jagaan Minimum untuk Saluran Tanah

Q (m^3/det)	f (m)
$< 0,5$	0,40
$0,5 - 1,5$	0,50
$1,5 - 5,0$	0,60
$5,0 - 10$	0,75
$10 - 15$	0,85
> 15	1,00

(Sumber: Standar Perencanaan Irigasi KP-03, 2013)

3.3. Pengisian Air Tanah

Untuk menanggulangi defisit air tanah, telah banyak pemikir yang mengajukan konsep pengisian buatan (*artificial recharge*), misalnya dengan genangan buatan dengan sumber air dari sungai, membuat kolam-kolam di sekitar, pemanfaatan pipa jaring-jaring drainase yang porus guna meresapkan air hujan di sekitar rumah, dan menyebarkan air pada lahan yang luas yang sekaligus untuk mengairi daerah pertanian.

Pengisian air tanah buatan ke dalam waduk bawah tanah mempunyai kegunaan sebagai berikut.

1. Menyimpan kelebihan air permukaan di dalam waduk bawah tanah.
2. Memperbaiki kualitas air tanah lokal melalui percampuran dengan pengisian air tanah yang berasal dari air hujan.
3. Pembentukan tabir tekanan (*pressure barrier*) untuk mencegah intrusi air asin.

4. Meningkatkan produksi air tanah, baik untuk air minum maupun untuk keperluan lainnya.
5. Pengurangan biaya operasi pompa dengan meningginya muka air tanah.
6. Mencegah terjadinya penurunan muka tanah (*land subsidence*).

Beberapa persyaratan fisik yang harus dipenuhi dalam pembuatan pengisian air tanah buatan antara lain.

1. Tersedia kapasitas yang memadai. Lokasi dengan muka air tanah dekat dengan muka tanah tidak cocok untuk pembuatan pengisian air tanah buatan, demikian juga lokasi dengan tekanan piezometrik yang tinggi.
2. Tersedia air yang cukup dengan kualitas yang memadai (lebih baik dari kualitas air tanah lokal).
3. Tanah atau batuan pada lokasi mempunyai transmisibilitas atau permeabilitas cukup.

3.3.1. Sumur Resapan

Konsep dasar sumur resapan pada hakekatnya adalah memberi kesempatan dan jalan pada air hujan yang jatuh di lahan yang kedap air untuk meresap ke dalam tanah dengan jalan menampung air tersebut pada suatu sistem resapan.

Secara teoritis, volume dan efisiensi sumur resapan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan air yang masuk ke dalam sumur dan air yang meresap ke dalam tanah (Sunjoto, 1988 dalam Suripin, 2004). Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk mencari kedalaman sumur resapan.

$$Q = \frac{F \times K \times H}{1 - e^{-\frac{F \times K \times T}{\pi \times R^2}}} \quad (3.28)$$

Kedalaman efektif sumur resapan dihitung dari tinggi muka air tanah apabila dasar sumur berada di bawah muka air tanah dan diukur dari dasar sumur bila muka air tanah berada di bawah dasar sumur.

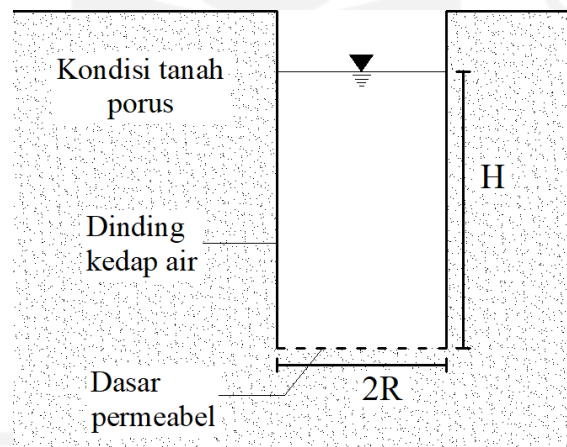
1. Debit Air Masuk (Q)

Debit air yang masuk ke dalam sumur resapan berasal dari debit limpasan air hujan yang jatuh di atap bangunan. Debit tersebut dicari menggunakan Metode Rasional pada kala ulang yang sudah ditentukan. Berikut adalah langkah yang dilakukan untuk mencari besar debit yang masuk ke dalam sumur resapan.

- a. Mengukur luas atap bangunan yang dilihat dari tampak atas bangunan.
- b. Mencari besar intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe.
- c. Menentukan besar koefisien limpasan untuk atap bangunan.
- d. Menghitung besar debit hujan dengan kala ulang yang sudah ditentukan menggunakan Metode Rasional.

2. Faktor Geometrik (F)

Faktor Geometrik adalah suatu harga yang mewakili dari bentuk ujung sumur, tampang, radius, kededapan dinding serta perletakannya dalam lapisan tanah. Setiap desain dari sumur resapan mempunyai nilai faktor geometrik yang berbeda-beda. Pada penelitian ini kondisi sumur resapan yang direncanakan yaitu terletak pada tanah yang seluruhnya porus dengan dinding sumur resapan kedap air dan dasar sumur rata bersifat permeabel. Kondisi ini dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 3.3 Sketsa Rencana Kondisi Sumur Resapan

Nilai faktor geometrik pada kondisi di atas dapat dirumuskan pada persamaan berikut ini.

$$F = 2\pi \times R \quad (3.29)$$

dimana:

F = faktor geometrik (m),

R = jari-jari sumur (m), dan

3. Koefisien Permeabilitas Tanah (K)

Pengukuran nilai koefisien permeabilitas tanah dilakukan dengan Metode Inversed Auger Hole. Metode ini dilakukan dengan pengeboran tanah pada

zona tidak jenuh, kemudian memasukkan air kedalam lubang bor dan mencatat penurunan/peresapan air tanah persatuan waktu untuk mencari koefisien permeabilitas (K). Rumus untuk mencari nilai K adalah sebagai berikut.

$$K = 1,15 \times r \times \frac{\log\left(h(t_m) + \frac{r}{2}\right) - \log\left(h(t_n) + \frac{r}{2}\right)}{t_n - t_m} \quad (3.30)$$

dengan:

K = koefisien permeabilitas tanah (cm/jam),

r = jari-jari lubang bor (cm),

h (ti) = ketebalan air dalam sumur pada waktu ti (cm), dan

ti = waktu sejak mulai pengujian sampai pada pengamatan ke-i (detik).

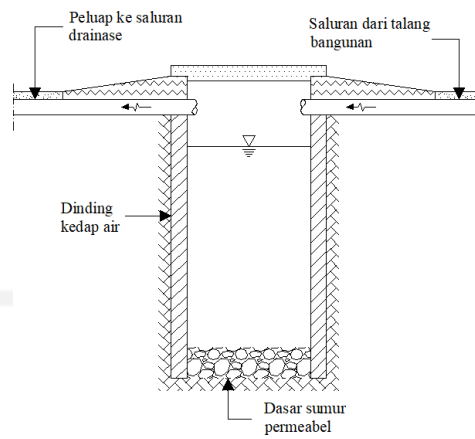
Hal-hal yang perlu diperhatikan pada saat pengujian adalah sebagai berikut.

- Lubang pengukuran dengan diameter maksimum 25 cm.
- Kedalaman lubang pengukuran tidak mencapai muka air tanah.
- Lubang pengukuran tidak terpengaruh oleh sumber air permukaan.
- Kelembaban tanah sekeliling lubang pengukuran harus pada keadaan kapasitas lapangan.
- Lubang dibuat pada tanah yang stabil tidak mudah longsor.

3.3.2. Konstruksi Sumur Resapan

Pada dasarnya sumur resapan dapat dibuat dari berbagai macam bahan yang tersedia di lokasi. Hal yang perlu diperhatikan untuk keamanan sumur resapan perlu dilengkapi dengan dinding. Bahan-bahan yang diperlukan untuk sumur resapan meliputi.

- Saluran pemasukan/pengeluaran dapat menggunakan pipa besi, pipa pralon, buis beton, pipa tanah liat, atau dari pasangan batu.
- Dinding sumur dapat menggunakan anyaman bambu, drum bekas, , pasangan batu bata, atau buis beton.
- Dasar sumur dan sela-sela antara galian tanah dan dinding tempat air meresap dapat diisi dengan ijuk atau kerikil.



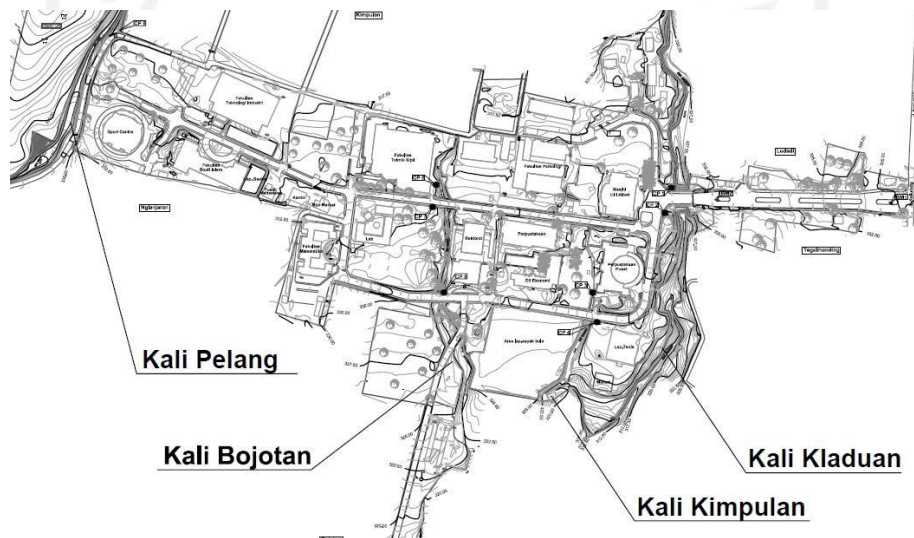
Gambar 3.4 Contoh Konstruksi Sumur Resapan

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di wilayah kompleks Kampus Terpadu UII, Jl. Kaliurang Km. 14,5. Lokasi tersebut dilalui oleh beberapa sungai yaitu Kali Kladuan, Kali Kimpulan, Kali Bojotan, dan Kali Pelang. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Denah Lokasi Penelitian
(Sumber: Badan Pengelola Aset UII)

4.2. Data Penelitian

Penelitian diawali dengan melakukan mengumpulkan data. Adapun data yang dibutuhkan dalam penelitian ini berupa data sekunder berasal dari instansi terkait. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Nilai permeabilitas tanah yang didapatkan dari pengujian insitu di beberapa titik lokasi Kampus Terpadu UII, Jl. Kaliurang Km. 14,5, Yogyakarta, didapatkan dari pengujian yang dilakukan oleh Tutus PulungWijaya.
2. Stasiun hujan berjumlah 2 stasiun yaitu stasiun Beran dan stasiun Kempud. Data hujan maksimum 20 tahun yang berasal dari masing-masing stasiun yang didapatkan dari Departemen Pekerjaan Umum Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak (DPU BBWS SO),

3. *Site Plan* Kampus Terpadu UII yang didapatkan dari Badan Pengelola Aset Universitas Islam Indonesia (BPA UII).
4. Peta Kontur Kampus Terpadu UII yang didapatkan dari BPA UII.

4.3. Analisis Data

Analisis yang dilakukan pada penelitian diuraikan sebagai berikut.

1. Analisis Hidrologi
 - a. Menentukan nilai hujan kawasan dengan metode Aritmatika Aljabar menggunakan persamaan 3.1.
 - b. Melakukan analisis frekuensi untuk mendapatkan nilai hujan rancangan dengan cara membandingkan nilai dispersi dan tendensi sentral terhadap parameter statistik. Hasil dari perbandingan tersebut didapatkan jenis distribusi yang digunakan.
 - c. Jenis distribusi yang didapatkan kemudian dilakukan pengujian kecocokan sebaran yang bertujuan untuk mengetahui apakah distribusi yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis.
 - d. Menghitung waktu konsentrasi dengan menggunakan persamaan 3.20, dilanjutkan dengan menghitung besar intensitas hujan dengan menggunakan rumus Mononobe pada persamaan 3.19.
 - e. Selanjutnya mencari besar debit rancangan menggunakan metode Rasional seperti pada persamaan 3.22.
2. Analisis Hidrolika
 - a. Perancangan dimensi saluran tanpa sumur resapan
 Besar debit aliran yang telah didapat menggunakan metode Rasional digunakan untuk mencari kebutuhan dimensi penampang saluran drainase. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan.
 - 1) Pada persamaan 3.23 substitusikan nilai kecepatan (V) dengan persamaan 3.25 yang merupakan rumus empiris kecepatan rerata yang ditemukan oleh Robert Manning.
 - 2) Untuk memperoleh dimensi penampang saluran, selanjutnya persamaan-persamaan yang menjadi syarat sebuah saluran yang ekonomis di substitusikan juga kedalam persamaan tersebut. Pada

penelitian ini desain penampang saluran menggunakan bentuk persegi.

- 3) Setelah mendapatkan lebar dan tinggi saluran, selanjutnya tinggi saluran ditambah dengan tinggi *free board* (f).

b. Perancangan dimensi dan jumlah sumur resapan

Untuk merancang dimensi sumur resapan pada penelitian ini digunakan persamaan 3.28 yang merupakan metode Sunjoto. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan.

1) Dimensi dan jumlah sumur resapan yang diperlukan

- a) Menentukan besar debit limpasan yang masuk kedalam sumur resapan berdasarkan limpasan air hujan yang jatuh di atap bangunan saja menggunakan metode Rasional.
- b) Berdasarkan besar debit limpasan dan nilai permeabilitas tanah yang diperoleh, kedalaman dan jumlah sumur resapan yang dibutuhkan dapat dicari menggunakan metode Sunjoto.

