

**PENGAWETAN AIR
SEBAGAI OPTIMALISASI PENGELOLAAN AIR
(STUDI KASUS : GEDUNG KULIAH UMUM 2 ITERA)**

(Tesis)

Oleh

**GUNG BAGUS JERFIKANASA MURDA
NPM 2325011002**



**PROGRAM PASCASARJANA
MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**PENGAWETAN AIR
SEBAGAI OPTIMALISASI PENGELOLAAN AIR
(STUDI KASUS : GEDUNG KULIAH UMUM 2 ITERA)**

Oleh:
GUNG BAGUS JERFIKANASA MURDA

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
Magister Teknik

Pada

Program Pascasarjana Magister Teknik
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**PROGRAM PASCASARJANA
MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

ABSTRAK

PENGAWETAN AIR SEBAGAI OPTIMALISASI PENGELOLAAN AIR (STUDI KASUS : GEDUNG KULIAH UMUM 2 ITERA)

Oleh

GUNG BAGUS JERFIKANASA MURDA

Peningkatan pembangunan dan perubahan tata guna lahan di Institut Teknologi Sumatera (ITERA) meningkatkan limpasan permukaan dan menurunkan ketersediaan air tanah. Penelitian bertujuan menganalisis efektivitas metode pengawetan air melalui kombinasi pemanenan air hujan (PAH) dan pengelolaan air bekas (*greywater*) di Gedung Kuliah Umum 2 ITERA dalam mengurangi penggunaan air tanah dan mengelola limpasan permukaan. Metode penelitian meliputi analisis hidrologi, perhitungan kebutuhan/pemakaian air (*flushing toilet* dan *greywater*), dan perancangan PAH serta pengelolaan *greywater*. Sistem dirancang menggunakan talang tegak, *groundwater tank* (GWT) berkapasitas 31,500 m³, dan sistem pengolahan *greywater* sederhana. Hasil analisis menunjukkan curah hujan dan *greywater* dapat mendukung efektivitas pengawetan air dengan daya dukung hingga 43,355 %. Kombinasi air hujan dan air bekas *wastafel* menghasilkan suplai maksimum tahunan hingga 16.290 m³ dan mampu mengurangi penggunaan air tanah sebesar 80% hingga 100% untuk kebutuhan *flushing toilet*. Kesimpulannya, sistem pengawetan air terintegrasi yang memanfaatkan PAH dan *greywater* tidak hanya mengurangi penggunaan air tanah dan mengelola limpasan permukaan, tetapi juga menciptakan bangunan ramah lingkungan yang mendukung pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan. Limpasan air yang tidak dapat tertampung dialirkan ke Embung C ITERA sebagai bentuk pengawetan sumber daya air. Sistem pengawetan air ini diharapkan menjadi model konservasi air yang dapat diterapkan pada bangunan lain di ITERA, sejalan dengan program strategis rektor ITERA dan visi *ITERA Smart, Friendly and Forest Campus* yang salah satu fokus utamanya pada keberlanjutan lingkungan.

Kata Kunci : Pemanenan Air Hujan, Kebutuhan Air, Pengelolaan Air, Hidrologi, Konservasi Air

ABSTRACT

WATER CONSERVATION AS AN OPTIMIZATION OF WATER MANAGEMENT (CASE STUDY : GEDUNG KULIAH UMUM 2 ITERA)

By

GUNG BAGUS JERFIKANASA MURDA

Increased construction and land use changes at the Institut Teknologi Sumatera (ITERA) have led to increased surface runoff and decreased groundwater availability. This study aims to analyze the effectiveness of water conservation methods through a combination of rainwater harvesting (RWH) and greywater management at the Gedung Kuliah Umum 2 ITERA in reducing groundwater usage and managing surface runoff. The research methods include hydrological analysis, calculation of water demand/usage (flushing toilets and greywater), and design of RWH and greywater management systems. The system is designed using vertical gutters, a 31,500 m³ groundwater tank (GWT), and a simple greywater treatment system. The results of the analysis indicate that rainfall and greywater can support the effectiveness of water conservation supporting up to 43,355% of the demand. The combination of rainwater and used water from sinks generates a maximum annual supply of up to 16.290 m³ and is capable of reducing groundwater usage by 80% to 100% for flushing toilet needs. The integrated water conservation system utilizing RWH and greywater not only reduces groundwater usage and manages surface runoff but also creates an environmentally friendly building that supports sustainable water resource management. Runoff that cannot be contained is channeled to Embung C ITERA as a form of water resource conservation. This water conservation system is expected to serve as a water conservation model that can be applied to other buildings at ITERA, in line with the ITERA Rector's strategic program and the ITERA Smart, Friendly, and Forest Campus vision, which has one of its main focuses on environmental sustainability.

Keywords: Rainwater Harvesting, Water Demand, Water Management, Hydrology, Water Conservation

Judul Tesis

: **PENGAWETAN AIR SEBAGAI
OPTIMALISASI PENGELOLAAN AIR
(STUDI KASUS : GEDUNG KULIAH
UMUM 2 ITERA)**

Nama Mahasiswa

: **Gung Bagus Jerfikanasa Murda**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **2325011002**

Program Studi

: **Magister Teknik Sipil**

Fakultas

: **Teknik**



Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.

NIP 19691030 200003 1 001

Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.

NIP 19670514 199303 1 002

2. Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil

Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.

NIP 19691030 200003 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.**

Sekretaris : **Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.**

Penguji
Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Dyah Indriana
Kusumastuti, S.T., M.Sc.**

: **Dr. Ir. Ofik Taupik Purwadi, S.T., M.T.**

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP 19750928 200112 1 002

3. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.

NIP 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : **14 Februari 2025**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : **Gung Bagus Jerfikanasa Murda**

NPM : 2325011002

Program Studi : S2 Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa tesis saya yang berjudul “PENGAWETAN AIR SEBAGAI OPTIMALISASI PENGELOLAAN AIR (STUDI KASUS : GEDUNG KULIAH UMUM 2 ITERA)” merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam tesis ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 14 Februari 2025

Penulis,



Gung Bagus Jerfikanasa Murda

RIWAYAT HIDUP



Penulis tesis ini bernama Gung Bagus Jerfikanasa Murda yang lahir di Kota Bandar Lampung pada tanggal 26 Februari 1999. Merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak I Wayan Labda Ariantara dan Ibu Ni Ketut Murniasih. Penulis memiliki satu saudara kandung Perempuan bernama Luh Ayu Freniawati Murda. Penulis berkebangsaan Indonesia dan beragama Hindu.

Pada tahun 2008 lulus dari SD Negeri 1 Labuhan Dalam. Kemudian melanjutkan Pendidikan di SMP Negeri 19 Bandar Lampung dan lulus pada Tahun 2011. Kemudian melanjutkan Pendidikan di SMA N 15 Bandar Lampung dan lulus pada

Tahun 2017. Kemudian melanjutkan Pendidikan di Institut Teknologi Sumatera dengan IPK 3,73 predikat lulusan terbaik program studi Teknik Sipil dan *cumlaude* pada Tahun 2021.

Setelah dua tahun bekerja di PT. Pulau Sambu (KARA) dan PT. ACSET Indonusa Tbk. (ASTRA), pada Tahun 2023 penulis melanjutkan Pendidikan di Pascasarjana Teknik Sipil Universitas Lampung dengan kelompok keahlian Rekayasa Sumber Daya Air (Hidrologi) sembari pada Tahun 2024 melanjutkan Pendidikan Profesi Insinyur di Institut Teknologi Indonesia dengan IPK 3,7 predikat *cumlaude* dan bekerja sebagai *estimate engineer* di Institut Teknologi Sumatera.

Dengan petunjuk Tuhan Yang Maha Esa dan arahan dari orang tua, bapak ibu dosen, dan teman teman Magister Teknik Sipil Unila, penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul Pengawetan Air Sebagai Optimalisasi Pengelolaan Air (Studi Kasus : Gedung Kuliah Umum 2 Itera). Semoga tesis ini dapat menjadi sumbangsih ilmiah yang bermanfaat dalam pengembangan metode pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan, memberikan inspirasi untuk penelitian lebih lanjut, serta menjadi referensi bagi penerapan teknologi konservasi air di berbagai bangunan lainnya.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Astungkara Wara Nugraha

Dengan anugerah suci dari Ida Sang Hyang Widhi Wasa dan berkah dari Dewi Saraswati, yang melimpahkan ilmu pengetahuan dan kebijaksanaan, tesis ini saya persembahkan dengan tulus kepada orang tua tercinta, sumber kasih dan kekuatan, serta sahabat-sahabat yang setia mendampingi langkah saya.

Vidya dadati vinayam, vinaya dadati patratam

(Ilmu memberikan kerendahan hati, dan kerendahan hati membawa kebijaksanaan.)

Satyam eva jayate

(Kebenaranlah yang selalu menang.)

Om Santih, Santih, Santih Om

SANWACANA

Puji dan syukur Penulis ucapkan atas ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat-Nya Penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Pengawetan Air Sebagai Optimalisasi Pengelolaan Air (Studi Kasus : Gedung Kuliah Umum 2 ITERA)” dengan sebaik-baiknya. Karya tulis tugas akhir tesis ini dibuat sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Penyelesaian karya tulis ini tidak terlepas dari berbagai pihak yang senantiasa membantu, mendukung, serta memberikan kritik dan saran, sehingga Penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Orang tua yang selalu mendoakan serta memberikan dukungannya dalam proses penyelesaian karya tulis ini;
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.IPM, ASEAN Eng. selaku Rektor Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Sasana Putra., S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., sebagai Direktur Pascasarjana Universitas Lampung;
6. Bapak Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing pertama, atas segala dukungan dan kesediaannya meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dengan memberikan bimbingan, saran dan bantuan untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tesis ini;
7. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D. sebagai dosen pembimbing kedua, atas segala dukungan dan kesediaannya meluangkan waktu, tenaga dan

- pikiran dengan memberikan bimbingan, saran dan bantuan untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tesis ini;
8. Ibu Prof. Dr. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T., M.Sc. sebagai dosen penguji pertama yang dengan bijaksana dan penuh kesabaran memberikan masukan dan saran-saran kepada penulis;
 9. Bapak Dr. Ir. Ofik Taupik Purwadi, S.T., M.T. sebagai dosen penguji kedua yang dengan bijaksana dan penuh kesabaran memberikan masukan dan saran-saran kepada penulis;
 10. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Lampung yang telah membekali penulis dengan ilmu, bimbingan, arahan dan motivasi selama mengikuti perkuliahan;
 11. *Staf* administrasi dan karyawan Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Lampung yang telah membantu dan melayani dalam kegiatan administrasi;
 12. Teman-teman magister hidro dan magister teknik sipil yang telah memberikan pandangan dan terus membantu penulis untuk mengembangkan karya tulis ini;
 13. Unit sarana prasarana dan BMN ITERA, Civitas akademika dan Tenaga pendidikan ITERA yang telah membantu dalam pengumpulan data;
 14. Rekan-rekan vendor dan kontraktor yang telah membantu menyelesaikan proyek dan pembangunan *recovery* air di Gedung Kuliah Umum 2 ITERA;
 15. Instansi-instansi terkait BBWS MS, OAIL, BMKG ITERA dan lainnya yang telah membantu penulis dalam mengumpulkan berbagai data;
- Penulis menyadari bahwa dalam penulisan dan penyusunan karya tulis ini masih banyak kekurangan. Saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan penulis, semoga karya tulis ini dapat bermanfaat.

Bandar Lampung, 19 Februari 2025

Gung Bagns Jorfikanasa Murda

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
 I. PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penelitian	5
 II. TINJAUAN PUSTAKA	 6
2.1. Konservasi Sumber Daya Air	6
2.2. Pengawetan Air	7
2.2.1. Pengelolaan Kuantitas Air Permukaan	7
2.2.2. Pengelolaan Kuantitas Air Permukaan	8
2.3. Analisis Hidrologi	9
2.3.1. Penentuan Luas DAS dan Tangkapan Hujan	10
2.3.2. Pemilihan Lokasi Stasiun Curah Hujan	11
2.4. Analisis Frekuensi	11
2.4.1. Perhitungan Curah Hujan Wilayah	12
2.4.2. Analisis Statistik Dasar	12
2.4.3. Pemilihan Jenis Distribusi Probabilitas	15
2.4.4. Uji Distribusi	17
2.4.5. Periode Ulang	18
2.4.6. Perhitungan Intensitas Curah Hujan	19

2.4.7. Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	21
2.5. Pemakaian dan Kebutuhan Air.....	21
2.6. Pemanenan Air Hujan dan Kualitas Pemanenan Air Hujan	26
2.6.1. Metode Pemanenan Air Hujan.....	26
2.6.2. Sistem Pemanenan Air Hujan	27
2.6.3. Kuantitas Pemanenan Air Hujan.....	28
2.6.4. Kapasitas tampungan	30
2.6.5. Kualitas Air	32
2.7. Pengelolaan air	33
2.8. RAB.....	35
2.9. <i>Novelty</i> Penelitian.....	36
 III. METODOLOGI PENELITIAN	 41
3.1. Lokasi Penelitian	41
3.2. Proses Pengumpulan Data	43
3.2.1. Data Primer	43
3.3. Pengolahan Data.....	46
3.4. Diagram Alir.....	47
 IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	 48
4.1. Analisis Kebutuhan Air	48
4.1.1. Pendataan Kapasitas Pengguna Gedung	48
4.1.2. Menentukan Jumlah Sampel dari Responden.....	50
4.1.3. Analisis Uji Kuisioner	50
4.1.4. Analisis Kebutuhan Air Gedung.....	54
4.2. Analisis Hidrologi	61
4.3. Analisis Frekuensi	65
4.3.1. Parameter Statistik Normal.....	65
4.3.2. Parameter Statistik Logaritmik	66
4.3.3. Pemilihan Jenis Distribusi	67
4.3.4. Distribusi Hujan.....	68
4.3.5. Uji Kesesuaian Distribusi	70
4.3.6. Intensitas Hujan	74
4.3.7. Debit Rencana dan Talang	76
4.4. Analisis Suplai Air	78

4.4.1. Suplai Air Hujan (Skenario 1)	79
4.4.2. Suplai Air Bekas (<i>Greywater</i>) dan Air Hujan (Skenario 2)	83
4.5. Pengawetan Air	87
4.5.1. Pengawetan Air dengan Suplai Air Hujan	88
4.5.2. Pengawetan Air dengan Suplai Air Hujan dan Air Bekas (Total).....	106
4.5.3. Perencanaan Kapasitas Tampungan Optimal.....	116
4.5.4. Desain Perencanaan	135
4.5.5. Rencana Anggaran Biaya	145
 V. KESIMPULAN DAN SARAN	 155
5.1. Kesimpulan.....	155
5.2. Saran.....	157
 DAFTAR PUSTAKA	 158