2) Dimensi dan jumlah sumur resapan yang dimungkinkan untuk dibangun

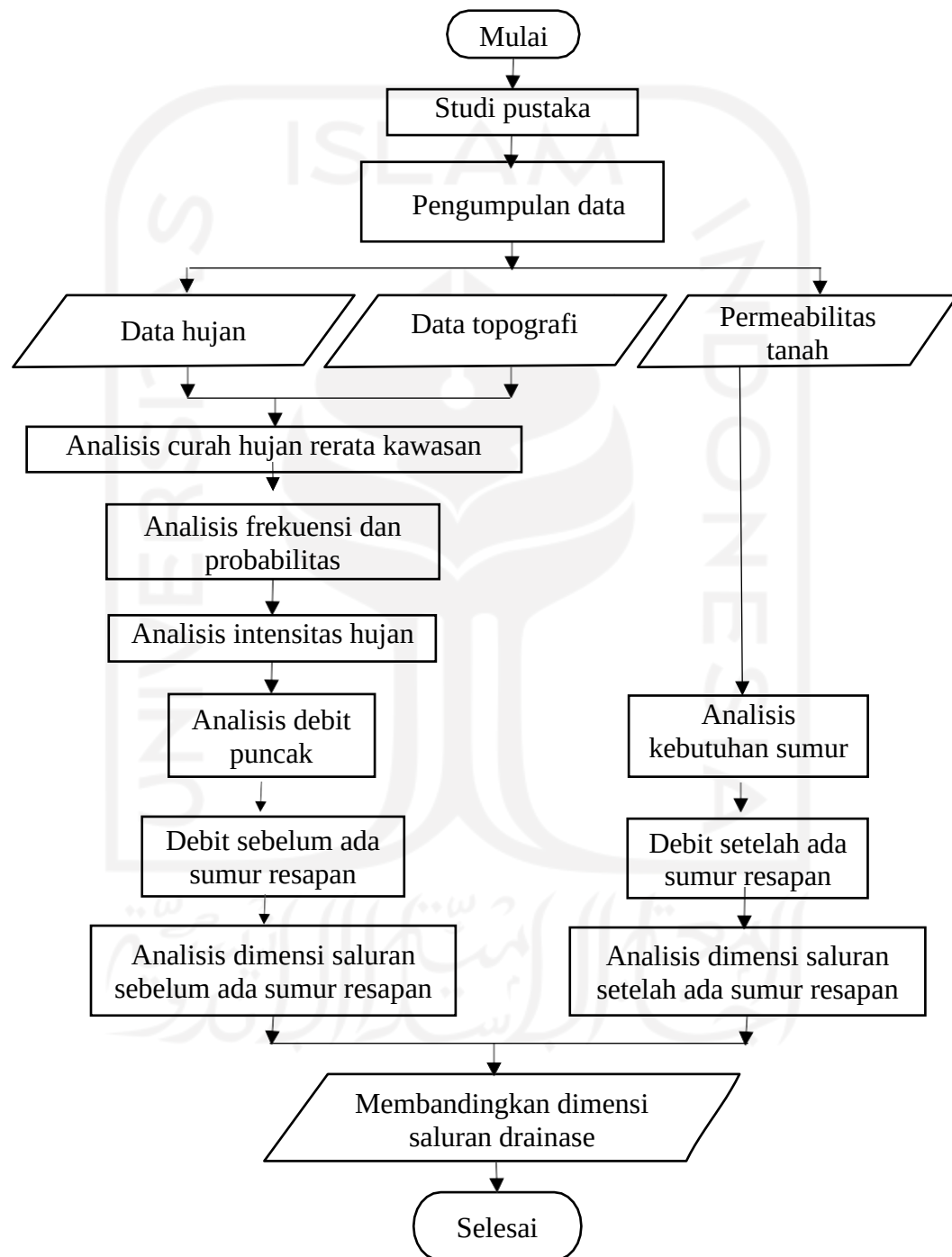
- a) Menentukan luasan area yang bisa digunakan untuk sumur resapan beserta mempertimbangkan jarak antar sumur resapan tersebut.
- b) Kemudian menghitung jumlah sumur resapan yang bisa dibangun dengan membagi luasan area yang tersedia dengan luasan sumur resapan.

c. Perancangan dimensi saluran dengan sumur resapan

Menggunakan cara yang sama seperti sebelumnya hanya saja debit rancangan yang digunakan telah dikurangi dengan debit dari atap bangunan dan ditambah dengan debit limpahan dari sumur resapan jika ada.

4.4. Bagan Alir (Flow Chart)

Berikut ini adalah langkah-langkah yang dilakukan agar tujuan dari penelitian ini dapat tercapai yang digambarkan dalam bentuk *flow chart*.



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian Perbandingan Saluran Drainase

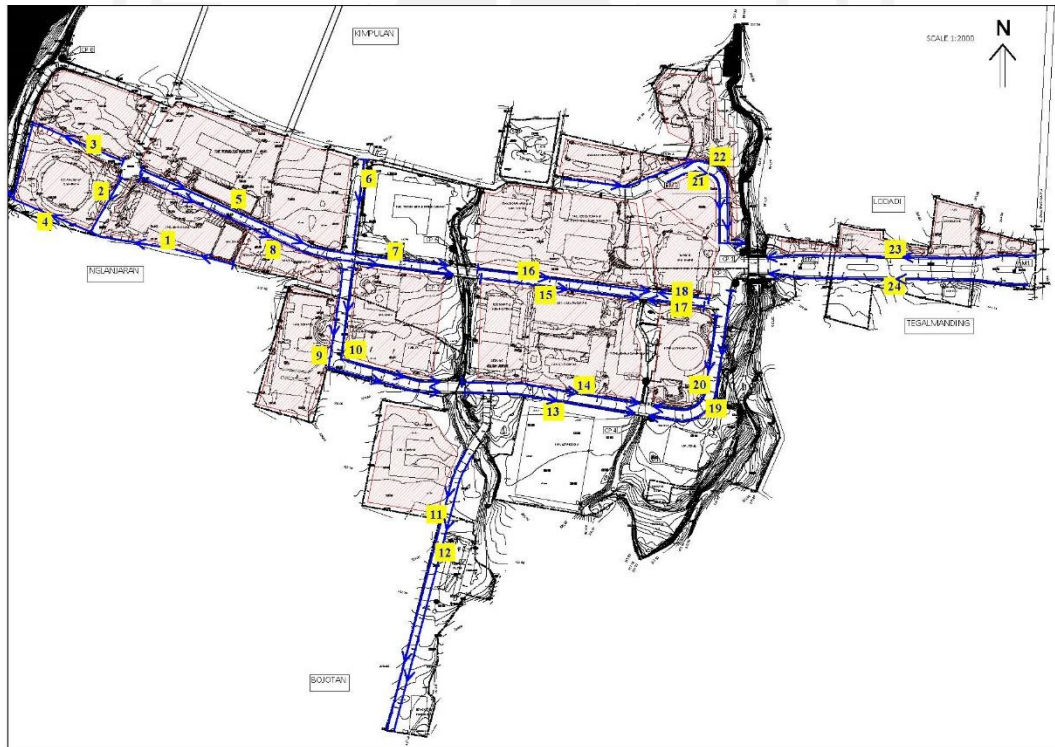
BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Analisis Data

5.1.1. Desain Denah Saluran

Langkah awal yaitu membuat sketsa perencanaan saluran drainase dengan cara membuat blok – blok area tangkapan air pada peta wilayah UII, tak lupa juga untuk membuat saluran drainase beserta penomorannya. Untuk membuat pemetaan saluran drainase harus memperhatikan pola kontur pada wilayah UII. Hasil dari gambar sketsa perencanaan saluran drainase dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Sketsa Arah Aliran

5.1.2. Analisis Frekuensi Hujan

Dalam analisis frekuensi data hujan yang digunakan merupakan data hujan maksimum harian. Untuk wilayah Kawasan Universitas Islam Indonesia menggunakan dua stasiun hujan, yaitu stasiun Beran dan stasiun Kempot. Berdasarkan Tabel 5.1 dapat dilihat nilai hujan harian maksimum selama 20 tahun adalah sebagai berikut.

**Tabel 5.1 Hujan Harian Maksimum 20 Tahun Stasiun Beran dan Stasiun
Kemput**

Tahun	Stasiun Hujan		$X_{rencana}$ (mm)
	Beran	Kemput	
2001	134	125	130
2002	101	165	133
2003	93	92	93
2004	169	125	147
2005	144	161	153
2006	144	145	145
2007	92	25	59
2008	129	0	65
2009	467	12	240
2010	155	0	78
2011	377	8	193
2012	543	100	322
2013	109	35	72
2014	121	150	136
2015	92	165	129
2016	163	158	161
2017	228	163	196
2018	130	146	138
2019	104	111	108
2020	184	96	140

(Sumber: Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak)

Selanjutnya mencari jenis distribusi probabilitas dari data hujan tersebut dengan melakukan perhitungan statistik curah hujan maksimum sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2 Perhitungan Statistik Curah Hujan

No.	Tahun	X_i	$(X_i - \bar{X}_{rerata})$	$(X_i - \bar{X}_{rerata})^2$	$(X_i - \bar{X}_{rerata})^3$	$(X_i - \bar{X}_{rerata})^4$
1	2001	129.50	-12.0250	144.6006	-1738.8225	20909.3408
2	2002	133.00	-8.5250	72.6756	-619.5597	5281.7465
3	2003	92.50	-49.0250	2403.4506	-117829.1669	5776574.9068
4	2004	147.00	5.4750	29.9756	164.1165	898.5381
5	2005	152.50	10.9750	120.4506	1321.9456	14508.3531
6	2006	144.50	2.9750	8.8506	26.3306	78.3336
7	2007	58.50	-83.0250	6893.1506	-572303.8306	47515525.5389
8	2008	64.50	-77.0250	5932.8506	-456977.8194	35198716.5386
9	2009	239.50	97.9750	9599.1006	940471.8837	92142732.8089
10	2010	77.50	-64.0250	4099.2006	-262451.3200	16803445.7640
11	2011	192.50	50.9750	2598.4506	132456.0206	6751945.6506
12	2012	321.50	179.9750	32391.0006	5829570.3375	1049176921.4888
13	2013	72.00	-69.5250	4833.7256	-336064.7741	23364903.4178

Lanjutan Tabel 5.2 Perhitungan Statistik Curah Hujan

No.	Tahun	X_i	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
14	2014	135.50	-6.0250	36.3006	-218.7113	1317.7354
15	2015	128.50	-13.0250	169.6506	-2209.6994	28781.3346
16	2016	160.50	18.9750	360.0506	6831.9606	129636.4526
17	2017	195.50	53.9750	2913.3006	157245.4012	8487320.5316
18	2018	138.00	-3.5250	12.4256	-43.8003	154.3962
19	2019	107.50	-34.0250	1157.7006	-39390.7638	1340270.7371
20	2020	140.00	-1.5250	2.3256	-3.5466	5.4085
Jumlah		2830.50	0.00	73779.24	5278236.18	1286759929.02

Kemudian mencari parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi probabilitas yang digunakan.

$$\begin{aligned}
 \bar{x} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \\
 &= \frac{1}{20} \times 2830,5 \\
 &= 141,525 \\
 \sigma &= \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \\
 &= \sqrt{\frac{1}{20-1} \times 73779,24} \\
 &= 62,315 \\
 C_v &= \frac{\sigma}{\bar{x}} \\
 &= \frac{141,525}{62,315} \\
 &= 0,440 \\
 C_s &= \frac{\left(\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \right)}{\sigma^3} \\
 &= \frac{\left(\frac{20}{(20-1)(20-2)} \times 5278236,18 \right)}{(62,315)^3} \\
 &= 1,276 \\
 C_k &= \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)\sigma^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \\
 &= \frac{20^2}{(20-1)(20-2)(20-3)\sigma^4} \times 1286759929,02 \\
 &= 5,871
 \end{aligned}$$

Selanjutnya mencari jenis distribusi probabilitas berdasarkan nilai parameter statistik yang telah diperoleh. Persyaratan parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5.3 Penentuan Distribusi Probabilitas

No	Distribusi	Parameter	Hasil	Ket
1	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	0	1,104 3,944
2	Log Normal	$C_s \approx C_v^3 + 3C_v = 0,167$ $C_k \approx C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 3,049$	3	0,717 3,375
3	Gumbel	$C_s \approx 1,14$ $C_k \approx 5,4$	0.266	1,104 3,944
4	Log Pearson III	Selain dari nilai diatas	3.126	- Dipilih

Berdasarkan Tabel 5.3 dapat diketahui tidak ada parameter yang memenuhi persyaratan sehingga digunakan distribusi probabilitas Log-Person III. Selanjutnya perlu dilakukan uji distribusi probabilitas terhadap jenis distribusi yang telah terpilih menggunakan uji Chi-Kuadrat. Berikut adalah uji Chi-Kuadrat untuk distribusi probabilitas Log-Person III.

Langkah awal adalah mengurutkan nilai data hujan maksimum harian dari kecil ke besar atau sebaliknya serta menghitung parameter statistik untuk distribusi Log-Person III. Perhitungan statistik dengan logaritmik dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Perhitungan Statistik Curah Hujan dengan Logaritmik

No.	Tahun	X_i	Log X_i	(Log X_i - rerata Log X)	(Log X_i - rerata Log X) ²	(Log X_i - rerata Log X) ³	(Log X_i - rerata Log X) ⁴
1	2001	130	2.1123	-0.0008	0.0000	0.0000	0.0000
2	2002	133	2.1239	0.0108	0.0001	0.0000	0.0000
3	2003	93	1.9661	-0.1470	0.0216	-0.0032	0.0005
4	2004	147	2.1673	0.0542	0.0029	0.0002	0.0000
5	2005	153	2.1833	0.0702	0.0049	0.0003	0.0000
6	2006	145	2.1599	0.0468	0.0022	0.0001	0.0000
7	2007	59	1.7672	-0.3459	0.1197	-0.0414	0.0143
8	2008	65	1.8096	-0.3035	0.0921	-0.0280	0.0085
9	2009	240	2.3793	0.2662	0.0709	0.0189	0.0050
10	2010	78	1.8893	-0.2238	0.0501	-0.0112	0.0025
11	2011	193	2.2844	0.1713	0.0294	0.0050	0.0009
12	2012	322	2.5072	0.3941	0.1553	0.0612	0.0241
13	2013	72	1.8573	-0.2558	0.0654	-0.0167	0.0043
14	2014	136	2.1319	0.0188	0.0004	0.0000	0.0000
15	2015	129	2.1089	-0.0042	0.0000	0.0000	0.0000
16	2016	161	2.2055	0.0924	0.0085	0.0008	0.0001
17	2017	196	2.2911	0.1781	0.0317	0.0056	0.0010
18	2018	138	2.1399	0.0268	0.0007	0.0000	0.0000
19	2019	108	2.0314	-0.0817	0.0067	-0.0005	0.0000
20	2020	140	2.1461	0.0330	0.0011	0.0000	0.0000
Jumlah		2831	42.2619	0.0000	0.6637	-0.0088	0.0612

Kemudian mencari nilai parameter statistik untuk hitungan logaritmik sebagai berikut

$$C_s = \frac{\left(\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^3 \right)}{\sigma^3}$$

$$= \frac{\left(\frac{20}{(20-1)(20-2)} \times -0,0088 \right)}{(0,187)^3}$$

$$= -0,079$$

$$\begin{aligned} y_T &= \bar{y} + K_T \times \sigma_y \\ &= 0,088 + (0,837) \times 0,187 \\ &= 2,270 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_T &= \text{arc log } y_T \\ &= \text{arc log } 2,270 \\ &= 186,03 \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung jumlah kelas (K), derajat kebebasan (Dk), dan Chi-Kuadrat Kritis (χ^2_{cr}), maka didapatkan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah data (n)} &= 20 \\ \text{Kelas distribusi (K)} &= 1 + 1,332 \log n \\ &= 1 + 1,322 \log 20 \\ &= 5,322 \approx 6 \\ \text{Parameter (p)} &= 2 \\ \text{Derajat kebebasan (DK)} &= K - (p + 1) \\ &= 6 - (2 + 1) \\ &= 3 \\ \alpha &= 5\% \end{aligned}$$

Nilai X^2_{cr} dengan jumlah data (n) = 20, α = 5%, dan DK = 3 sebesar 7,815.

$$\begin{aligned} \text{Kelas distribusi} &= \frac{1}{K} \times 100\% \\ &= \frac{1}{5} \times 100\% \\ &= 17\% \end{aligned}$$

$$\text{Interval distribusi} = 17\%, 33\%, 50\%, 67\%, 83\%$$

Persentase 17%

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{Px} \\ &= \frac{1}{17\%} \\ &= 6 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Persentase 33%

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{1}{Px} \\
 &= \frac{1}{33\%} \\
 &= 3 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

Persentase 50%

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{1}{Px} \\
 &= \frac{1}{50\%} \\
 &= 2 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

Persentase 67%

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{1}{Px} \\
 &= \frac{1}{67\%} \\
 &= 1,5 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

Persentase 83%

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{1}{Px} \\
 &= \frac{1}{83\%} \\
 &= 1,2 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

Distribusi probabilitas log Pearson III digunakan untuk menentukan interval kelas. Hasil perhitungan statistik logaritma sebelumnya didapatkan nilai C_s sebesar -0,079 yang digunakan untuk menentukan nilai K_T dari nilai T untuk periode ulang.

$$T = 6, \quad \text{maka } K_T = 0,924$$

$$T = 3, \quad \text{maka } K_T = 0,398$$

$$T = 2, \quad \text{maka } K_T = 0,013$$

$$T = 1,5, \quad \text{maka } K_T = -0,497$$

$$T = 1,2, \quad \text{maka } K_T = -1,000$$

$$\text{Standar deviasi } (\sigma) = 0,187$$

$$\begin{aligned}
 \text{Log } X_T &= \underline{y} + (K_T \times \sigma_x) \\
 &= 2,113 + (0,924 \times 0,187) \\
 &= 2,286
 \end{aligned}$$

$$\text{Arc log } X_T = 10^{\log X_T}$$

$$= 10^{\log 2,286}$$

$$= 193,128$$

Sehingga didapatkan interval kelas adalah sebagai berikut.

$$X_6 = 193,128 \text{ mm}$$

$$X_3 = 153,977 \text{ mm}$$

$$X_2 = 130,498 \text{ mm}$$

$$X_{1,5} = 104,763 \text{ mm}$$

$$X_{1,2} = 84,364 \text{ mm}$$

Untuk perhitungan $P(x)$ yang lainnya dicari dengan cara yang sama dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.5 dibawah ini.