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Penelitian	5
2. Denah Atap GKU 2 ITERA	10
3. Metode Pemanenan Air Hujan	27
4. Kemiringan Atap GKU 2 ITERA.....	29
5. Luas Atap GKU 2 ITERA	30
6. Jenis Tangki Air Hujan.....	31
7. Detail Perpipaan Air Bersih Tampak Atas.....	33
8. Detail Perpipaan Air Bersih Tampak Memanjang.....	34
9. Detail Perpipaan Air Bekas Tampak Atas	34
10. Detail Perpipaan Air Bekas Tampak Memanjang	35
11. Lokasi Penelitian.....	42
12. Titik Penakar Hujan (PH) Terhadap Lokasi Penelitian	45
13. Diagram Alir Penelitian.....	47
14. Uji Kepanggahan Kuesioner PSPP	53
15. Intensitas Hujan Kala Ulang Dua Tahun Selama 24 Jam.....	75
16. Area Tangkapan Hujan GKU 2 ITERA	79
17. Rekapitulasi Suplai Air Hujan Terpanen.....	83
18. Total Suplai Air Tahunan Gedung.....	86
19. Kebutuhan Air Roster dan Suplai Air Tahunan Gedung	89
20. Kebutuhan Air Okupansi dan Suplai Air Tahunan Gedung	91
21. Daya Dukung Pemanenan Air Hujan Maksimum.....	95
22. Daya Dukung Pemanenan Air Hujan Minimum	99
23. Persentase Penghematan Air Tanah Roster (Maks Tahunan)	102
24. Persentase Penghematan Air Tanah Roster (Min Tahunan)	102
25. Persentase Penghematan Air Tanah Okupansi (Maksimum Tahunan)....	105

26. Persentase Penghematan Air Tanah Okupansi (Minimum Tahunan).....	105
27. Kebutuhan Air Roster dan Suplai Air Tahunan Gedung	108
28. Kebutuhan Air Okupansi dan Suplai Air Tahunan Gedung	110
29. Persentase Penghematan Air Tanah Roster (Maks Tahunan)	112
30. Persentase Penghematan Air Tanah Roster (Min Tahunan)	112
31. Persentase Penghematan Air Tanah Okupansi (Maksimum Tahunan).....	115
32. Persentase Penghematan Air Tanah Okupansi (Minimum Tahunan)	115
33. Volume Suplai Air Hujan Maksimum Vs. Kebutuhan Harian	118
34. Volume Suplai Air Hujan Maksimum Rata-rata Vs. Kebutuhan Harian..	118
35. Volume GWT Maksimum	120
36. Volume Suplai Air Hujan Minimum Vs. Kebutuhan Harian	120
37. Volume Suplai Air Hujan Minimum Rata-rata Vs. Kebutuhan.....	121
38. Volume GWT Minimum	123
39. Volume Suplai Total Maksimum Rata-rata	134
40. Volume Suplai Total Minimum Rata-rata	134
41. Gedung Kuliah Umum 2 ITERA	136
42. Desain PAH dan Pengawetan Air.....	137
43. <i>Honeycomb Tube Settler</i>	138
44. <i>Ground Water Tank</i>	139
45. <i>Roof Tank</i>	140
46. <i>Plumbing dan Toilet Eksisting</i>	141
47. Rencana <i>Plumbing</i> Air PAH.....	142
48. Rencana <i>Plumbing</i> Air Bersih (Air Tanah) dan Air PAH.....	142
49. Rencana <i>Plumbing</i> Air Bekas <i>Wastafel</i> dan <i>Floor Drain</i>	143
50. Perencanaan Kolaborasi Tanaman Air	144

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Syarat Pemilihan Jenis Distribusi.....	15
2. Kala Ulang Berdasarkan Topologi dan Luas Tangkapan	18
3. Kategori Kebutuhan Air Domestik	22
4. Kategori Kebutuhan Air Non-domestik.....	24
5. Kebutuhan Air Non-domestik Kota Kategori I, II, III Dan IV	24
6. Kebutuhan Air Bersih Kategori V.....	24
7. <i>Novelty</i> Penelitian	36
8. Jumlah Efektif Gedung Tingkat Okupansi.....	49
9. Jumlah Efektif Gedung Tingkat Roster.....	49
10. Variabel, Definisi dan Indikator Pertanyaan	51
11. Susunan Pertanyaan Kuesioner	51
12. Uji Kepangghahan Kuesioner	52
13. Kebutuhan dan Pemakaian Air Gedung	54
14. Hari Libur Nasional dan Cuti Bersama 2024.....	57
15. Hari Libur Semester Ganjil dan Genap 2024.....	57
16. Rekapitulasi Penggunaan Air Harian Roster.....	58
17. Rekapitulasi Penggunaan Air Bulanan Roster	59
18. Rekapitulasi Penggunaan Air Harian Okupansi	60
19. Rekapitulasi Kebutuhan Air Bulanan.....	61
20. Curah Hujan Wilayah.....	63
21. Rekapitulasi Curah Hujan Maksimum	64
22. Analisis Statistik Normal	65
23. Analisis Statistik Logaritmik	67
24. Hasil Parameter Statistik	68
25. Pemilihan Jenius Distribusi.....	68

26. Interpolasi Koefisien Kemencengan	69
27. Curah Hujan dengan Metode <i>Log Pearson</i> Tipe III.....	70
28. Data Parameter <i>Chi-Square</i> Terurut	71
29. Analisis Parameter <i>Chi-Square</i>	72
30. Analisis Parameter Uji <i>Smirnov-Kolmogorov</i>	73
31. Intensitas Hujan Kala Ulang Dua Tahun Selama 24 Jam.....	75
32. Data Hujan Maksimum dan Minimum Tahunan.....	80
33. Suplai Air Hujan Maksimum Tahunan Januari 2018	81
34. Rekapitulasi Suplai Air Hujan Terpanen.....	82
35. Pemakaian Air <i>Wastafel</i> dan Wudhu Harian Gedung.....	84
36. Pemakaian Air <i>Wastafel</i> dan Wudhu Bulanan Gedung	85
37. Total Suplai Air Tahunan Gedung.....	85
38. Kebutuhan Air Roster dan Suplai Air Tahunan Gedung	89
39. Kebutuhan Air Okupansi dan Suplai Air Tahunan Gedung	90
40. Analisis Daya Dukung Pemanenan Air Hujan Maksimum Januari 2018 .	93
41. Rekapitulasi Daya Dukung Pemanenan Air Hujan Maksimum.....	94
42. Daya Dukung Pemanenan Air Hujan Maksimum.....	94
43. Analisis Daya Dukung Pemanenan Air Hujan Minimum Januari 2018 ...	97
44. Rekapitulasi Daya Dukung Pemanenan Air Hujan Minimum	98
45. Daya Dukung Pemanenan Air Hujan Minimum	98
46. Rekapitulasi Penggunaan Air Tanah Tahunan Roseter.....	101
47. Rekapitulasi Penggunaan Air Tanah Tahunan Okupansi	104
48. Rekapitulasi Suplai Total Air GKU 2.....	107
49. Kebutuhan Air Roster dan Suplai Air Total Tahunan Gedung	108
50. Kebutuhan Air Okupansi dan Suplai Air Tahunan Gedung	109
51. Rekapitulasi Penggunaan Air Tanah Tahunan Roseter.....	111
52. Rekapitulasi Penggunaan Air Tanah Tahunan Okupansi	114
53. Jumlah Unit Kolam Pengumpul Air Hujan yang Diperlukan Berdasarkan Luas Tutupan Bangunan.....	125
54. Perhitungan Neraca Air	126
55. Rekapitulasi Neraca Air dan Kapasitas Tampungan	127
56. Volume Limpasan GWT Januari 2018 Maksimum Tahunan	130

57. Rekapitulasi Volume Limpasan.....	132
58. Membuat 1 m ³ beton f'c = 21,7 MPa (K250), slump (12 ± 2) cm.....	146
59. Pekerjaan Persiapan	149
60. Pekerjaan Tanah	152
61. Pekerjaan Struktur.....	152
62. Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal dan <i>Plumbing</i>	153
63. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya	153

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan salah satu sumber daya alam (Desti et al., 2021) yang terus dibutuhkan manusia (Wiyono et al., 2021) dalam menunjang kehidupan dan memiliki peranan penting bagi pemenuhan kebutuhan makhluk hidup (Herison et al., 2018). Seluruh aktivitas, baik kebutuhan primer seperti sandang, pangan, dan papan (Putra, 2021), hingga aktivitas sekunder seperti operasional industri, bergantung pada ketersediaan air yang memiliki kualitas dan kuantitas sesuai kebutuhan (Yuniar, 2021). Pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya air yang signifikan, perubahan fungsi lahan dan perubahan iklim global akan mempengaruhi ketersediaan sumber daya air, baik dari segi jumlah maupun kualitasnya (Huwaina et al., 2022).

Ketersediaan air dapat dijaga dan dipelihara melalui konservasi sumber daya air, khususnya dengan melakukan pengawetan air. (Sudarmadji, 2021). Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia No. 17 Tahun 2019 mengenai Sumber Daya Air, pengawetan air ditujukan untuk memelihara keberadaan dan ketersediaan air atau kualitas air sesuai fungsi dan manfaatnya. Salah satu upaya pengawetan air pada Pasal 24 Ayat (5) adalah dengan menyimpan air yang berlebihan pada saat hujan agar dapat dimanfaatkan pada waktu yang diperlukan (Murda et al., 2024).

Tujuan utama pengawetan air untuk mempertahankan kualitas air yang ada dan meningkatkan potensi sumber air (Wardani, 2021). Berdasarkan gagasan dan penelitian terdahulu, penelitian ini dilakukan dengan pemanfaatan air bekas *wastafel toilet* (Zulfa Yuzni et al., 2023), *floor drain* (Ambat, 2022) tempat wudhu dan pemanenan air hujan yang ditampung dalam kolam

penampungan dan akan dimanfaatkan kembali untuk *flush toilet* (Aurora et al., 2024) (daur ulang pemanfaatan air).

Daur ulang pemanfaatan air dapat dimanfaatkan sebagai upaya mendukung konsep *green building* yang dirancang efisien dan ramah lingkungan (Supriyanto, 2023). Konsep ini senada dengan moto ITERA *Smart, Friendly, and Forrest Campus* (Septyandy, 2023). ITERA (Institut Teknologi Sumatera) merupakan salah satu perguruan tinggi negeri di Pulau Sumatera dengan total mahasiswa aktif per-2023 sebanyak 19.605 mahasiswa. Pembangunan kampus ITERA berdampak cukup besar terhadap perubahan guna lahan (Renstra ITERA, 2019).

Sebagian besar kampus ITERA merupakan kawasan resapan air. Namun, dengan meningkatnya jumlah dan kebutuhan mahasiswa, penggunaan lahan akan berubah secara bertahap. Menurut Rencana Strategis ITERA, ITERA memiliki lahan dengan total 275 Ha. Ketersediaan lahan tersebut diprediksi dapat menampung sebanyak 64.000 mahasiswa selama 25 tahun ke depan (Renstra ITERA, 2019).

Berdasarkan penelitian dan gagasan sebelumnya, dikhawatirkan peningkatan jumlah mahasiswa akan berdampak pada proses pemenuhan kebutuhan air dimasa mendatang (Sari et al., 2020) di kawasan ITERA. Kondisi tersebut akan berdampak pada berkurangnya jumlah air tanah yang merupakan sumber air utama (Huwaina et al., 2022) di Kampus ITERA. Selain itu, jumlah mahasiswa yang terus meningkat setiap tahunnya disertai penggunaan air yang berlebihan akan mengakibatkan berkurangnya sumber air di kawasan Kampus ITERA. Oleh karena itu, tujuan konservasi air tanah dengan memanfaatkan pengawetan air harus dilakukan mulai saat ini agar tidak terjadi krisis dikemudian hari. Studi kasus direncanakan pada Gedung Kuliah Umum 2 ITERA yang merupakan gedung kuliah terbesar ITERA saat ini dengan luas bangunan 12.000 m². Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap visi ITERA sebagai *smart, friendly, and forest campus*, dengan menunjukkan bagaimana teknologi dan pengelolaan yang cerdas dapat menciptakan lingkungan yang berkelanjutan dan nyaman bagi seluruh Civitas akademika.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kebutuhan air untuk keperluan *flush toilet* di GKU 2 Institut Teknologi Sumatera?
2. Bagaimana volume air bekas dan air hujan yang mampu dipanen dan dimanfaatkan di GKU 2 Institut Teknologi Sumatera?
3. Apa saja dampak pemanfaatan sistem pengawetan air di GKU 2 Institut Teknologi Sumatera?
4. Bagaimana desain sistem dan rencana anggaran biaya untuk penerapan sistem pengawetan air di GKU 2 Institut Teknologi Sumatera, serta kelayakannya untuk diimplementasikan?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis kebutuhan air untuk keperluan *flushing toilet* di GKU 2 Institut Teknologi Sumatera.
2. Mengestimasi potensi volume air hujan dan air bekas yang dapat dipanen dan dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air *flushing toilet* di GKU 2 Institut Teknologi Sumatera.
3. Menganalisis dampak pemanfaatan sistem pengawetan air di GKU 2 Institut Teknologi Sumatera.
4. Merancang desain pengelolaan pengawetan air dan rencana anggaran biaya sebagai upaya konservasi air di GKU 2 Institut Teknologi Sumatera.

1.4. Batasan Masalah

Untuk membatasi pembahasan supaya tidak keluar dari konteks topik yang dibahas, maka diperlukan beberapa pembatasan dalam tesis ini, yaitu :

1. Penelitian ini dilakukan di GKU 2 Institut Teknologi Sumatera.
2. Sistem pengawetan air yang dikaji mencakup pengumpulan air hujan, air buangan dari *wastafel* dan *floor drain* tempat wudhu untuk digunakan sebagai air *flush toilet*.
3. Data curah hujan yang digunakan adalah PH ITERA selama lima tahun terakhir (2019-2023) dan stasiun pembanding selama lima tahun terakhir dari stasiun penakar hujan BBWS Mesuji-Sekampung yaitu PH-003 Sukarame dan PH-035 Way Galih.
4. Data yang digunakan adalah data primer dan sekunder. Data primer yang digunakan data kebutuhan/pemakaian air di GKU 2 ITERA. Data sekunder terdiri dari data curah hujan, *as build drawing*, data penghuni gedung, dan data *plumbing* di GKU 2 ITERA.
5. Tidak memeriksa kualitas air tertampung dikarenakan hanya digunakan untuk *flush toilet*.
6. Menggunakan kontrak harga satuan Bandar Lampung 2019 dan HPS ITERA 2024 yang telah disesuaikan.