Tabel 5.5 Nilai Interval Kelas Data Hujan Maksimum

P(%)	T	Cs	Kt	Log X	X (mm)
16,67	6	-0,079	0,924	2,286	193,128
33,33	3	-0,079	0,398	2,187	153,977
50,00	2	-0,079	0,013	2,116	130,498
66,67	1.5	-0,079	-0,497	2,020	104,763
83,33	1.2	-0,079	-1,000	1,926	84,364

Langkah terakhir yaitu mencari nilai Chi-Kuadrat (X^2), berikut dapat dilihat pada Tabel 5.6 di bawah ini.

Tabel 5.6 Pengujian Chi-Kuadrat

No	Interval	OF	EF	(OF - EF) ²	(OF - EF) ² / EF
1	< 84.364	4	3,33	0,44	0,133
2	84.364 < X < 104.763	1	3,33	5,44	1,633
3	104.763 < X < 130.498	3	3,33	0,11	0,033
4	130.498 < X < 153.977	7	3,33	7,11	2,133
5	153.977 < X < 193.128	2	3,33	1,78	0,533
6	> 193.128	3	3,33	0,11	0,033
Jumlah		20	20	χ^2	6,400

Berdasarkan hasil yang diperoleh nilai Chi-Kuadrat (X^2) sebesar 6,4 dan nilai Chi-Kuadrat Kritis (χ^2_r) sebesar 7,815. Karena Chi-Kuadrat yang didapat dari hasil analisis lebih kecil dari Chi-Kuadrat Kritis dapat disimpulkan bahwa sampel distribusi yang digunakan dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Dengan rekapitulasi hujan rancangan kala ulang 2 dan 5 tahun disajikan pada Tabel 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5.7 Rekapitulasi data hujan rancangan kala ulang 2 tahun dan 5 tahun

Periode ulang (Tahun)	Distribusi Log Pearson Tipe III (mm)
2	130,50
5	186,03

5.1.3. Analisis Debit Rancangan

1. Koefisien Limpasan (C)

Dalam satu *catchment area* biasanya terdiri dari beberapa jenis permukaan lahan. Karena memiliki permukaan lahan yang beragam maka akan memiliki koefisien limpasan yang beragam juga, sehingga perlu mencari nilai koefisien gabungan terlebih dahulu pada setiap *catchment area*. Berikut adalah perhitungan koefisien limpasan untuk *catchment area* pada saluran 1.

$$\begin{aligned}
 C_1 \text{ (FIAI)} &= 0,9 \\
 A_1 \text{ (FIAI)} &= 0,285 \text{ ha} \\
 C_2 \text{ (Paving)} &= 0,5 \\
 A_2 \text{ (Paving)} &= 0,112 \text{ ha} \\
 C_3 \text{ (Halaman)} &= 0,17 \\
 A_3 \text{ (Halaman)} &= 0,450 \text{ ha} \\
 C &= \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \\
 &= \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \\
 &= \frac{0,9 \cdot 0,285 + 0,5 \cdot 0,112 + 0,17 \cdot 0,450}{0,285 + 0,112 + 0,450} \\
 &= 0,459
 \end{aligned}$$

Koefisien limpasan pada *catchment area* saluran 1 diperoleh sebesar 0,459. Untuk koefisien limpasan yang lain dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut ini.

Tabel 5.8 Koefisien Limpasan Gabungan

No. Saluran	Keterangan	C	A (ha)	C
1	Atap FIAI	0,90	0,285	0,459
	Paving	0,50	0,112	
	Halaman	0,17	0,450	
2	Jalan	0,60	0,069	0,60
3	Halaman	0,17	0,714	0,17
4	Saluran 1	0,459	0,847	0,346
	Saluran 2	0,60	0,069	
	Saluran 3	0,170	0,714	
	Atap GOR	0,90	0,163	
	Paving	0,50	0,132	
	Halaman	0,17	0,630	
	Jalan	0,60	0,048	
5	Atap FTI	0,90	0,315	0,353
	Perumahan	0,45	0,248	
	Halaman	0,17	0,844	
	Parkiran	0,50	0,640	
	Jalan	0,60	0,086	
6	Jalan	0,60	0,074	0,60
7	Saluran 5	0,353	2,133	0,357
	Saluran 6	0,60	0,074	
	Halaman	0,17	0,102	
	Jalan	0,60	0,041	
8	Atap Bangunan	0,90	0,087	0,517
	Halaman	0,17	0,126	
	Jalan	0,60	0,126	
9	Atap LAB TERPADU	0,90	0,196	0,333
	Paving	0,50	0,061	
	Halaman	0,17	0,920	
	Jalan	0,60	0,108	
10	Atap FMIPA	0,90	0,147	0,431
	Atap LAB FK	0,90	0,080	
	Paving	0,50	0,130	
	Halaman	0,17	0,579	
	Parkiran	0,50	0,258	
	Jalan	0,60	0,105	
11	Atap FH	0,90	0,460	0,603
	Halaman	0,17	0,316	
	Jalan	0,60	0,043	
12	Halaman	0,17	0,165	0,26
	Jalan	0,60	0,043	
13	Jalan	0,60	0,072	0,60
14	Atap REKTORAT	0,90	0,119	0,474
	Atap GKU	0,90	0,123	
	Atap HI	0,90	0,204	
	Atap D3 EKONOMI	0,90	0,127	
	Atap FIAI (Baru)	0,90	0,128	
	Halaman	0,17	1,011	
	Jalan	0,60	0,072	
15	Jalan	0,60	0,065	0,60
16	Atap LAB TBK	0,90	0,133	0,556
	Atap FPSB	0,90	0,366	
	Paving	0,50	0,055	

Lanjutan Tabel 5.8 Koefisien Limpasan Gabungan

No. Saluran	Keterangan	C	A (ha)	C
16	Halaman	0,17	0,381	
	Parkiran	0,50	0,446	
	Jalan	0,60	0,065	
17	Jalan	0,60	0,027	0,60
18	Atap ULIL ALBAB	0,90	0,200	0,673
	Parkiran	0,50	0,250	
	Jalan	0,60	0,027	
19	Jalan	0,60	0,082	0,60
20	Atap PERPUSTAKAAN	0,90	0,190	0,408
	Halaman	0,17	0,445	
	Jalan	0,60	0,065	
21	Halaman	0,17	0,172	0,386
	Parkiran	0,50	0,228	
	Jalan	0,60	0,053	
22	Saluran 21	0,386	0,453	0,373
	Atap ASRAMA PUTRI	0,90	0,113	
	Atap Perumahan	0,90	0,103	
	Halaman	0,17	0,818	
	Parkiran	0,50	0,159	
	Jalan	0,60	0,112	
23	Atap BOOKSTORE	0,90	0,153	0,395
	Atap Perumahan	0,90	0,038	
	Paving	0,50	0,038	
	Halaman	0,17	0,658	
	Parkiran	0,50	0,026	
	Jalan	0,60	0,220	
24	Jalan	0,60	0,220	0,60

2. Waktu Konsentrasi (tc)

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol). Waktu konsentrasi dapat dicari dengan menggunakan persamaan 3.17. Berikut adalah perhitungan waktu konsentrasi pada saluran nomor 1.

$$\begin{aligned}
 A &= A_{\text{Atap FIAI}} + A_{\text{Paving}} + A_{\text{Halaman}} \\
 &= 0,00285 + 0,00112 + 0,00450 \\
 &= 0,00847 \text{ km}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_c &= 0,76 \cdot A^{0,38} \\
 &= 0,76 \cdot 0,00847^{0,38} \\
 &= 0,1240 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, rekapitulasi hasil perhitungan waktu konsentrasi (tc) dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut ini.

Tabel 5.9 Rekapitulasi Perhitungan Nilai Waktu Konsentrasi

No. Saluran	A (km ²)	tc (jam)
1	0,00847	0,1240
2	0,00069	0,0478
3	0,00714	0,1162
4	0,00989	0,1315
5	0,02133	0,1761
6	0,00074	0,0491
7	0,00165	0,0666
8	0,00339	0,0876
9	0,01285	0,1453
10	0,01299	0,1459
11	0,00819	0,1224
12	0,00208	0,0727
13	0,00072	0,0486
14	0,01784	0,1646
15	0,00065	0,0467
16	0,01446	0,1519
17	0,00027	0,0334
18	0,00477	0,0997
19	0,00082	0,0511
20	0,00700	0,1153
21	0,00453	0,0578
22	0,01310	0,1463
23	0,01133	0,1385
24	0,00220	0,0743

3. Intensitas Hujan (I)

Selanjutnya mencari besar intensitas hujan menggunakan persamaan Mononobe seperti pada persamaan 3.16 dengan asumsi nilai dari durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi (tc). Besar curah hujan maksimum selama 24 jam (R₂₄) merupakan nilai hujan rancangan dengan kala ulang 5 tahun yaitu 186,027 mm/hari. Berikut adalah perhitungan intensitas hujan pada saluran 1.

$$R_{24} = 186,027 \text{ mm}$$

$$t_c = 0,1240 \text{ Jam}$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{R_{24} \cdot 24^{\frac{2}{3}}}{24 \cdot T_c} \\
 &= \frac{186,027 \cdot 24^{\frac{2}{3}}}{24 \cdot 0,1240} \\
 &= 259,358 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

Intensitas hujan yang diperoleh pada saluran nomor 1 sebesar 259,358 mm/jam. Berdasarkan perhitungan yang sama diperoleh hasil rekapitulasi perhitungan intensitas hujan seperti pada Tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Intensitas Hujan Kala Ulang 5 Tahun

No. Saluran	R ₂₄ (mm)	tc (jam)	I (mm/jam)
1	186,027	0,1240	259.358
2	186,027	0,0478	489.540
3	186,027	0,1162	270.827
4	186,027	0,1315	195.153
5	186,027	0,1761	205.251
6	186,027	0,0491	480.940
7	186,027	0,0666	200.275
8	186,027	0,0876	327.074
9	186,027	0,1453	233.368
10	186,027	0,1459	232.728
11	186,027	0,1224	261.576
12	186,027	0,0727	370.158
13	186,027	0,0486	484.290
14	186,027	0,1646	214.755
15	186,027	0,0467	497.002
16	186,027	0,1519	226.492
17	186,027	0,0334	620.894
18	186,027	0,0997	299.966
19	186,027	0,0511	468.594
20	186,027	0,1153	272.190
21	186,027	0,0578	303.915
22	186,027	0,1463	215.555
23	186,027	0,1385	240.930
24	186,027	0,0743	364.935

4. Debit Rancangan (Q)

Nilai debit rancangan didapatkan dengan menggunakan metode Rasional. Berikut adalah salah satu contoh uraian perhitungan debit limpasan pada *catchment area* di saluran 1.

$$\bar{C} = 0,459$$

$$I = 258,358 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0,8470 \text{ ha}$$

$$Q_1 = 0,002778 \cdot \bar{C} \cdot I \cdot A$$

$$= 0,002778 \cdot 0,459 \cdot 258,358 \cdot 0,8470$$

$$= 0,280 \text{ m}^3/\text{det}$$

Besar debit limpasan pada saluran 1 diperoleh sebesar 0,280 m³/detik. Untuk mencari besar debit limpasan di saluran yang lain dilakukan dengan cara yang sama dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut ini.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Perhitungan Debit Limpasan Saluran Drainase

No. Saluran	$\bar{C}$	I (mm/jam)	A (ha)	Q ₁ (m ³ /det)
1	0,459	259,358	0,8470	0,280
2	0,600	489,540	0,069	0,056
3	0,170	270,827	0,7140	0,091
4	0,346	195,153	2,603	0,488
5	0,353	205,251	2,133	0,430
6	0,600	480,940	0,074	0,059
7	0,357	200,275	2,350	0,467
8	0,517	327,074	0,339	0,159
9	0,333	233,368	1,285	0,278
10	0,431	232,728	1,299	0,362
11	0,603	261,576	0,819	0,359
12	0,259	370,158	0,208	0,055
13	0,600	484,290	0,072	0,058
14	0,474	214,755	1,784	0,505
15	0,600	497,002	0,065	0,054
16	0,556	226,492	1,446	0,506
17	0,600	620,894	0,027	0,028
18	0,673	299,966	0,477	0,268
19	0,600	468,594	0,082	0,064
20	0,408	272,190	0,700	0,216
21	0,386	303,915	0,453	0,148
22	0,373	215,555	1,758	0,393
23	0,395	240,930	1,133	0,300
24	0,600	364,935	0,220	0,134

5.1.4. Dimensi Saluran Tanpa Sumur Resapan

Setelah debit limpasan setiap saluran diketahui, selanjutnya adalah menghitung dimensi saluran drainase yang ekonomis. Berikut adalah contoh perhitungan pada saluran 1.

$$Q = 0,280 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$n = 0,012$$

$$S_o = 0,0049$$

$$\begin{aligned}
 h &= \left(\frac{Q \cdot n}{\frac{1}{2^3} \cdot \frac{1}{So^2}} \right)^{\frac{3}{8}} \\
 &= \left(\frac{0,280 \cdot 0,012}{\frac{1}{2^3} \cdot 0,0049^2} \right)^{\frac{3}{8}} \\
 &= 0,294 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B &= 2h \\
 &= 2 \cdot 0,294 \\
 &= 0,588 \text{ m} \\
 &\approx 59 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$f = 0,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 H &= h + f \\
 &= 0,294 + 0,4 \\
 &= 0,694 \text{ m} \\
 &\approx 69 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= B \cdot H \\
 &= 59 \cdot 69 \\
 &= 4071 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Diperoleh dimensi saluran yang ekonomis dengan lebar penampang (B) 59 cm, tinggi penampang (H) 69 cm dan luas penampang (A_1) 4071 cm². Pada saluran yang lain dilakukan perhitungan dengan cara yang sama dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut ini.

Tabel 5.12 Dimensi Saluran Tanpa Sumur Resapan

No. Saluran	Q (m ³ /det)	f (m)	S _o (m)	h (m)	B (cm)	H (cm)	A ₁ (cm ²)
1	0,280	0,4	0,0049	0,294	59	69	4071
2	0,056	0,4	0,0270	0,117	23	52	1196
3	0,091	0,4	0,0177	0,151	30	55	1650
4	0,488	0,4	0,0060	0,348	70	75	5250
5	0,430	0,4	0,0120	0,292	58	69	4002
6	0,059	0,4	0,0217	0,124	25	52	1300
7	0,467	0,5	0,0102	0,310	62	71	4402
8	0,159	0,4	0,0087	0,213	43	61	2623
9	0,278	0,4	0,0174	0,231	46	63	2898
10	0,362	0,4	0,0193	0,250	50	65	3250
11	0,359	0,4	0,0294	0,230	46	63	2898
12	0,055	0,4	0,0299	0,114	23	51	1173
13	0,058	0,4	0,0102	0,142	28	54	1512
14	0,505	0,4	0,0235	0,273	55	67	3685
15	0,054	0,4	0,0223	0,119	24	52	1248
16	0,506	0,4	0,0028	0,407	81	81	6561
17	0,028	0,4	0,0122	0,104	21	50	1050
18	0,268	0,4	0,0051	0,287	57	69	3933
19	0,064	0,4	0,0274	0,122	24	52	1248
20	0,216	0,4	0,0315	0,188	38	59	2242
21	0,148	0,4	0,0086	0,208	42	61	2562
22	0,393	0,4	0,0176	0,262	52	66	3432
23	0,300	0,4	0,0119	0,255	51	66	3366
24	0,134	0,4	0,0082	0,202	40	60	2400

5.1.5. Dimensi dan Jumlah Sumur Resapan

1. Nilai permeabilitas tanah

Pada penelitian ini sumur resapan direncanakan untuk menyerap limpasan air hujan yang jatuh di atap bangunan saja. Oleh karena itu letak sumur resapan tidak akan jauh dari bangunan. Nilai permeabilitas tanah tiap lokasi bangunan yang direncanakan menggunakan sumur resapan tentunya berbeda – beda.