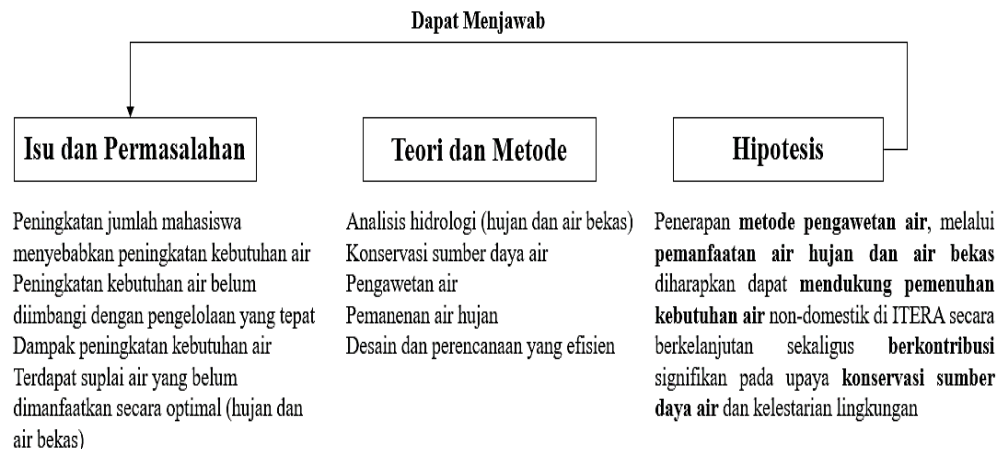
1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari tesis ini adalah sebagai berikut :

1. Mendukung visi ITERA sebagai *Smart, Friendly, and Forrest Campus* dengan memberi kontribusi terhadap implementasi konsep gedung ramah lingkungan/*green building* di kawasan kampus ITERA, khususnya Gedung Kuliah Umum 2 ITERA.
2. Mendukung upaya konservasi sumber daya air melalui pengurangan penggunaan air tanah di GKU 2 ITERA dan mengoptimalkan potensi air hujan dan air bekas sebagai sumber air alternatif.
3. Sebagai referensi bagi Civitas akademika dan pihak lainnya dalam penelitian konservasi air dalam hal ini pengawetan air
4. Secara khusus, penelitian ini bermanfaat bagi penulis sebagai tesis dan sarana menambah wawasan dibidang sumber daya air.

1.6. Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian tesis ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

1.7. Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan, dan sistematika penelitian

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai landasan teori maupun studi literatur yang digunakan dalam melakukan penelitian ini.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan waktu dan lokasi penelitian, alat serta tahap-tahap dalam proses penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai hasil dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan yang diperoleh selama melakukan penelitian dan saran-saran.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konservasi Sumber Daya Air

Air merupakan sumber daya alam yang sangat dibutuhkan makhluk hidup sebagai salah satu sumber kehidupan (Putranto, 2020). Jenis air yang dominan dimanfaatkan manusia adalah air presipitasi atau air hujan dan air tanah (Zulhilmi, 2019). Air tanah memiliki peranan penting dalam menunjang kehidupan manusia, terutama pada sumber air bersih untuk keperluan sehari-hari, proses industri, dan irigasi sehingga menjadikan air tanah sebagai komoditi strategis yang keberadaannya terbatas dan kerusakannya dapat mengakibatkan dampak yang luas (Wardani, 2021).

Pertumbuhan mahasiswa ITERA yang semakin meningkat, pembangunan sarana dan prasarana perkuliahan yang mengurangi infiltrasi limpasan air dapat mempengaruhi kondisi air tanah yang ada di lingkungan kampus ITERA (Renstra ITERA, 2019). Diperlukan suatu upaya konservasi untuk menjaga kondisi air tanah agar dapat mencukupi kebutuhan air di kawasan kampus ITERA.

Konservasi merupakan bagian penting dalam pengelolaan sumber daya air (Rio Trianto, 2023). Berdasarkan Pedoman Pengawasan dan Penertiban Sumber Daya Air Tahun 2017, konservasi sumber daya air adalah upaya memelihara keberadaan serta keberlanjutan keadaan, sifat, dan fungsi sumber daya air agar senantiasa tersedia dalam kuantitas dan kualitas yang memadai untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup, baik pada waktu sekarang maupun yang akan datang (R. Jenahu, 2023). Konservasi sumber daya air bertujuan menjaga kelangsungan dan keberadaan sumber daya air, termasuk daya dukung dan fungsinya (Sudarmadji, 2021). Konservasi air dapat meliputi perlindungan, pelestarian, pengawetan, pengelolaan kualitas, dan

pengendalian pencemaran air, dengan mengacu pada pola pengelolaan wilayah sungai dan perencanaan tata ruang (Kustamar, 2019).

2.2. Pengawetan Air

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia No. 17 Tahun 2019 mengenai Sumber Daya Air, pengawetan air merupakan suatu upaya yang ditujukan untuk memelihara keberadaan dan ketersediaan air atau kualitas air sesuai dengan fungsi dan manfaatnya, menyimpan air yang berlebih pada saat hujan agar dapat dimanfaatkan pada waktu diperlukan, menghemat air dengan pemakaian yang efisien dan efektif dan meningkatkan kapasitas imbuhan air tanah (Murda et al., 2024).

2.2.1. Pengelolaan Kuantitas Air Permukaan

Pengelolaan kuantitas air permukaan dimaksudkan untuk mempertahankan dan meningkatkan potensi atau kuantitas air permukaan yang tersedia, sebagai salah satu cara untuk melakukan konservasi sumber daya air, sebagai berikut (Barang & Saptomo, 2019) :

1. Pengendalian Aliran Permukaan

Pengendalian air permukaan dilakukan dengan memperpanjang waktu air tertahan di permukaan tanah dan meningkatkan air yang dapat masuk ke dalam tanah.

2. Pemanenan Air Hujan

Pemanenan air hujan dalam skala kecil dilakukan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga dan ternak, terutama menjelang dan selama musim kemarau panjang, dengan mengumpulkan air hujan yang mengucur dari atap rumah. Air hujan yang berkualitas baik dapat dikumpulkan dari atap rumah yang bersih dan terbuat dari bahan yang tahan korosi, demikian pula dengan bak penampungnya. Sebaiknya air hujan yang jatuh pada awal musim hujan tidak dimasukkan ke dalam bak penampung air hujan.

Sistem pemanenan air hujan di atap terdiri dari tiga sub sistem dasar – sistem tangkapan (atap), sistem penyaluran (*filter* dan talang), dan sistem penyimpanan (Jokowinarno & Kusumastuti, 2020). Pada penelitian ini dilakukan pemanenan air hujan dengan skala relatif besar mencakup satu gedung dengan luas area tangkapan air hujan 4.000 m². Pemanenan air hujan pada dasarnya dapat dilakukan di daerah tangkapan air, dengan menampung aliran permukaan pada suatu kawasan ke dalam suatu bak penampungan. Besarnya air hujan yang dapat dipanen dipengaruhi oleh topografi dan kemampuan lapisan tanah atas dalam menahan air hujan yang jatuh.

Persiapan pemanenan air hujan dari suatu lahan yang luas, dapat dikemukakan sebagai berikut (Wiyono et al., 2021) :

- a. Membuat saluran sejajar dengan garis kontur
 - b. Membersihkan dan memadatkan bidang/lahan tangkapan air
 - c. Bila diperlukan dapat pula dilengkapi dengan saluran searah lereng
 - d. Menampung air hujan yang jatuh dan mengalir di saluran tersebut
3. Meningkatkan Kapasitas Infiltrasi Tanah

Kapasitas infiltrasi tanah sangat mempengaruhi volume air yang dapat masuk ke dalam tanah, dan dalam rangka konservasi sumber daya air, dapat ditingkatkan dengan memperbaiki struktur tanah. Cara yang paling efektif dalam meningkatkan kapasitas infiltrasi tanah adalah dengan menutup permukaan tanah dengan tanaman, atau mencampurnya dengan bahan organik (Barang & Saptomo, 2019).