Untuk menentukan nilai permeabilitas tanah di setiap bangunan, digunakan nilai permeabilitas dari lokasi pengujian permeabilitas tanah yang paling dekat dengan bangunan yang ditinjau. Sebagai contoh posisi Masjid Ulil Albab

berada dekat dengan lokasi pengujian nomor 4, sehingga nilai permeabilitas yang digunakan adalah $6,51 \times 10^{-6}$ m/detik. Untuk bangunan yang lain, nilai permeabilitas tanahnya dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut ini.

Tabel 5.13 Nilai Permeabilitas Tanah di Lokasi Bangunan

No.	Nama Gedung	No. Lokasi Pengujian	Permeabilitas Tanah
1	FIAI	2	$1,04 \cdot 10^{-5}$
2	GOR	1	$6,60 \cdot 10^{-6}$
3	FTI	2	$1,04 \cdot 10^{-5}$
4	LAB TERPADU	8	$4,90 \cdot 10^{-5}$
5	FMIPA	8	$4,90 \cdot 10^{-5}$
6	LAB FK	8	$4,90 \cdot 10^{-5}$
7	FH	6	$7,98 \cdot 10^{-5}$
8	REKTORAT	8	$4,90 \cdot 10^{-5}$
9	GKU	3	$1,64 \cdot 10^{-5}$
10	HI	4	$6,51 \cdot 10^{-6}$
11	D3 EKONOMI	3	$1,64 \cdot 10^{-5}$
12	FIAI (Baru)	4	$6,51 \cdot 10^{-6}$
13	LAB TBK	8	$4,90 \cdot 10^{-5}$
14	FPSB & FK	4	$6,51 \cdot 10^{-6}$
15	ULIL ALBAB	4	$6,51 \cdot 10^{-6}$
16	PERPUSTAKAAN	4	$6,51 \cdot 10^{-6}$
17	ASRAMA PUTRI	4	$6,51 \cdot 10^{-6}$
18	BOOKSTORE	5	$5,54 \cdot 10^{-5}$

2. Besar beban hujan yang jatuh di atap bangunan

Selanjutnya menghitung besar debit limpasan dari atap bangunan. Tapi sebelumnya perlu mencari nilai Intensitas hujan terlebih dahulu dengan asumsi lama durasi hujan (T_d) adalah 2 jam.

$$R_{24} = 186,027 \text{ mm}$$

$$T_d = 2 \text{ Jam}$$

$$I = \frac{R_{24} \cdot 24^{\frac{2}{3}}}{24 \cdot (T_d)}$$

$$= \frac{186,027 \cdot 24^{\frac{2}{3}}}{24 \cdot (2)}$$

$$= 40,627 \text{ mm/jam}$$

Selanjutnya menghitung debit limpasan air hujan pada atap bangunan yang dialirkan ke sumur resapan. Koefisien limpasan atap sebesar 0,9, intensitas hujan sebesar 26,827 mm/jam, dan luas atap bangunan diperoleh dari Google Maps. Berikut perhitungan debit limpasan yang jatuh di atap bangunan FIAI.

$$C_{\text{atap}} = 0,9$$

$$I = 40,627 \text{ mm/jam}$$

$$A_{\text{atap}} = 0,285 \text{ ha}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{atap}} &= 0,002778 \cdot C_{\text{atap}} \cdot I \cdot A_{\text{atap}} \\ &= 0,002778 \cdot 0,9 \cdot 40,627 \cdot 0,285 \\ &= 0,02871 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Debit limpasan dari atap bangunan FIAI diperoleh sebesar 0,02871 m³/detik.

Untuk bangunan yang lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut ini.

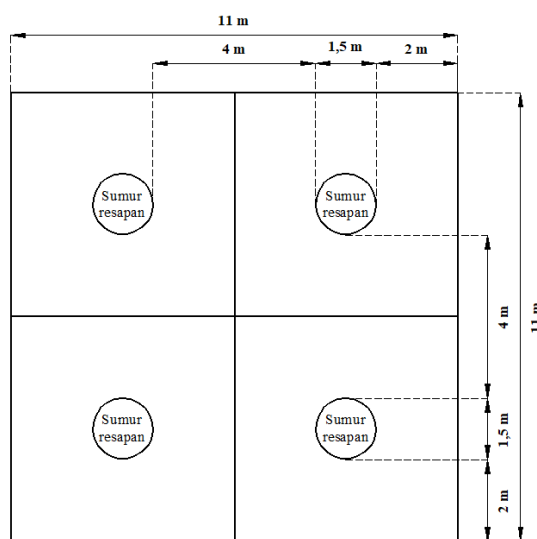
Tabel 5.14 Debit Limpasan pada Atap Bangunan

No.	Nama Bangunan	C	I (mm/jam)	A _{atap} (km ²)	Q _{atap} (m ³ /det)
1	FIAI	0,90	40,627	0.285	0.02871
2	GOR	0,90	40,627	0.163	0.01642
3	FTI	0,90	40,627	0.315	0.03174
4	LAB TERPADU	0,90	40,627	0.196	0.01975
5	FMIPA	0,90	40,627	0.147	0.01481
6	LAB FK	0,90	40,627	0.080	0.00806
7	FH	0,90	40,627	0.460	0.04634
8	REKTORAT	0,90	40,627	0.119	0.01199
9	GKU	0,90	40,627	0.123	0.01239
10	HI	0,90	40,627	0.204	0.02055
11	D3 EKONOMI	0,90	40,627	0.127	0.01280
12	FIAI (Baru)	0,90	40,627	0.128	0.01290
13	LAB TBK	0,90	40,627	0.133	0.01340
14	FPSB & FK	0,90	40,627	0.366	0.03687
15	ULIL ALBAB	0,90	40,627	0.200	0.02015
16	PERPUSTAKAAN	0,90	40,627	0.190	0.01914
17	ASRAMA PUTRI	0,90	40,627	0.113	0.01138

18	BOOKSTORE	0,90	40,627	0.153	0.01541
Jumlah					0,35282

3. Jumlah maksimum sumur resapan yang bisa dibangun

Keterbatasan lahan membuat jumlah sumur resapan yang dibutuhkan tidak dapat dibangun seluruhnya. Jika dalam perhitungan diperoleh jumlah sumur resapan yang dibutuhkan melebihi jumlah maksimum yang bisa dibangun, maka kedalaman sumur resapan perlu dibuat lebih dalam lagi.



Gambar 5.2 Tata Letak Sumur Resapan

Dengan menggunakan diameter sumur resapan 1,5 m dan jarak antar sumur resapan 4 m seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.7, maka dapat diketahui untuk 1 sumur resapan bisa mewakili lahan seluas 30,25 m². Berikut adalah contoh perhitungan jumlah sumur resapan yang dimungkinkan bisa dibangun pada lahan bangunan FIAI.

$$A_{\text{Lahan Tersedia}} = 572 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{Lahan 1 sumur}} = 30,25 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{Sumur max}} &= \frac{A_{\text{Lahan Tersedia}}}{A_{\text{Lahan 1 Sumur}}} \\
 &= \frac{572}{30,25} \\
 &= 18,91 \\
 &\approx 18 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Dari hasil yang diperoleh jumlah maksimum sumur yang bisa dibangun hanya

18 buah. Untuk bangunan yang lain dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut ini.

Tabel 5.15 Jumlah Maksimum Sumur Resapan

No.	Nama Bangunan	Luas Lahan Tersedia (m ²)	n sumur max
1	FIAI	572	18
2	GOR	1011	33
3	FTI	768	25
4	LAB TERPADU	640	21
5	FMIPA	475	15
6	LAB FK	324	10
7	FH	981	32
8	REKTORAT	310	10
9	GKU	256	8
10	HI	382	12
11	D3 EKONOMI	814	26
12	FIAI (Baru)	458	15
13	LAB TBK	310	10
14	FPSB & FK	427	14
15	ULIL ALBAB	650	21
16	PERPUSTAKAAN	910	30
17	ASRAMA PUTRI	366	12
18	BOOKSTORE	349	11

4. Dimensi dan jumlah sumur resapan yang dipakai

Sumur resapan direncanakan memakai diameter 1,5 m dengan kedalaman sumur menyesuaikan kebutuhan di setiap bangunan. Berikut adalah contoh perhitungan jumlah sumur resapan pada bangunan FIAI dengan lama waktu durasi hujan (Td) 2 jam.

$$\begin{aligned}
 n_{\text{sumur max}} &= 18 \text{ buah} \\
 Q_{\text{atap}} &= 0,0287 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 K &= 1,04 \cdot 10^{-5} \text{ m/detik} \\
 T_d &= 7200 \text{ detik} \\
 R &= 0,75 \text{ m} \\
 F &= 2\pi \cdot R \\
 &= 2\pi \cdot 0,75
 \end{aligned}$$

$$= 4,7124 \text{ m}$$

Trial 1

$$H = 3 \text{ m}$$

$$Q_{1 \text{ sumur}} = \frac{F \cdot K \cdot H}{\left(1 - e^{-\frac{F \cdot K \cdot T d}{\pi R^2}}\right)}$$

$$= \frac{4.7124 \cdot 1.04 \cdot 10^{-5} \cdot 3}{\left(1 - e^{-\frac{4.7124 \cdot 1.04 \cdot 10^{-5} \cdot 7200}{\pi \cdot 0.75^2}}\right)}$$

$$= 0,000812 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$n_{\text{sumur}} = \frac{Q_{\text{atap}}}{Q_{1 \text{ sumur}}}$$

$$= \frac{0,0287}{0,000812}$$

$$= 35,35 \text{ buah}$$

$$\approx 35 \text{ buah (n sumur pakai} > \text{n sumur max)}$$

Trial 2

$$H = 6 \text{ m}$$

$$Q_{1 \text{ sumur}} = \frac{F \cdot K \cdot H}{\left(1 - e^{-\frac{F \cdot K \cdot T d}{\pi R^2}}\right)}$$

$$= \frac{4.7124 \cdot 1.04 \cdot 10^{-5} \cdot 4}{\left(1 - e^{-\frac{4.7124 \cdot 1.04 \cdot 10^{-5} \cdot 7200}{\pi \cdot 0.75^2}}\right)}$$

$$= 0,00162 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$n_{\text{sumur}} = \frac{Q_{\text{atap}}}{Q_{1 \text{ sumur}}}$$

$$= \frac{0,0287}{0,00162}$$

$$= 17,68 \text{ buah}$$

$$\approx 18 \text{ buah (n sumur pakai} < \text{n sumur max)}$$

Dari hasil yang diperoleh dibutuhkan sumur resapan sebanyak 18 buah dengan diameter 1,5 m dan kedalaman 4 m untuk meresapkan seluruh debit limpasan pada atap bangunan FIAI. Jumlah sumur resapan pada bangunan yang lain dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut ini.

Tabel 5.16 Dimensi dan Jumlah Sumur Resapan yang Dibutuhkan

No.	Nama Bangunan	Q atap (m ³ /det)	D (m)	H (m)	h sumur (m)	n sumur pakai
1	FIAI	0.0287	1.5	107.01	4	18
2	GOR	0.0164	1.5	63.40	3	21
3	FTI	0.0317	1.5	118.27	3,5	20
4	LAB TERPADU	0.0197	1.5	52.60	3	18
5	FMIPA	0.0148	1.5	39.45	3	14
6	LAB FK	0.0081	1.5	21.47	3	8
7	FH	0.0463	1.5	97.46	3	25
8	REKTORAT	0.0120	1.5	33.58	3	9
9	GKU	0.0124	1.5	43.70	4	8
10	HI	0.0206	1.5	80.03	4,5	12
11	D3 EKONOMI	0.0128	1.5	45.12	3	15
12	FIAI (Baru)	0.0129	1.5	49.83	3,5	13
13	LAB TBK	0.0134	1.5	37.53	3	10
14	FPSB & FK	0.0369	1.5	143.59	7	13
15	ULIL ALBAB	0.0201	1.5	77.87	3	20
16	PERPUSTAKAAN	0.0191	1.5	73.97	3	25
17	ASRAMA PUTRI	0.0114	1.5	43.99	3	11
18	BOOKSTORE	0.0154	1.5	39.00	3	10

5.1.6. Debit Aliran Setelah Ada Sumur Resapan

1. Koefisien aliran tanpa luasan atap

Nilai koefisien limpasan gabungan sebelum dan sesudah adanya sumur resapan akan berbeda. Karena air hujan yang jatuh di atap bangunan dialirkan ke dalam sumur resapan, sehingga atap bangunan tidak lagi memberi pengaruh koefisien limpasan gabungan pada suatu *catchment area*. Berikut adalah perhitungan koefisien limpasan gabungan untuk *catchment area* pada saluran 1.

$$C_1 \text{ (FIAI)} = 0,9$$

$$A_1 \text{ (FIAI)} = 0 \text{ ha}$$

$$C_2 \text{ (Paving)} = 0,5$$

$$A_2 \text{ (Paving)} = 0,112 \text{ ha}$$

$$C_3 \text{ (Halaman)} = 0,17$$

$$A_3 \text{ (Halaman)} = 0,450 \text{ ha}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{C} &= \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \\
 &= \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \\
 &= \frac{0,9 \cdot 0 + 0,5 \cdot 0,112 + 0,17 \cdot 0,450}{0 + 0,112 + 0,450} \\
 &= 0,236
 \end{aligned}$$

Koefisien limpasan gabungan pada *catchment area* saluran 1 diperoleh sebesar 0,236. Koefisien limpasan yang lain dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut ini.

Tabel 5.17 Koefisien Limpasan Sesudah Ada Sumur Resapan

No. Saluran	Keterangan	C	A	C
1	Atap FIAI	0,90	-	0,236
	Paving	0,50	0,112	
	Halaman	0,17	0,450	
2	Jalan	0,60	0,069	0,60
3	Halaman	0,17	0,714	0,17
4	Saluran 1	0,459	0,562	0,231
	Saluran 2	0,60	0,069	
	Saluran 3	0,17	0,714	
	Atap GOR	0,90	-	
	Paving	0,50	0,132	
	Halaman	0,17	0,630	
	Jalan	0,60	0,048	
5	Atap FTI	0,90	-	0,149
	Perumahan	0,45	0,248	
	Halaman	0,17	0,844	
	Parkiran	0,50	0,64	
	Jalan	0,60	0,086	
6	Jalan	0,60	0,074	0,60
7	Saluran 5	0,149	1,818	0,176
	Saluran 6	0,60	0,074	
	Halaman	0,17	0,102	
	Jalan	0,60	0,041	
8	Atap Bangunan	0,90	0,087	0,517
	Halaman	0,17	0,126	
	Jalan	0,60	0,126	
	Atap LAB TERPADU	0,90	-	
	Paving	0,50	0,061	

9	Halaman	0,17	0,920	0,231
	Jalan	0,60	0,108	
10	Atap FMIPA	0,90	-	0,332
	Atap LAB FK	0,90	-	
	Paving	0,50	0,130	
	Halaman	0,17	0,579	
	Parkiran	0,50	0,258	
	Jalan	0,60	0,105	
11	Atap FH	0,90	-	0,222
	Halaman	0,17	0,316	
	Jalan	0,60	0,043	
12	Halaman	0,17	0,165	0,259
	Jalan	0,60	0,043	
13	Jalan	0,60	0,072	0,60
14	Atap REKTORAT	0,90	-	0,199
	Atap GKU	0,90	-	
	Atap HI	0,90	-	
	Atap D3 EKONOMI	0,90	-	
	Atap FIAI (Baru)	0,90	-	
	Halaman	0,17	1,011	
	Jalan	0,60	0,072	
15	Jalan	0,60	0,065	0,60
16	Atap LAB TBK	0,90	-	0,374
	Atap FPSB	0,90	-	
	Paving	0,50	0,055	
	Halaman	0,17	0,381	
	Parkiran	0,50	0,446	
	Jalan	0,60	0,065	
17	Jalan	0,60	0,027	0,60
18	Atap ULIL ALBAB	0,90	-	0,510
	Parkiran	0,50	0,250	
	Jalan	0,60	0,027	
19	Jalan	0,60	0,082	0,60
20	Atap PERPUSTAKAAN	0,90	-	0,225
	Halaman	0,17	0,445	
	Jalan	0,60	0,065	
21	Halaman	0,17	0,172	0,386
	Parkiran	0,50	0,228	
	Jalan	0,60	0,053	
	Saluran 21	0,386	0,453	

22	Atap ASRAMA PUTRI	0,90	-	0,336
	Atap Perumahan	0,90	0,103	
	Halaman	0,17	0,818	
	Parkiran	0,50	0,159	
	Jalan	0,60	0,112	
23	Atap BOOKSTORE	0,90	-	0,316
	Atap Perumahan	0,90	0,038	
	Paving	0,50	0,038	
	Halaman	0,17	0,658	
	Parkiran	0,50	0,026	
	Jalan	0,60	0,220	
24	Jalan	0,60	0,220	0,60

2. Debit rancangan setelah ada sumur resapan

Debit rancangan pada *catchment area* dihitung menggunakan perhitungan yang sama seperti sebelumnya, hanya saja menggunakan koefisien limpasan gabungan ($\bar{C}$) yang baru, yaitu tanpa beban hujan yang jatuh di atap. Berikut adalah contoh perhitungan debit rancangan pada *catchment area* di saluran 1.

$$\bar{C} = 0,236$$

$$I = 259,358 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0,562 \text{ ha}$$

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= 0,002778 \cdot \bar{C} \cdot I \cdot A \\
 &= 0,002778 \cdot 0,236 \cdot 259,358 \cdot 0,562 \\
 &= 0,09556 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Besar debit limpasan pada *catchment area* di saluran 1 diperoleh sebesar 0,09556 m³/detik. Untuk besar debit limpasan pada *catchment area* di saluran yang lain hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut ini.

Tabel 5.18 Debit Rancangan Setelah Ada Sumur Resapan

No. Saluran	$\bar{C}$	I (mm/jam)	A (ha)	Q ₂ (m ³ /det)
1	0,236	259,358	0,562	0,09556
2	0,600	489,540	0,069	0,05630
3	0,170	270,827	0,714	0,09132
4	0,231	195,153	2,155	0,26988
5	0,149	205,251	1,818	0,15445
6	0,600	480,940	0,074	0,05932

7	0,176	200,275	2,035	0,19927
8	0,517	327,074	0,339	0,15925
9	0,231	233,368	1,089	0,16308
10	0,332	232,728	1,072	0,23010
11	0,222	261,576	0,359	0,05791
12	0,259	370,158	0,208	0,05540
13	0,600	484,290	0,072	0,05812
14	0,199	214,755	1,083	0,12858
15	0,600	497,002	0,065	0,05385
16	0,374	226,492	0,947	0,22285
17	0,600	620,894	0,027	0,02794
18	0,510	299,966	0,277	0,11772
19	0,600	468,594	0,082	0,06405
20	0,225	272,190	0,510	0,08677
21	0,386	303,915	0,453	0,14763
22	0,336	215,555	1,645	0,33098
23	0,316	240,930	0,980	0,20727
24	0,600	364,935	0,220	0,13382

5.1.7. Dimensi Saluran Setelah Ada Sumur Resapan

Selanjutnya adalah menghitung dimensi saluran drainase yang ekonomis menggunakan debit limpasan yang baru. Berikut adalah perhitungan di saluran 1.

$$Q_2 = 0,09556 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$n = 0,012$$

$$S_o = 0,0049$$

$$h = \left(\frac{Q_2 \cdot n}{2^{3/2} \cdot S_o^{1/2}} \right)$$

$$= \left(\frac{0,09556 \cdot 0,012}{2^{3/2} \cdot 0,0049^{1/2}} \right)$$

$$= 0,196 \text{ m}$$

$$B = 2 \cdot h$$

$$= 2 \cdot 0,196$$

$$= 0,39 \text{ m}$$

$$\approx 39 \text{ cm}$$

$$f = 0,4 \text{ m}$$

$$H = h + f$$

$$= 0,37 + 0,4$$

$$= 0,59 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 &\approx 59 \text{ cm} \\
 A_2 &= B \cdot H \\
 &= 39 \cdot 60 \\
 &= 2340 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Diperoleh dimensi penampang saluran yang ekonomis dengan lebar penampang (B) 39 cm, tinggi penampang (H) 60 cm dan luas penampang (A_2) 2340 cm^2 . Hasil perhitungan dari saluran yang lain dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut ini.

Tabel 5.19 Dimensi Saluran Setelah Ada Sumur Resapan

No. Saluran	Q_2 (m^3/det)	f (m)	S_o (m)	h (m)	B (cm)	H (cm)	A_2 (cm^2)
1	0.09556	0,40	0,0049	0,196	39	60	2340
2	0.05630	0,40	0,0270	0,117	23	52	1196
3	0.09132	0,40	0,0177	0,152	30	55	1650
4	0.26988	0,40	0,0060	0,279	56	68	3808
5	0.15445	0,40	0,0120	0,199	40	60	2400
6	0.05932	0,40	0,0217	0,124	25	52	1300
7	0.19927	0,40	0,0102	0,225	45	63	2835
8	0.15925	0,40	0,0087	0,213	43	61	2623
9	0.16308	0,40	0,0174	0,189	38	59	2242
10	0.23010	0,40	0,0193	0,211	42	61	2562
11	0.05791	0,40	0,0294	0,116	23	52	1196
12	0.05540	0,40	0,0299	0,114	23	51	1173
13	0.05812	0,40	0,0102	0,142	28	54	1512
14	0.12858	0,40	0,0235	0,163	33	56	1848
15	0.05385	0,40	0,0223	0,119	24	52	1248
16	0.22285	0,40	0,0028	0,299	60	70	4200
17	0.02794	0,40	0,0122	0,104	21	50	1050
18	0.11772	0,40	0,0051	0,211	42	61	2562
19	0.06405	0,40	0,0274	0,122	24	52	1248
20	0.08677	0,40	0,0315	0,134	27	53	1431
21	0.14763	0,40	0,0086	0,208	42	61	2562
22	0.33098	0,40	0,0176	0,246	49	65	3185
23	0.20727	0,40	0,0119	0,222	44	62	2728
24	0.13382	0,40	0,0082	0,202	40	60	2400

5.2. Hasil

Dari hasil perhitungan debit dan dimensi saluran drainase pada wilayah UII ketika ada dan tidak ada sumur resapan, dapat diketahui seberapa besar pengaruh

sumur resapan dalam mereduksi debit limpasan.

5.2.1. Dimensi Saluran Sebelum dan Sesudah Ada Sumur Resapan

Hasil perbandingan dimensi saluran sebelum dan sesudah ada sumur resapan dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut ini.

Tabel 5.20 Pengurangan Luas Penampang Tiap Saluran

No. Saluran	A ₁ (cm ²)	A ₂ (cm ²)	Selisih Luas (cm ²)	%
1	4071	2340	1731	42,520
4	1196	1196	0	0,000
5	1650	1650	0	0,000
7	5250	3808	1442	27,467
9	4002	2400	1602	40,030
10	1300	1300	0	0,000
11	4402	2835	1567	35,597
14	2623	2623	0	0,000
16	2898	2242	656	22,636
18	3250	2562	688	21,169
20	2898	1196	1702	58,730
22	1173	1173	0	0,000
23	1512	1512	0	0,000
24	3685	1848	1837	4,851

Besar pengurangan luas penampang saluran drainase terbesar terdapat pada saluran nomor 20 dengan besar reduksi 58,73%. Sedangkan pengurangan luas penampang saluran drainase terkecil terdapat pada saluran nomor 18 dengan besar reduksi 21,169 %.

5.2.2. Debit Limpasan Sebelum dan Sesudah Ada Sumur Resapan

Hasil perbandingan debit limpasan sebelum dan sesudah ada sumur resapan dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut ini.

Tabel 5.21 Pengurangan Debit Limpasan Tiap Saluran

No. Saluran	Q1 (m ³ /det)	Q2 (m ³ /det)	Selisih (m ³ /det)	%	Ket.
1	0,280	0,096	0,184	65,87%	Kali Pelang
2	0,056	0,056	0,000	0,00%	
3	0,091	0,091	0,000	0,00%	
4	0,488	0,270	0,218	44,70%	
5	0,430	0,154	0,276	64,08%	Kali Bojotan
6	0,059	0,059	0,000	0,00%	
7	0,467	0,199	0,268	57,33%	

Lanjutan Tabel 5.21 Pengurangan Debit Limpasan Tiap Saluran

No. Saluran	Q1 (m ³ /det)	Q2 (m ³ /det)	Selisih (m ³ /det)	%	Ket.
8	0,159	0,159	0,000	0,00%	
9	0,278	0,163	0,115	41,34%	
10	0,362	0,230	0,132	36,44%	
11	0,359	0,058	0,301	83,87%	
12	0,055	0,055	0,000	0,00%	
13	0,058	0,058	0,000	0,00%	Kali Kimpulan
14	0,505	0,129	0,376	74,54%	
15	0,054	0,054	0,000	0,28%	
16	0,506	0,223	0,283	55,96%	
17	0,028	0,028	0,000	021%	
18	0,268	0,118	0,150	56,07%	
19	0,064	0,064	0,000	0,00%	
20	0,216	0,087	0,129	59,83%	
21	0,148	0,148	0,000	0,25%	Kali Kladuan
22	0,393	0,331	0,062	15,78%	
23	0,300	0,207	0,093	30,91%	
24	0,134	0,134	0,000	0,13%	

Untuk mengetahui besar debit yang diterima tiap badan sungai dapat diketahui dengan cara menjumlahkan besar debit tiap saluran terakhir yang menuju badan sungai yang sama. Besar debit yang diterima masing – masing sungai dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut ini.

Tabel 5.22 Pengurangan Debit Limpasan Tiap Badan Sungai

Sungai	Debit (m ³ /detik)		Teresap (%)
	Semula	Setelah	
Kali Pelang	0,915	0,513	43,93%
Kali Bojotan	2,169	1,079	50,35%
Kali Kimpulan	1,699	0,760	55,21%
Kali Kladuan	0,975	0,820	15,90%

Dari hasil yang diperoleh pengurangan debit limpasan terbesar terdapat pada Kali Kimpulan dengan besar debit semula 1,699 m³/detik menjadi 0,760 m³/detik atau sebesar 55,21 % dari debit semula. Sedangkan pengurangan debit limpasan terkecil terdapat pada Kali Kladuan dengan besar debit semula 0,975 m³/detik menjadi 0,820 m³/detik atau sebesar 15,9 % dari debit semula.

5.2.3. Pembahasan

Untuk menentukan jumlah curah hujan di suatu daerah hanya dengan menggunakan metode aritmatika rata - rata aljabar , beberapa stasiun hujan terletak dekat dengan daerah UII. Dengan menggunakan nilai rata-rata curah hujan maksimum tahunan bertujuan untuk menentukan jumlah curah hujan regional.

Terdapat beberapa stasiun hujan yang berada di dekat kawasan UII, untuk menghitung besar hujan kawasan digunakan metode aritmatika rerata aljabar. Nilai besar hujan kawasan didapatkan dengan menghitung nilai rerata hujan maksimum tahunan.

Kemudian untuk menghitung debit rancangan pada kawasan UII yang memiliki luas kurang 300 ha menggunakan metode rasional, dimana metode ini dipakai karena hanya mempertimbangkan nilai koefisien limpasan lahan, intensitas hujan, dan luas daerah aliran.

Alasan mengapa memilih atap sebagai sumber debit limpasan yang akan diresapkan ke dalam tanah menggunakan sumur resapan, karena atap bangunan memiliki koefisien limpasan paling besar. Pada dasarnya suatu wilayah memiliki tanah yang mempunyai daya resapan yang besar, namun karena didirikannya bangunan – bangunan membuat lahan resapan menjadi berkurang. Oleh karena itu dengan dibuatnya sumur resapan diharapkan dapat menggantikan lahan resapan yang hilang tersebut.

Berdasarkan hasil dari perhitungan kebutuhan sumur resapan untuk meresapkan 100 % debit limpasan dari atap bangunan membutuhkan jumlah sumur yang cukup banyak yang disebabkan oleh nilai permeabilitas tanah yang rendah dan menerima debit limpasan dari atap bangunan yang cukup besar.

Jumlah sumur resapan yang banyak harus diimbangi dengan luas lahan yang besar juga. Namun terdapat beberapa bangunan yang tidak memiliki lahan yang cukup luas untuk dibangun sumur resapan dengan jumlah yang banyak. Oleh karena itu untuk meresapkan 100 % limpasan dari atap bangunan dengan jumlah sumur yang terbatas, sumur resapan dirancang dengan kedalaman yang lebih dalam lagi.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dalam penerapan sumur resapan di wilayah UII sebagai solusi untuk mengurangi debit limpasan permukaan dan menjaga ketersediaan air tanah maka didapatkan hasil sebagai berikut.

1. Dimensi saluran yang dibutuhkan sebelum adanya sumur resapan dengan debit limpasan Q_5 tahun terbesar sebesar $0,506 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan ukuran dimensi terbesar sebesar 6561 cm^2 .
2. Jumlah sumur yang dimungkinkan untuk dibangun terbanyak pada lokasi GOR dengan jumlah saluran sebanyak 33 buah dan dimensi saluran terbesar berada pada saluran 16 sebesar 4200 cm^2 .
3. Setelah menggunakan sumur resapan terjadi penurunan debit limpasan dan dimensi saluran drainase menjadi lebih kecil. Besar reduksi debit limpasan terbesar sebesar 83,87% pada saluran 11, sedangkan reduksi debit limpasan terkecil sebesar 0% pada saluran 2, 3, 6, 12, 13, 19.

6.2. Saran

Berdasarkan dari penelitian ini yang yang tak luput dari kekurangan, berikut adalah beberapa saran dan hal yang dapat dilakukan untuk memperbaiki dan menambah analisis penelitian.

1. Perlu adanya pengujian permeabilitas tanah di laboratorium sebagai pembandingan dari hasil uji permeabilitas tanah di lapangan.
2. Karena banyaknya jumlah sumur resapan yang dibuat di sekitar bangunan, perlu adanya penelitian mengenai pengaruh kestabilan bangunan di sekitar sumur resapan tersebut.
3. Hasil perhitungan dapat dijadikan referensi untuk perencanaan sistem drainase dengan lokasi yang serupa.