2.2.2. Pengelolaan Kuantitas Air Permukaan

Pengelolaan kuantitas air tanah bertujuan untuk mempertahankan ketersediaan air tanah sekaligus meningkatkan potensi cadangan yang ada. Langkah ini merupakan bagian dari upaya konservasi sumber daya air yang lebih menyeluruh, guna memastikan keberlanjutan pasokan air bersih bagi berbagai kebutuhan masyarakat, industri, dan ekosistem. Pendekatan ini mencakup berbagai strategi, mulai dari pengendalian eksploitasi air tanah

yang berlebihan hingga penerapan metode pengisian ulang akuifer secara terencana dan terukur, sebagai berikut (Purwadi et al., 2023) :

1. Pengisian Air Tanah Secara Buatan

Simpanan air dalam tanah merupakan sumber air yang dapat diandalkan untuk menambah potensi sumber daya air, dan kemampuan tanah untuk menyimpan air tergantung dari tinggi muka air tanah dan pori-pori tanah.

2. Pengendalian Pengambilan Air Tanah

Pengambilan air tanah melalui sumur-sumur akan menyebabkan lengkung penurunan muka air tanah. Makin besar laju pengambilan air tanah akan semakin curam lengkung permukaan air tanah di sekitar sumur-sumur sampai terjadi keseimbangan baru bila terjadi pengisian di daerah resapan. Keseimbangan baru ini akan terjadi bila laju pengambilan air tanah lebih kecil dari pengisian air hujan di daerah resapan, namun bila laju pengambilan air tanah lebih besar dari pengisiannya maka lengkung penurunan muka air tanah diantara sumur-sumur tersebut akan semakin curam, dan akan terjadi penurunan muka tanah secara permanen.

Dampak signifikan akibat pengambilan air tanah yang tidak diatur secara memadai, menyebabkan kelangkaan ketersediaan (Purwadi et al., 2023).

Untuk itu dalam kerangka konservasi sumber daya air, maka pemanfaatan air tanah harus dapat dikendalikan, dan disesuaikan dengan besarnya pengimbuhan atau pengisian oleh air hujan di daerah resapan.

2.3. Analisis Hidrologi

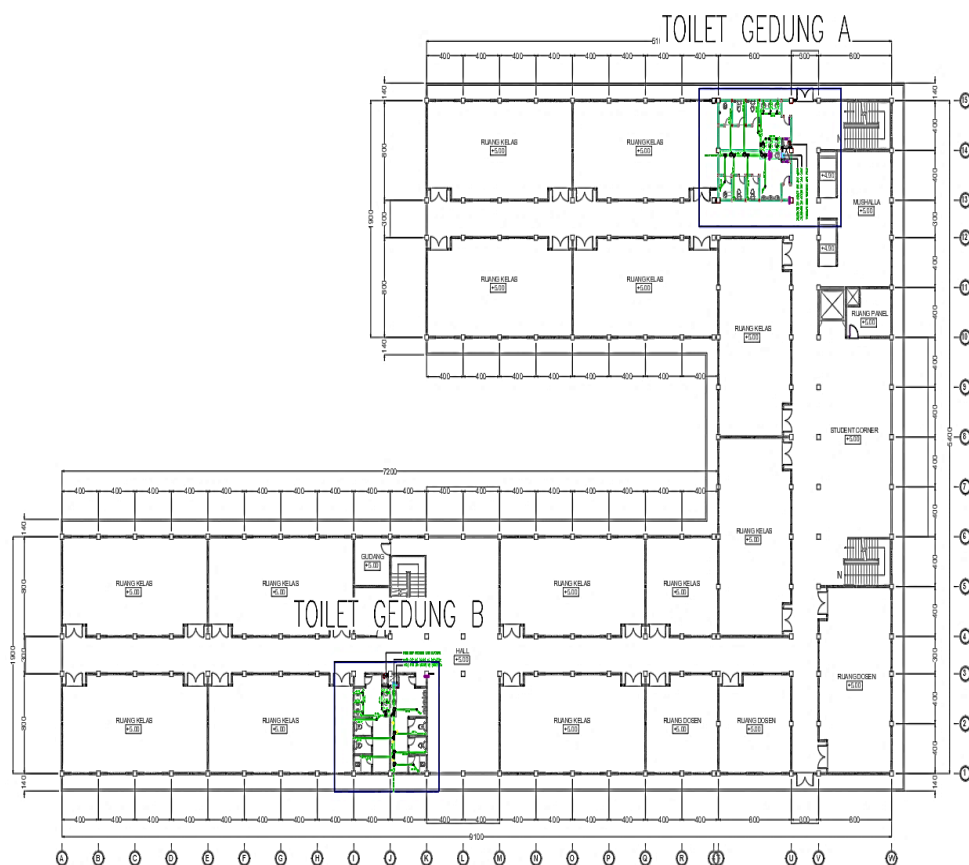
Hidrologi adalah bidang pengetahuan yang mempelajari kejadian-kejadian serta penyebab air alamiah di Bumi. Faktor hidrologi yang sangat berpengaruh pada sekitar wilayah hulu (Soemarto, 1995). Curah hujan pada suatu daerah merupakan salah satu faktor yang menentukan besarnya debitbanjir yang terjadi pada daerah yang menerimanya (Sosrodarsono & Takeda, 2003).

Analisis hidrologi adalah bidang yang sangat kompleks karena ketidakpastian siklus hidrologi, pencatatan data hujan, dan kuantitas data

yang diperoleh. Analisis hidrologi diperlukan untuk memprediksi hujan yang akan terjadi pada suatu periode tertentu (Triatmodjo, 1993).

2.3.1. Penentuan Luas DAS dan Tangkapan Hujan

Yang dimaksud dengan daerah aliran sungai adalah semua bagian aliran air di sekitar sungai yang mengalir menuju alur sungai, aliran air tersebut tidak hanya berupa air permukaan yang mengalir di dalam alur sungai, tetapi termasuk juga aliran air dipunggung bukit yang mengalir menuju alur sungai sehingga daerah tersebut dinamakan daerah aliran sungai (Soemarto, 1995). Luas DAS mengikuti pola bentuk aliran sungai dengan mempertimbangkan aspek geografis di sekitar daerah aliran sungai yang mencakup daerah tangkapan (*cathment area*). Dalam penelitian ini luas DAS diartikan sebagai daerah tangkapan (*cathment area*) yaitu atap Gedung Kuliah Umum 2 ITERA dengan luas 4.000 m² yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Denah Atap GKU 2 ITERA

2.3.2. Pemilihan Lokasi Stasiun Curah Hujan

Pemilihan jaringan lokasi stasiun direncanakan untuk menghasilkan gambaran yang mewakili distribusi daerah hujan (Dehas Abdaa & Fauzi, 2021). Satu alat ukur curah hujan dapat mewakili beberapa Km^2 (Jannah et al., 2023). Jaringan yang sangat rapat dibutuhkan guna menentukan pola hujan dalam hujan yang lebat disertai Guntur (Soemarto, 1995). Kerapatan minimum jaringan stasiun curah hujan telah direkomendasikan *World Meteorological Organization (WMO)* sebagai berikut :

1. Untuk daerah datar pada zona beriklim sedang, mediteranian, dan tropis, 600 Km^2 sampai 900 Km^2 untuk setiap stasiun.
2. Untuk daerah pegunungan pada zona beriklim sedang, mediteranian, dan tropis, 100 Km^2 sampai 250 Km^2 untuk setiap stasiun.
3. Untuk pulau-pulau dengan pegunungan kecil dengan hujan yang tak beraturan, 25 Km^2 untuk setiap stasiun.
4. Untuk zona-zona kering dan kutub, 1.500 Km^2 sampai 10.000 Km^2 untuk setiap stasiun.

Sehingga curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau daerah dan dinyatakan dalam mm (Soemarto, 1995).

2.4. Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi adalah salah satu tahapan dari analisis hidrologi yang digunakan untuk memprediksi hujan rencana yang akan terjadi pada periode ulang tertentu (Wiradinata, 2020). Hujan rencana merupakan estimasi curah hujan dengan probabilitas tertentu untuk terjadi dalam periode waktu tertentu sedangkan periode ulang menunjukkan probabilitas suatu kejadian hujan ekstrem akan terlampaui dalam satu tahun. Analisis hidrologi terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut.