DAFTAR PUSTAKA

- Azis, A., Yusuf, H., dan Faisal, Z. 2016. Konservasi Airtanah Melalui Pembuatan Sumur Resapan Air Hujan Di Kelurahan Maradekaya. *Journal INTEK*. Vol.3 No.2:87-90. Makassar.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 1995. SNI 03-3968-1995 Metode Pengukuran Kelulusan Air pada Tanah Zone Tak Jenuh dengan Lubang Auger. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- DPU, Dirjen Irigasi. 2013. Kriteria Perencanaan Irigasi Saluran KP-03. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Fatmawati, K. 2017. Efektivitas Penerapan Ekodrainase dengan Sumur Resapan Kampus Terpadu UII. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Kamiana, I Made. 2011. Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air. Graha Ilmu. Palangka Raya.
- Maulidin, A. 2016. Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Purnomo, S.N. 2013. Reduksi Dimensi Saluran Drainase Akibat Keberadaan Sumur Resapan pada Jaringan Drainase. *Dinamika Rekayasa*. Vol.9 No.1:13-19. Yogyakarta.
- Putra, A.P. dan Suprayogi, S. 2014. Rancangan Sumur Resapan di Sub DAS Garang Hilir Kota Semarang. *Jurnal Bumi Indonesia*. Vol.3 No.3:1-10. Jawa Tengah.
- Prasajo, R.A. 2015. Perancangan Sumur Resapan Air Hujan pada Bangunan Komersial di Jalan Kaliurang, Sleman. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Prasajo, R.A. dan Astuti S.A.Y. 2015. Perbandingan Perancangan Sumur Resapan Air Hujan Menggunakan Metode Sunjoto dan SNI 03-2453-2002 pada Bangunan Komersial di Jalan Kaliurang Km 12 Sleman. *Jurnal Teknisia*. Vol.XX No.2:142-153. Yogyakarta.

Rifai, A.P., Setyanto, dan Afriani, L. 2015. Desain dan Eksperimental Perancangan Sumur Resapan Air Hujan Berdasarkan Hasil Uji Permeabilitas Lapangan. Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain. Vol.3 No.1:27-36. Bandar Lampung.





LAMPIRAN

Lampiran 1 Time Schedule Tugas Akhir

Time Schedule Tugas Akhir

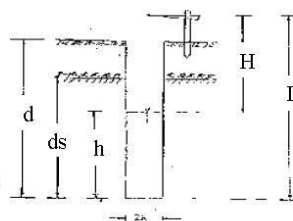
No	Kegiatan	Bobot %	Jumlah pekan	Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4			
				Pekan ke-				Pekan ke-				Pekan ke-				Pekan ke-			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Identifikasi Masalah	8.70	2	4.35	4.35														
3	Studi Literatur	21.74	5			4.35	4.35	4.35	4.35	4.35									
4	Pengumpulan Data	17.39	4				4.35	4.35	4.35	4.35									
5	Analisis Hidrologi	4.35	1								4.35								
6	Analisis Deleneasi <i>Catchment Area</i> dan Tutupan Lahan Menggunakan Arcgis	8.70	2								4.35	4.35							
7	Analisis Debit Banjir, Perhitungan Dimensi Saluran, dan Perencanaan Sumur Resapan	21.74	5									4.35	4.35	4.35	4.35	4.35			
8	Pembahasan dan Kesimpulan	8.70	2													4.35	4.35		
9	Penyusunan Laporan	8.70	2															4.35	4.35
JUMLAH		100	23																
RENCANA KUMULATIF				4.35	8.70	13.04	21.74	30.43	39.13	47.83	56.52	65.22	69.57	73.91	78.26	86.96	91.30	95.65	100.00

Lampiran 2 Formuir Pengukuran Kelulusna Tanah Zona Tak Jenuh

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



No. Lokasi : 5 Ulangan : 4
 Lokasi : BOOKSTORE
 Tanggal : 31-10-2018
 Jam : 16.47
 Cuaca : Cerah berawan
 Kedalaman dari m.t. : 100 cm
 Kedalaman dari acuan : 135 cm
 Jari-jari lubang : 3,5 cm
 Penguji : Tutus Pulung Wijaya
 X : -7,6874
 Y : 110,4177



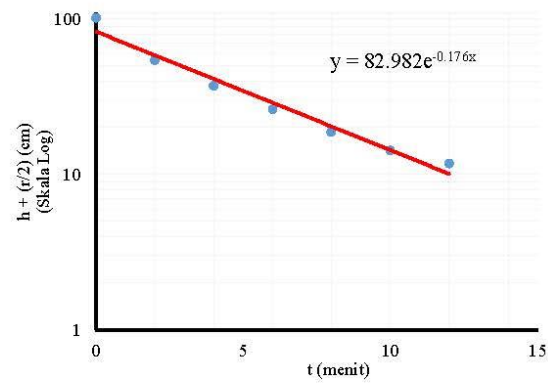
H (cm)	t (detik)	t (menit)	H (cm)	h+r/2 (cm)
35	0	0	100	101,75
87	120	2	48	49,75
101	240	4	34	35,75
112	360	6	23	24,75
119,5	480	8	15,5	17,25
125	600	10	10	11,75

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



GRAFIK HUBUNGAN PENGUJIAN TANAH ZONA TAK JENUH DENGAN
INVERSED AUGER HOLE

No. Lokasi 5 Ulangan - 3



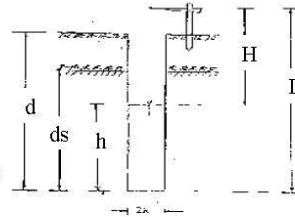
t _i (detik)	h _i + (r/2)
0	82,98
12	10,04

$$\begin{aligned}
 K &= 3,1\text{E-}01 \text{ cm/menit} \\
 &= 5,1\text{E-}05 \text{ m/det} \\
 &= 18,4593 \text{ cm/jam}
 \end{aligned}$$

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



No. Lokasi : 5 Ulangan : 3
 Lokasi : BOOKSTORE
 Tanggal : 31-10-2018
 Jam : 16.30
 Cuaca : Cerah berawan
 Kedalaman dari m.t. : 100 cm
 Kedalaman dari acuan : 135 cm
 Jari-jari lubang : 3,5 cm
 Penguji : Tutus Pulung Wijaya
 X : -7,6874
 Y : 110,4177



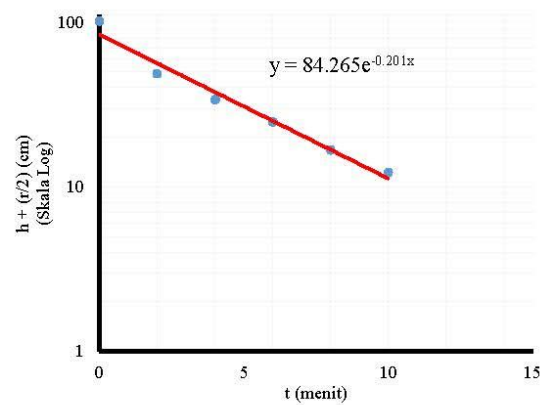
H (cm)	t (detik)	t (menit)	H (cm)	$h+r/2$ (cm)
35	0	0	100	101,75
82,5	120	2	52,5	54,25
99,5	240	4	35,5	37,25
110,5	360	6	24,5	26,25
118	480	8	17	18,75
122,5	600	10	12,5	14,25
125	720	12	10	11,75

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



GRAFIK HUBUNGAN PENGUJIAN TANAH ZONA TAK JENUH DENGAN
INVERSED AUGER HOLE

No. Lokasi 5 Ulangan - 2



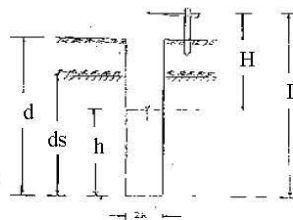
ti (detik)	hi+(r/2)
0	84,27
10	11,29

$$\begin{aligned}
 K &= 3,5,E-01 \text{ cm/menit} \\
 &= 5,9,E-05 \text{ m/det} \\
 &= 21,0813 \text{ cm/jam}
 \end{aligned}$$

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



No. Lokasi : 5 Ulangan : 2
 Lokasi : BOOKSTORE
 Tanggal : 31-10-2018
 Jam : 16.14
 Cuaca : Cerah berawan
 Kedalaman dari m.t. : 100 cm
 Kedalaman dari acuan : 135 cm
 Jari-jari lubang : 3,5 cm
 Penguji : Tutus Pulung Wijaya
 X : -7,6874
 Y : 110,4177



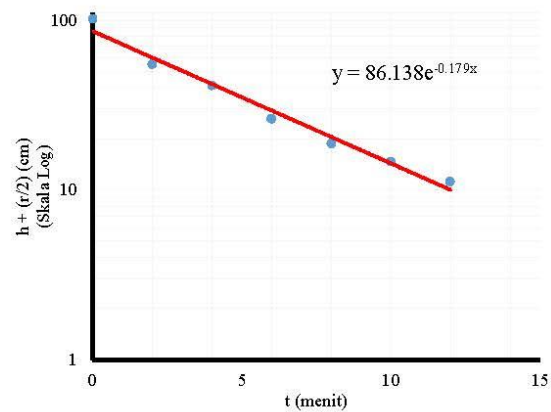
H (cm)	t (detik)	t (menit)	H (cm)	$h+r/2$ (cm)
35	0	0	100	101,75
88	120	2	47	48,75
103	240	4	32	33,75
112	360	6	23	24,75
120	480	8	15	16,75
125	600	10	10,5	12,25

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



GRAFIK HUBUNGAN PENGUJIAN TANAH ZONA TAK JENUH DENGAN
INVERSED AUGER HOLE

No. Lokasi 5 Ulangan - 1



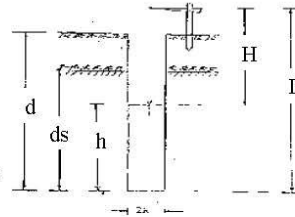
ti (detik)	hi+(r/2)
0	86,14
12	10,05

$$\begin{aligned}
 K &= 3,1\text{E-}01 \text{ cm/menit} \\
 &= 5,2\text{E-}05 \text{ m/det} \\
 &= 18,7739 \text{ cm/jam}
 \end{aligned}$$

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



No. Lokasi : 5 Ulangan : 1
 Lokasi : BOOKSTORE
 Tanggal : 31-10-2018
 Jam : 15.55
 Cuaca : Cerah berawan
 Kedalaman dari m.t. : 100 cm
 Kedalaman dari acuan : 135 cm
 Jari-jari lubang : 3,5 cm
 Penguji : Tutus Pulung Wijaya
 X : -7,6874
 Y : 110,4177



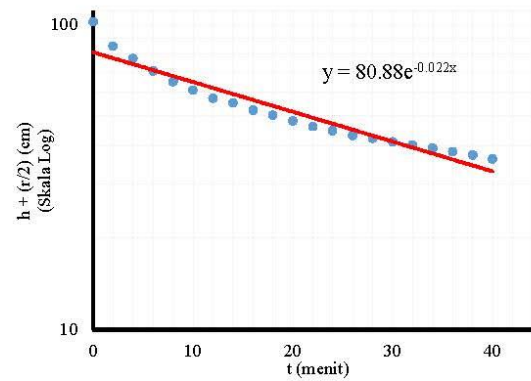
H (cm)	t (detik)	t (menit)	H (cm)	$h+r/2$ (cm)
35	0	0	100	101,8
81,5	120	2	53,5	55,25
95,5	240	4	39,5	41,25
110,5	360	6	24,5	26,25
118	480	8	17	18,75
122	600	10	13	14,75
125,5	720	12	9,5	11,25

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



GRAFIK HUBUNGAN PENGUJIAN TANAH ZONA TAK JENUH DENGAN
INVERSED AUGER HOLE

No. Lokasi 4 Ulangan - 3



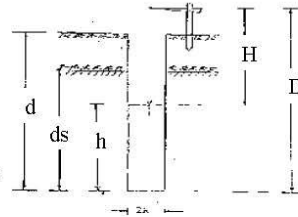
t_i (detik)	$h_i + (r/2)$
0	80,88
40	33,55

$$\begin{aligned}
 K &= 3,8,E-02 \text{ cm/menit} \\
 &= 6,4,E-06 \text{ m/det} \\
 &= 2,3074 \text{ cm/jam}
 \end{aligned}$$

**FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE***



No. Lokasi	: 4
Lokasi	: FPSB
Tanggal	: 2-11-2018
Jam	: 16.40
Cuaca	: Cerah berawan
Kedalaman dari m.t.	: 100 cm
Kedalaman dari acuan	: 131 cm
Jari-jari lubang	: 3,5 cm
Penguji	: Tutus Pulung Wijaya
X	: -7,6877
Y	: 110,4146



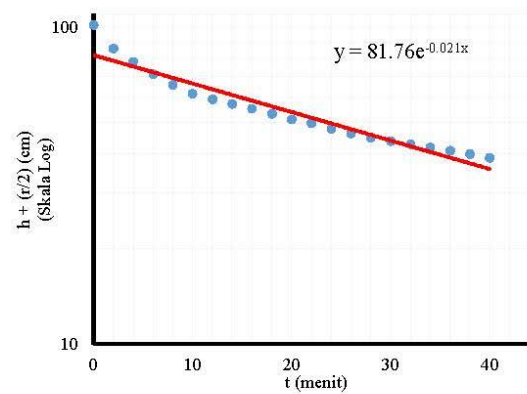
H (cm)	t (detik)	t (menit)	H (cm)	h+r/2 (cm)
31	0	0	100	101,75
48	120	2	83	84,75
55,5	240	4	75,5	77,25
62,5	360	6	68,5	70,25
68	480	8	63	64,75
72	600	10	59	60,75
75,5	720	12	55,5	57,25
77,5	840	14	53,5	55,25
80,5	960	16	50,5	52,25
82,5	1080	18	48,5	50,25
84,5	1200	20	46,5	48,25
86,5	1320	22	44,5	46,25
88	1440	24	43	44,75
89,5	1560	26	41,5	43,25
90,5	1680	28	40,5	42,25
91,5	1800	30	39,5	41,25
92,5	1920	32	38,5	40,25
93,5	2040	34	37,5	39,25
94,5	2160	36	36,5	38,25
95,5	2280	38	35,5	37,25
96,5	2400	40	34,5	36,25

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



GRAFIK HUBUNGAN PENGUJIAN TANAH ZONA TAK JENUH DENGAN
INVERSED AUGER HOLE

No. Lokasi 4 Ulangan - 2



t_i (detik)	$h_i + (r/2)$
0	81,76
40	35,30

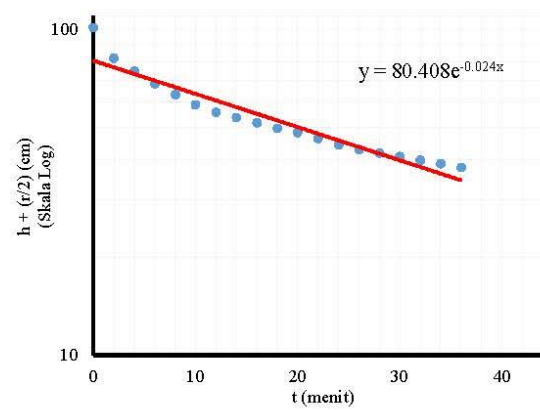
$$\begin{aligned}
 K &= 3,7\text{E-}02 \text{ cm/menit} \\
 &= 6,1\text{E-}06 \text{ m/det} \\
 &= 2,2025 \text{ cm/jam}
 \end{aligned}$$

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



GRAFIK HUBUNGAN PENGUJIAN TANAH ZONA TAK JENUH DENGAN
INVERSED AUGER HOLE

No. Lokasi 4 Ulangan - 1



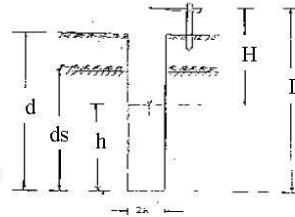
$t_i \text{ (detik)}$	$h_i + (r/2)$
0	80,41
36	33,89

$$\begin{aligned}
 K &= 4,2\text{E-}02 \text{ cm/menit} \\
 &= 7,0\text{E-}06 \text{ m/det} \\
 &= 2,5172 \text{ cm/jam}
 \end{aligned}$$

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



No. Lokasi : 4 Ulangan : 1
 Lokasi : FPSB
 Tanggal : 2-11-2018
 Jam : 14.38
 Cuaca : Cerah berawan
 Kedalaman dari m.t. : 100 cm
 Kedalaman dari acuan : 131 cm
 Jari-jari lubang : 3,5 cm
 Penguji : Tutus Pulung Wijaya
 X : -7,6877
 Y : 110,4146



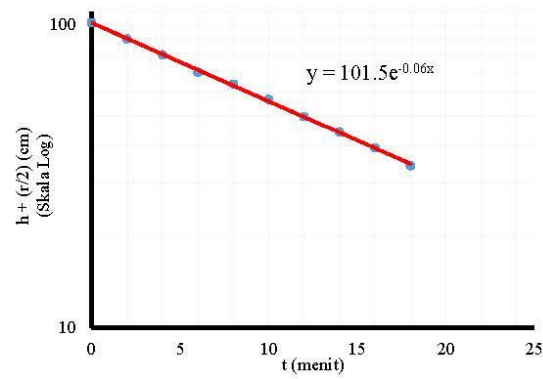
H (cm)	t (detik)	t (menit)	H (cm)	h+r/2 (cm)
31	0	0	100	101,8
51	120	2	80	81,75
58	240	4	73	74,75
64,5	360	6	66,5	68,25
69,5	480	8	61,5	63,25
74	600	10	57	58,75
77	720	12	54	55,75
79	840	14	52	53,75
81	960	16	50	51,75
83	1080	18	48	49,75
84,5	1200	20	46,5	48,25
86,5	1320	22	44,5	46,25
88,5	1440	24	42,5	44,25
90	1560	26	41	42,75
91	1680	28	40	41,75
92	1800	30	39	40,75
93	1920	32	38	39,75
94	2040	34	37	38,75
95	2160	36	36	37,75

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



GRAFIK HUBUNGAN PENGUJIAN TANAH ZONA TAK JENUH DENGAN
INVERSED AUGER HOLE

No. Lokasi 3 Ulangan - 3



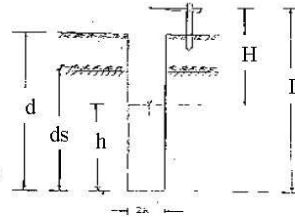
ti (detik)	hi+(r/2)
0	101,5
18	34,47

$$\begin{aligned}
 K &= 1E-01 \text{ cm/menit} \\
 &= 1,7E-05 \text{ m/det} \\
 &= 6,2929 \text{ cm/jam}
 \end{aligned}$$

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



No. Lokasi : 3 Ulangan : 3
 Lokasi : GKU
 Tanggal : 27-10-2018
 Jam : 13.57
 Cuaca : Cerah berawan
 Kedalaman dari m.t. : 100 cm
 Kedalaman dari acuan : 133 cm
 Jari-jari lubang : 3,5 cm
 Penguji : Tutus Pulung Wijaya
 X : -7,6887
 Y : 110,4137



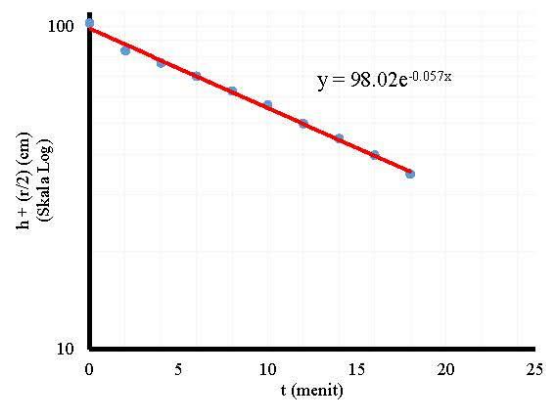
H (cm)	t (detik)	t (menit)	H (cm)	h+r/2 (cm)
33	0	0	100	101,75
45	120	2	88	89,75
55	240	4	78	79,75
65	360	6	68	69,75
71	480	8	62	63,75
78	600	10	55	56,75
85	720	12	48	49,75
90,5	840	14	42,5	44,25
95,5	960	16	37,5	39,25
101	1080	18	32,5	34,25

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



GRAFIK HUBUNGAN PENGUJIAN TANAH ZONA TAK JENUH DENGAN
INVERSED AUGER HOLE

No. Lokasi 3 Ulangan - 2



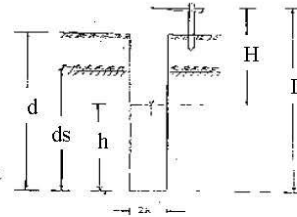
ti (detik)	hi+(r/2)
0	98,02
18	35,13

$$\begin{aligned}
 K &= 1\text{E-}01 \text{ cm/menit} \\
 &= 1,7\text{E-}05 \text{ m/det} \\
 &= 5,9783 \text{ cm/jam}
 \end{aligned}$$

**FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE***



No. Lokasi : 3 Ulangan : 2
 Lokasi : GKU
 Tanggal : 27-10-2018
 Jam : 13.27
 Cuaca : Cerah berawan
 Kedalaman dari m.t. : 100 cm
 Kedalaman dari acuan : 133 cm
 Jari-jari lubang : 3,5 cm
 Penguji : Tutus Pulung Wijaya
 X : -7,6887
 Y : 110,4137



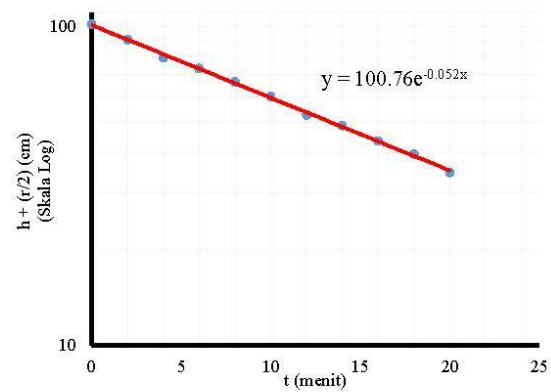
H (cm)	t (detik)	t (menit)	H (cm)	$h+r/2$ (cm)
33	0	0	100	101,75
51	120	2	82	83,75
58	240	4	75	76,75
65	360	6	68	69,75
72	480	8	61	62,75
78	600	10	55	56,75
85	720	12	48	49,75
90	840	14	43	44,75
95	960	16	38	39,75
100	1080	18	33	34,75

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



GRAFIK HUBUNGAN PENGUJIAN TANAH ZONA TAK JENUH DENGAN
INVERSED AUGER HOLE

No. Lokasi 3 Ulangan - 1



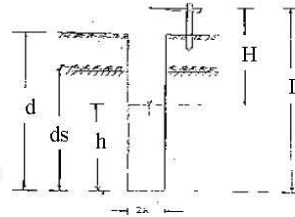
t_i (detik)	$h_i + (r/2)$
0	100,76
20	35,61

$$\begin{aligned}
 K &= 9,1E-02 \text{ cm/menit} \\
 &= 1,5E-05 \text{ m/det} \\
 &= 5,4539 \text{ cm/jam}
 \end{aligned}$$

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



No. Lokasi : 3 Ulangan : 1
 Lokasi : GKU
 Tanggal : 27-10-2018
 Jam : 12.56
 Cuaca : Cerah berawan
 Kedalaman dari m.t. : 100 cm
 Kedalaman dari acuan : 133 cm
 Jari-jari lubang : 3,5 cm
 Penguji : Tutus Pulung Wijaya
 X : -7,6887
 Y : 110,4137



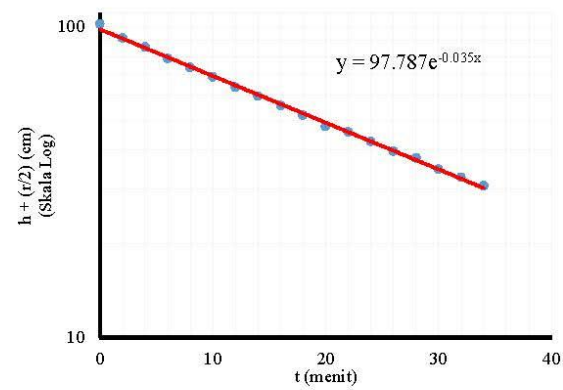
H (cm)	t (detik)	t (menit)	H (cm)	h+r/2 (cm)
33	0	0	100	101,8
44	120	2	89	90,75
55	240	4	78	79,75
61	360	6	72	73,75
68	480	8	65	66,75
74,5	600	10	58,5	60,25
82	720	12	51	52,75
86	840	14	47	48,75
91	960	16	42	43,75
95	1080	18	38	39,75
100	1200	20	33	34,75

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



GRAFIK HUBUNGAN PENGUJIAN TANAH ZONA TAK JENUH DENGAN
INVERSED AUGER HOLE

No. Lokasi 2 Ulangan - 3



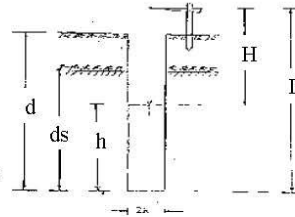
$t_i \text{ (detik)}$	$h_i + (r/2)$
0	97,79
34	29,75

$$\begin{aligned}
 K &= 6,1E-02 \text{ cm/menit} \\
 &= 1E-05 \text{ m/det} \\
 &= 3,6709 \text{ cm/jam}
 \end{aligned}$$

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



No. Lokasi : 2 Ulangan : 3
 Lokasi : FTI
 Tanggal : 04-11-2018
 Jam : 16.20
 Cuaca : Cerah berawan
 Kedalaman dari m.t. : 100 cm
 Kedalaman dari acuan : 131 cm
 Jari-jari lubang : 3,5 cm
 Penguji : Tutus Pulung Wijaya
 X : -7,6869
 Y : 110,4111



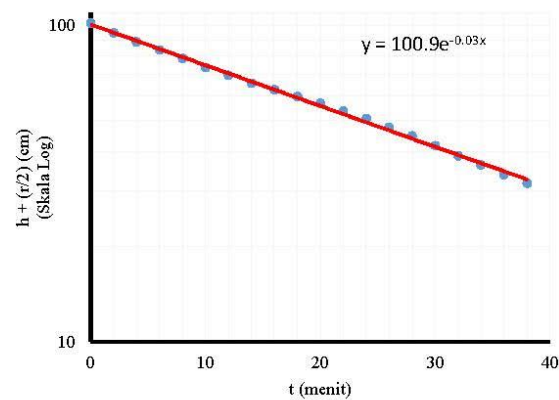
H (cm)	t (detik)	t (menit)	H (cm)	h+r/2 (cm)
31	0	0	100	101,75
41	120	2	90	91,75
47	240	4	84	85,75
54	360	6	77	78,75
59	480	8	72	73,75
64	600	10	67	68,75
69	720	12	62	63,75
73	840	14	58	59,75
77	960	16	54	55,75
81	1080	18	50	51,75
85	1200	20	46	47,75
87	1320	22	44	45,75
90	1440	24	41	42,75
93	1560	26	38	39,75
95	1680	28	36	37,75
98	1800	30	33	34,75
100	1920	32	31	32,75
102	2040	34	29	30,75

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



GRAFIK HUBUNGAN PENGUJIAN TANAH ZONA TAK JENUH DENGAN
INVERSED AUGER HOLE

No. Lokasi 2 Ulangan - 2



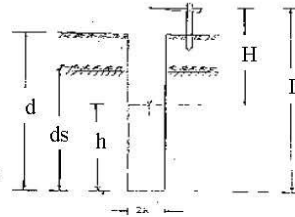
t_i (detik)	$h_i + (r/2)$
0	100,9
38	32,27

$$\begin{aligned}
 K &= 5,2E-02 \text{ cm/menit} \\
 &= 8,7E-06 \text{ m/det} \\
 &= 3,1465 \text{ cm/jam}
 \end{aligned}$$

**FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE***



No. Lokasi : 2 Ulangan : 2
 Lokasi : FTI
 Tanggal : 04-11-2018
 Jam : 15.34
 Cuaca : Cerah berawan
 Kedalaman dari m.t. : 100 cm
 Kedalaman dari acuan : 131 cm
 Jari-jari lubang : 3,5 cm
 Penguji : Tutus Pulung Wijaya
 X : -7,6869
 Y : 110,4111



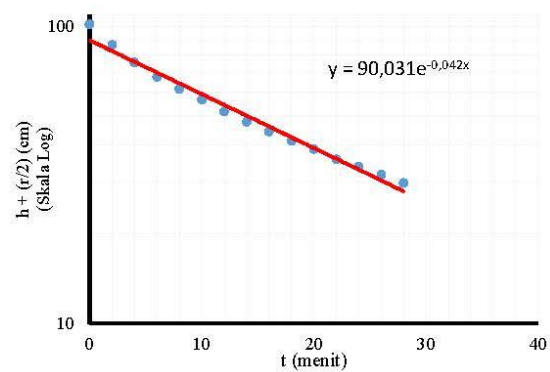
H (cm)	t (detik)	t (menit)	H (cm)	h+r/2 (cm)
31	0	0	100	101,75
38	120	2	93	94,75
44	240	4	87	88,75
49	360	6	82	83,75
54	480	8	77	78,75
59	600	10	72	73,75
63	720	12	68	69,75
67	840	14	64	65,75
70	960	16	61	62,75
73	1080	18	58	59,75
76	1200	20	55	56,75
79	1320	22	52	53,75
82	1440	24	49	50,75
85	1560	26	46	47,75
88	1680	28	43	44,75
91	1800	30	40	41,75
94	1920	32	37	38,75
96,5	2040	34	34,5	36,25
99	2160	36	32	33,75
101	2280	38	30	31,75

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



GRAFIK HUBUNGAN PENGUJIAN TANAH ZONA TAK JENUH DENGAN
INVERSED AUGER HOLE

No. Lokasi 2 Ulangan - 1



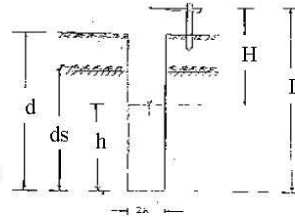
ti (detik)	hi+(r/2)
0	90,03
28	27,78

$$\begin{aligned}
 K &= 7,3E-02 \text{ cm/menit} \\
 &= 1,2E-05 \text{ m/det} \\
 &= 4,4051 \text{ cm/jam}
 \end{aligned}$$

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



No. Lokasi : 2 Ulangan : 1
 Lokasi : FTI
 Tanggal : 04-11-2018
 Jam : 14.29
 Cuaca : Cerah berawan
 Kedalaman dari m.t. : 100 cm
 Kedalaman dari acuan : 131 cm
 Jari-jari lubang : 3,5 cm
 Penguji : Tutus Pulung Wijaya
 X : -7,6869
 Y : 110,4111



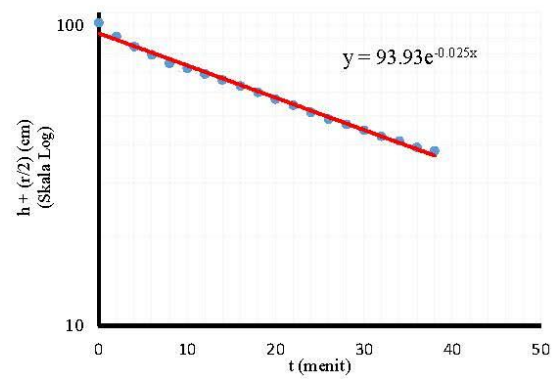
H (cm)	t (detik)	t (menit)	H (cm)	$h+r/2$ (cm)
31	0	0	100	101,8
46	120	2	85	86,75
57	240	4	74	75,75
65	360	6	66	67,75
71	480	8	60	61,75
76	600	10	55	56,75
81	720	12	50	51,75
85	840	14	46	47,75
88,5	960	16	42,5	44,25
91,5	1080	18	39,5	41,25
94	1200	20	37	38,75
97	1320	22	34	35,75
99	1440	24	32	33,75
101	1560	26	30	31,75
103	1680	28	28	29,75