2.4.1. Perhitungan Curah Hujan Wilayah

Ketetapan dalam memilih lokasi dan peralatan baik curah hujan maupun debit merupakan faktor yang menentukan kualitas data yang diperoleh (Simanjuntak, 2021). Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan dan analisis statistik yang diperhitungkan dalam perhitungan debit banjir rencana (Moningka, 2020). Data curah hujan yang dipakai untuk perhitungan dalam debit banjir adalah hujan yang terjadi pada daerah aliran sungai pada waktu yang sama (Sosrodarsono & Takeda, 2003). Terdapat tiga macam metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rata-rata wilayah daerah aliran sungai (DAS) yaitu *Aljabar*, *Thiesen* dan *Ishoyet*, pada penelitian ini metode yang digunakan adalah rata-rata Aljabar.

1. Cara rata-rata *Aljabar*

Tinggi rata-rata curah hujan yang didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) (Prawati & Dermawan, 2018) pengukuran hujan di pos penakar-penakar hujan di dalam areal tersebut. Cara ini memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos penakar ditempatkan secara merata, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos (Soemarto, 1995) disajikan pada persamaan 1.

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad (1)$$

Keterangan

d_i = Tinggi curah hujan pada masing-masing pos (mm)

n = Banyaknya stasiun curah hujan

d = Curah hujan rata-rata (mm)

2.4.2. Analisis Statistik Dasar

Dalam analisis frekuensi, distribusi probabilitas suatu data dapat ditentukan berdasarkan parameter-parameter statistik seperti nilai rata-rata, standar

deviasi, koefisien *skewness*, koefisien variasi dan koefisien *kurtosis* (Gunawan et al., 2020). Rumus parameter-parameter statistik disajikan pada persamaan 2,3,4,5 dan 6 (Soemarto, 1995).

1. Nilai Rata-rata (X)

Nilai rata-rata adalah hal yang cukup representatif dalam suatu distribusi. Nilai ini dianggap menjadi nilai utama dalam pengukuran suatu distribusi. Nilai rata-rata dapat dihitung dengan persamaan 2.

$$X = \frac{\sum X_i}{n} \quad (2)$$

Keterangan

X = Curah hujan rata-rata (mm)

X_i = Curah hujan maksimum (mm)

n = Jumlah sampel curah hujan

2. Standar Deviasi (S)

Adalah nilai yang umum digunakan dalam pengukuran distribusi data. Standar deviasi berbanding lurus dengan nilai rata-rata yang digunakan dalam penentuan distribusi. Rumus untuk mencari standar deviasi disajikan pada persamaan 3 (Soemarto, 1995).

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X)^2}{(n-1)}} \quad (3)$$

Keterangan

S = Simpangan baku

X_i = Curah hujan maksimum pertahun (mm)

X = Curah hujan rata-rata (mm)

n = Jumlah sampel curah hujan

3. Koefisien *Skewness* (Cs)

Adalah suatu nilai yang digunakan untuk menentukan derajat asimetris dari suatu sebaran data. Rumus untuk mencari koefisien *skewness* atau koefisien kemencengan disajikan pada persamaan 4 (Soemarto, 1995).

$$Cs = \frac{n \sum (X_i - X)^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (4)$$

Keterangan

C_s = Koefisien *skewness*

n = Jumlah sampel hujan

S = Simpangan baku atau standar deviasi

X_i = Curah hujan maksimum pertahun (mm)

X = Curah hujan rata-rata (mm)

4. Koefisien Variasi (C_v)

Adalah nilai perbandingan antara standar deviasi dan nilai rata-rata yang dihitung dari suatu distribusi. Koefisien variasi disajikan pada persamaan 5 (Soemarto, 1995).

$$C_v = \frac{S}{X} \quad (5)$$

Keterangan

C_v = Koefisien variasi

S = Simpangan baku atau standar deviasi

X = Curah hujan rata-rata (mm)

5. Koefisien *Kurtosis* (C_k)

Adalah suatu nilai yang digunakan untuk menentukan kelengkungan kurva suatu distribusi data yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Nilai kurtosis dapat digunakan untuk memahami sifat-sifat penyebaran data, termasuk bagaimana data terkonsentrasi di sekitar rata-rata atau menyebar ke ekor distribusi. Rumus yang digunakan disajikan pada persamaan 6 (Soemarto, 1995).

$$C_k = \frac{n^2 \sum (X_i - X)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad (6)$$

Keterangan

C_k = Koefisien *kurtosis*

X_i = Curah hujan maksimum pertahun (mm)

X = Curah hujan rata-rata (mm)

2.4.3. Pemilihan Jenis Distribusi Probabilitas

Syarat-syarat dalam memilih jenis distribusi yang cocok dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat Pemilihan Jenis Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat	Keterangan
Normal	$C_s \approx 0$ $C_k = 3$	Memenuhi
<i>Gumbel</i>	$C_s \leq 1,1396$ $C_k \leq 5,402$	Memenuhi
<i>Log Normal</i>	$C_s \approx 3C_v + C_v^2 = 4$ $C_k = 5,383$	Memenuhi
<i>Log Pearson III</i>	$C_s \neq 0$	Memenuhi

Sumber : Soemarto, 1995

Distribusi probabilitas adalah distribusi yang menggambarkan peluang dari sekumpulan varian data. Tujuan dilakukan analisis distribusi probabilitas adalah untuk menentukan periode ulang. Jenis distribusi probabilitas yang umum digunakan dalam analisis hidrologi adalah sebagai berikut :

1. Distribusi Normal

Distribusi Normal atau Kurva Normal juga dikenal sebagai Distribusi *Gauss* dengan persamaan 7 (Triatmodjo, 1993).

$$X_T = X + K_T \cdot S \quad (7)$$

Keterangan

X_T = Curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu (mm)

X = Curah hujan rata-rata (mm)

S = Simpangan baku atau standar deviasi

K_T = Faktor frekuensi

Faktor frekuensi (K_T) adalah fungsi dari peluang dan kala ulang yang merupakan model matematis dari distribusi probabilitas yang digunakan untuk analisis peluang. Nilai faktor frekuensi dapat dilihat pada tabel dalam Lampiran 1.

2. Distribusi *Log*

Distribusi *log* adalah hasil transformasi dari distribusi normal yang dilakukan dengan cara mengubah suatu varian normal menjadi varian logaritma. Distribusi *log* normal dinyatakan dengan persamaan 8 (Triatmodjo, 1993).

$$Y = X + K_T \cdot S \quad (8)$$

Keterangan

Y = Curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu (mm)

X = Curah hujan rata-rata (mm)

S = Simpangan baku atau standar deviasi

K_T = Faktor frekuensi

3. Distribusi *Gumbel*

Adalah nilai yang umumnya digunakan dalam menganalisis data maksimum (Triatmodjo, 1993). Persamaan distribusi *Gumbel* disajikan pada persamaan 9, 10 dan 11.

$$X_T = X + S \cdot K \quad (9)$$

dengan

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \quad (10)$$

dengan

$$Y_T = -\ln \left[-\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right] \quad (11)$$

Keterangan

X_T = Curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu (mm)

X = Curah hujan rata-rata (mm)

S = Simpangan baku atau standar deviasi

K = Koefisien frekuensi *gumbel*

Y_T = Koefisien variasi sebagai fungsi kala ulang

Y_n = *Reduced mean*, tergantung dari jumlah data

S_n = *Reduced standard deviation*, tergantung dari jumlah data

T_r = Kala ulang (tahun)

4. Distribusi *Log Pearson* III

Adalah bentuk distribusi hasil transformasi dari Distribusi *Log Pearson* III dengan mengubah varian normal menjadi varian logaritma, termasuk parameter-parameter statistiknya dengan syarat Koefisien *Skewness* tidak boleh sama dengan nol. Jika $C_s = 0$, maka distribusi kembali ke Distribusi Log Normal. Persamaan Distribusi *Log Pearson* III disajikan pada persamaan 12 dan 13 (Triatmodjo, 1993).

$$\text{Log}X_T = \text{Log}X + G (S\text{Log}X) \quad (12)$$

$$X_T = 10^{\text{Log}X_T} \quad (13)$$

Keterangan

X_T = Curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu (mm)

$\text{Log}X$ = Nilai logaritma dari curah hujan rata-rata

G = Faktor penyimpangan

$S \log X$ = Nilai logaritma dari simpangan baku

2.4.4. Uji Distribusi

Uji distribusi dilakukan dengan dua metode pengujian yaitu Uji *Chi-Square* (χ^2) dan Uji *Smirnov-Kolmogorov*.