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



GRAFIK HUBUNGAN PENGUJIAN TANAH ZONA TAK JENUH DENGAN
INVERSED AUGER HOLE

No. Lokasi 1 Ulangan - 3



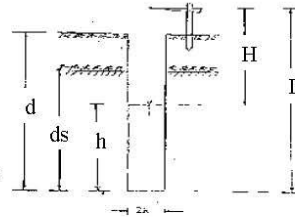
ti (detik)	hi+(r/2)
0	93,93
38	36,33

$$\begin{aligned}
 K &= 4,4\text{E-}02 \text{ cm/menit} \\
 &= 7,3\text{E-}06 \text{ m/det} \\
 &= 2,6221 \text{ cm/jam}
 \end{aligned}$$

**FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE***



No. Lokasi	: 1	Ulangan	: 3
Lokasi	: GOR		
Tanggal	: 21-10-2018		
Jam	: 16.15		
Cuaca	: Cerah berawan		
Kedalaman dari m.t.	: 100 cm		
Kedalaman dari acuan	: 138 cm		
Jari-jari lubang	: 3,5 cm		
Penguji	: Tutus Pulung Wijaya		
X	: -7,6866		
Y	: 110,4098		



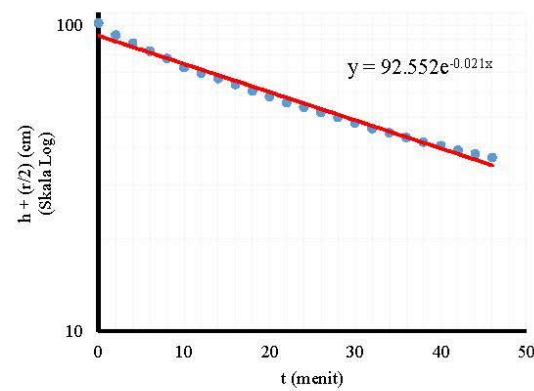
H (cm)	t (detik)	t (menit)	H (cm)	h+r/2 (cm)
38	0	0	100	101,75
48	120	2	90	91,75
55	240	4	83	84,75
60	360	6	78	79,75
65	480	8	73	74,75
68	600	10	70	71,75
71	720	12	67	68,75
74	840	14	64	65,75
77	960	16	61	62,75
80	1080	18	58	59,75
83	1200	20	55	56,75
85,5	1320	22	52,5	54,25
88,5	1440	24	49,5	51,25
91	1560	26	47	48,75
93	1680	28	45	46,75
95	1800	30	43	44,75
97	1920	32	41	42,75
98,5	2040	34	39,5	41,25
100,5	2160	36	37,5	39,25
101,5	2280	38	36,5	38,25

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



GRAFIK HUBUNGAN PENGUJIAN TANAH ZONA TAK JENUH DENGAN
INVERSED AUGER HOLE

No. Lokasi 1 Ulangan - 2



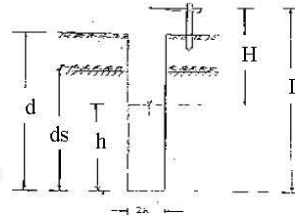
t_i (detik)	$h_i + (r/2)$
0	92,55
46	35,23

$$\begin{aligned}
 K &= 3,7E-02 \text{ cm/menit} \\
 &= 6,12E-06 \text{ m/det} \\
 &= 2,2025 \text{ cm/jam}
 \end{aligned}$$

**FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE***



No. Lokasi : 1 Ulangan : 2
 Lokasi : GOR
 Tanggal : 21-10-2018
 Jam : 14.50
 Cuaca : Cerah berawan
 Kedalaman dari m.t. : 100 cm
 Kedalaman dari acuan : 138 cm
 Jari-jari lubang : 3,5 cm
 Penguji : Tutus Pulung Wijaya
 X : -7,6866
 Y : 110,4098



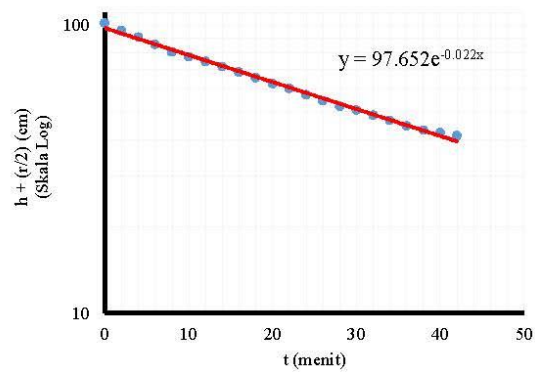
H (cm)	t (detik)	t (menit)	H (cm)	h+r/2 (cm)
38	0	0	100	101,75
45	120	2	93	93
50,5	240	4	87,5	87,5
55,5	360	6	82,5	82,5
60	480	8	78	78
65	600	10	73	73
68	720	12	70	70
71	840	14	67	67
74	960	16	64	64
77	1080	18	61	61
79,5	1200	20	58,5	58,5
82	1320	22	56	56
84	1440	24	54	54
86	1560	26	52	52
88	1680	28	50	50
90	1800	30	48	48
92	1920	32	46	46
93,5	2040	34	44,5	44,5
95	2160	36	43	43
96,5	2280	38	41,5	41,5
97,5	2400	40	40,5	40,5
99	2520	42	39	39
100	2640	44	38	38
101	2760	46	37	37

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



GRAFIK HUBUNGAN PENGUJIAN TANAH ZONA TAK JENUH DENGAN
INVERSED AUGER HOLE

No. Lokasi 1 Ulangan - 1



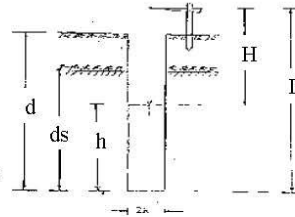
t_i (detik)	$h_i + (r/2)$
0	97,65
42	38,76

$$\begin{aligned}
 K &= 3,8E-02 \text{ cm/menit} \\
 &= 6,41E-06 \text{ m/det} \\
 &= 2,3074 \text{ cm/jam}
 \end{aligned}$$

**FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE***



No. Lokasi	: 1	Ulangan	: 1
Lokasi	: GOR		
Tanggal	: 21-10-2018		
Jam	: 13.58		
Cuaca	: Cerah berawan		
Kedalaman dari m.t.	: 100 cm		
Kedalaman dari acuan	: 138 cm		
Jari-jari lubang	: 3,5 cm		
Penguji	: Tutus Pulung Wijaya		
X	: -7,6866		
Y	: 110,4098		



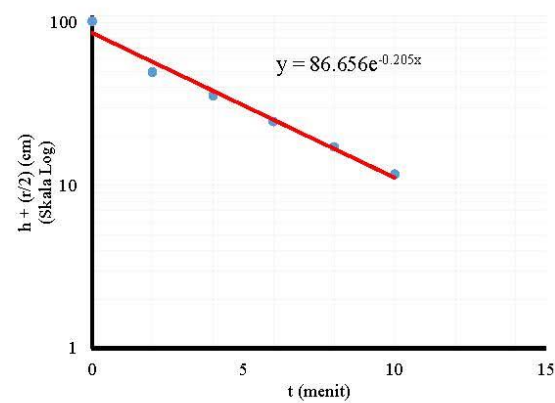
H (cm)	t (detik)	t (menit)	H (cm)	h+r/2 (cm)
38	0	0	100	101,75
44	120	2	94	95,75
49	240	4	89	90,75
54	360	6	84	85,75
59	480	8	79	80,75
62	600	10	76	77,75
65	720	12	73	74,75
68	840	14	70	71,75
71	960	16	67	68,75
74	1080	18	64	65,75
77	1200	20	61	62,75
79,5	1320	22	58,5	60,25
82,5	1440	24	55,5	57,25
85	1560	26	53	54,75
87,5	1680	28	50,5	52,25
89	1800	30	49	50,75
91	1920	32	47	48,75
93	2040	34	45	46,75
95	2160	36	43	44,75
96,5	2280	38	41,5	43,25
97,5	2400	40	40,5	42,25
98,5	2520	42	39,5	41,25

FORMULIR PENGUKURAN KELULUSAN TANAH ZONA
TAK JENUH DENGAN METODE *INVERSED AUGER HOLE*



GRAFIK HUBUNGAN PENGUJIAN TANAH ZONA TAK JENUH DENGAN
INVERSED AUGER HOLE

No. Lokasi 5 Ulangan - 4



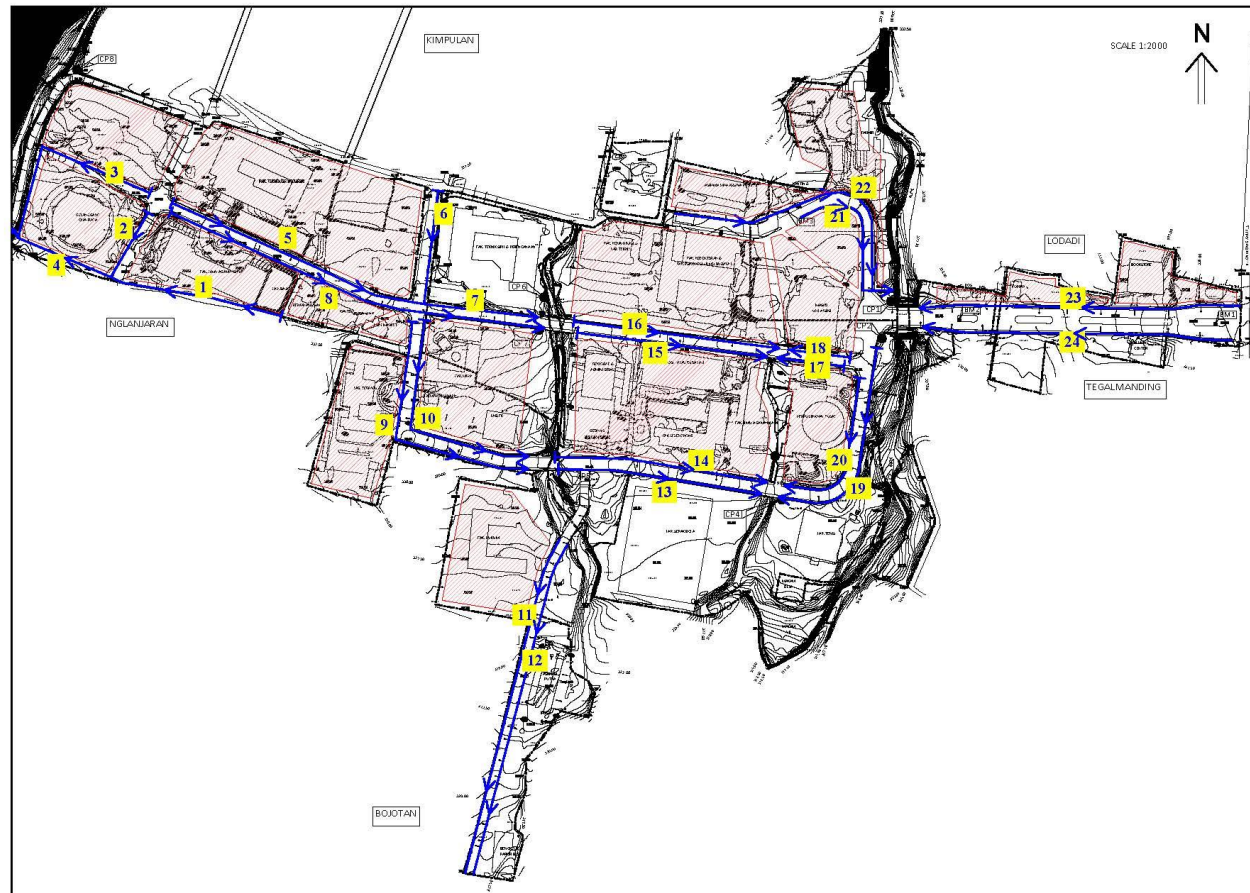
ti (detik)	hi+(r/2)
0	86,66
10	11,16

$$\begin{aligned}
 K &= 3,6\text{E-}01 \text{ cm/menit} \\
 &= 6,0\text{E-}05 \text{ m/det} \\
 &= 21,5008 \text{ cm/jam}
 \end{aligned}$$

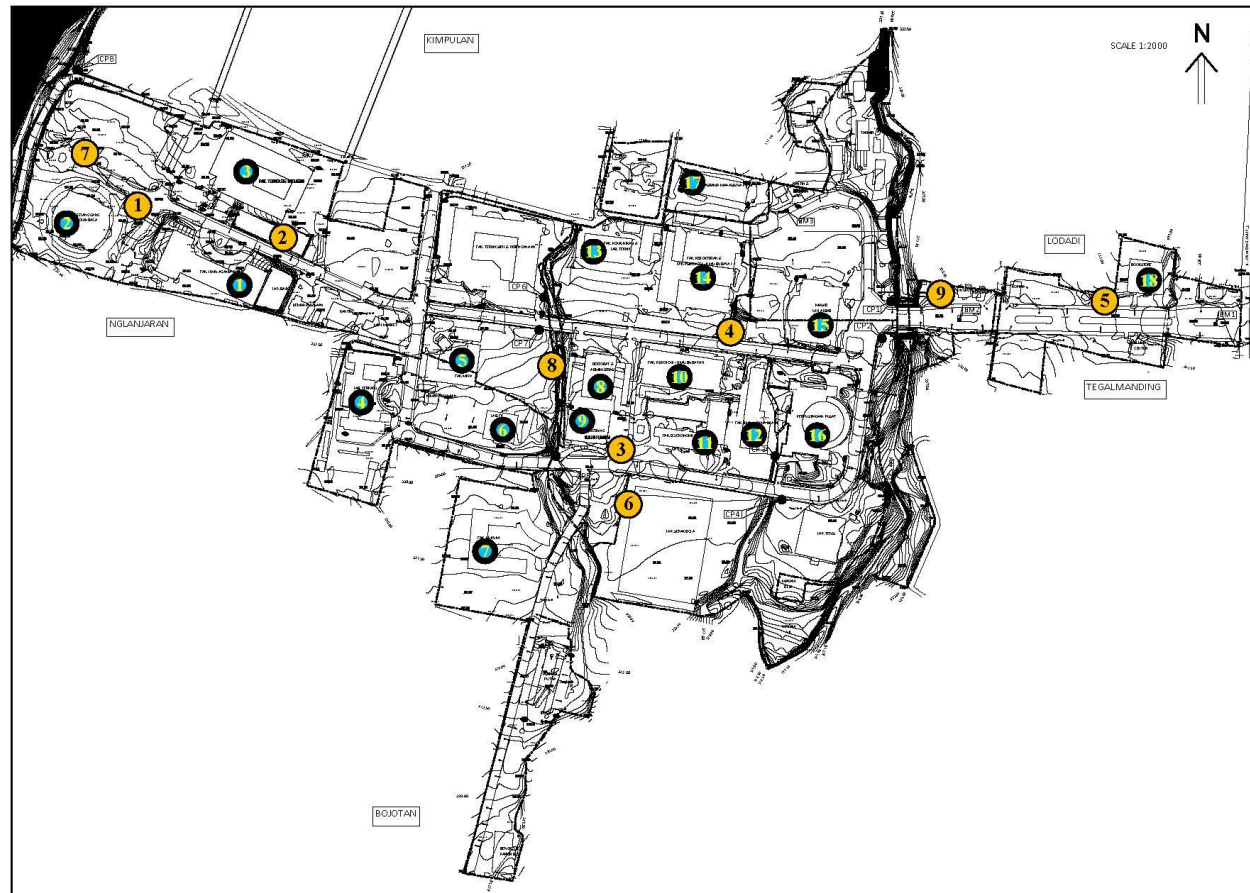
Lampiran 3 Catchment Area



Lampiran 4 Arah Aliran Drainase



Lampiran 5 Lokasi Pengujian



Lampiran 6 Kontur lokasi Penelitian