1. Uji *Chi-Square* (χ^2)

Dapat dihitung dengan persamaan berikut dengan tujuan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mempresentasikan distribusi statistik dari data sampel yang dianalisis. Kesesuaian antara distribusi probabilitas dan data sampel sangat penting untuk memastikan bahwa hasil analisis frekuensi dapat diandalkan dan digunakan untuk memprediksi kejadian ekstrem dengan akurasi yang tinggi dan disajikan pada persamaan 14 (Triatmodjo, 1993).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (14)$$

Keterangan

χ^2 = Parameter *Chi –Square* terhitung

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke- i

E_i = Jumlah data dari persamaan distribusi yang digunakan

2. *Smirnov-Kolmogorov*

Pengujian dilakukan dengan cara menunjukkan perbandingan dari setiap varian data dari distribusi empiris dan teoritis. Apabila pada derajat kepercayaan tertentu nilai Δ_{maks} yang diperoleh kurang dari Δ_{kritis} , maka pengujian dianggap tidak valid. Pengujian ini dilakukan untuk menguji kebenaran atau validasi dari sebaran data hujan yang digunakan. Berdasarkan nilai kritis (*Smirnov-Kolmogorv*) ditentukan oleh nilai D_0 . Jika X^2 lebih kecil dari D_0 , distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima. Jika X^2 lebih besar dari D_0 , maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima (Triatmodjo, 1993).

2.4.5. Periode Ulang

Menurut (Triatmodjo, 1993) periode ulang adalah waktu hipotesis dari suatu kejadian debit atau hujan yang pernah terjadi dalam suatu besaran tertentu akan kembali terulang dengan jumlah yang sama atau melebihi satu kali dalam periode waktu tertentu. Untuk melakukan analisis frekuensi kejadian hujan secara akurat, perlu ditentukan periode ulang yang sesuai dengan karakteristik wilayah studi. Salah satu acuan yang dapat digunakan dalam menentukan periode ulang adalah luas daerah tangkapan air hujan. Menurut (Peraturan Menteri PU RI No12/PRT/M/ 2014 Lampiran 1, 2014), dalam menentukan periode ulang yang cocok untuk melakukan analisis frekuensi dapat ditentukan berdasarkan luas daerah tangkapan air hujan, seperti terlihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kala Ulang Berdasarkan Topologi dan Luas Tangkapan

Topologi Kota	Luas Tangkapan Hujan (Ha)			
	<10	10-100	101-500	>500
Kota Metropolitan	2 Tahun	2-5 Tahun	5-10 Tahun	10-25 Tahun
Kota Besar	2 Tahun	2-5 Tahun	2-5 Tahun	5-20 Tahun
Kota Sedang	2 Tahun	2-5 Tahun	2-5 Tahun	5-10 Tahun
Kota Kecil	2 Tahun	2 Tahun	2 Tahun	2 Tahun

Sumber : Peraturan Menteri PU No. 12 Tahun 2014, Lampiran 1

2.4.6. Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Untuk menentukan debit banjir rencana (*design flood*), perlu didapatkan harga suatu intensitas curah hujan terutama bila digunakan metode rasional. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi (Ishadi et al., 2018). Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau (Soemarto, 1995).

1. Menurut Dr. Mononobe

Digunakan apabila data curah hujan yang tersedia hanya curah hujan harian (Soemarto, 1995) dan disajikan pada persamaan 15.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (15)$$

Keterangan

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R₂₄ = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

t = Lamanya curah hujan (jam)

2. Menurut Sherman

Digunakan apabila data curah hujan yang tersedia memiliki durasi panjang hingga 24 jam, tidak akurat untuk semua kondisi iklim (Soemarto, 1995) dan disajikan pada persamaan 16, 17 dan 18.

$$I = \frac{a}{t^b} \quad (16)$$

$$\log a = \frac{\sum_{i=1}^n (\log i) \sum_{i=1}^n (\log t)^2 - \sum_{i=1}^n (\log t \cdot \log i) \sum_{i=1}^n (\log t)}{\sum_{i=1}^n (\log t)^2 - (\sum_{i=1}^n (\log t))^2} \quad (17)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (\log i) \sum_{i=1}^n (\log t) - n \sum_{i=1}^n (\log t \cdot \log i)}{\sum_{i=1}^n (\log t)^2 - (\sum_{i=1}^n (\log t))^2} \quad (18)$$

Keterangan

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan (menit)

a,b = Konstanta lama curah hujan yang terjadi di daerah aliran

n = Banyaknya pasangan data i dan t

3. Menurut Talbot

Rumus ini digunakan apabila data curah hujan yang tersedia memiliki durasi pendek, dan terbatas atau data yang tidak lengkap (Soemarto, 1995) (Soemarto, 1995) dan disajikan pada persamaan 19, 20 dan 21.

$$I = \frac{a}{(t+b)} \quad (19)$$

Keterangan

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan (menit)

a,b = Konstanta lama curah hujan yang terjadi di daerah aliran

n = Banyaknya pasangan data i dan t

$$a = \frac{\sum_{j=1}^n (i \cdot t) \sum_{j=1}^n (i^2) - \sum_{j=1}^n (i^2 \cdot t) \sum_{j=1}^n (i)}{\sum_{j=1}^n (i^2) - \left(\sum_{j=1}^n (i)\right)^2} \quad (20)$$

$$b = \frac{\sum_{j=1}^n (i) \sum_{j=1}^n (i \cdot t) - n \sum_{j=1}^n (i^2 \cdot t)}{\sum_{j=1}^n (i^2) - \left(\sum_{j=1}^n (i)\right)^2} \quad (21)$$

4. Menurut Ishiguro

Rumus ini digunakan apabila hujan yang tersedia memiliki durasi pendek, dan terbatas atau data yang tidak lengkap (Soemarto, 1995) dan disajikan pada persamaan 22, 23 dan 24.

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \quad (22)$$

Keterangan

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan (menit)

a,b = Konstanta lama curah hujan yang terjadi di daerah aliran

n = Banyaknya pasangan data i dan t

$$a = \frac{\sum_{j=1}^n (i \cdot \sqrt{t}) \sum_{j=1}^n (i^2) - \sum_{j=1}^n (i^2 \cdot \sqrt{t}) \sum_{j=1}^n (i)}{\sum_{j=1}^n (i^2) - \left(\sum_{j=1}^n (i)\right)^2} \quad (23)$$

$$b = \frac{\sum_{j=1}^n (i) \sum_{j=1}^n (i \sqrt{t}) - \sum_{j=1}^n (i^2 \cdot \sqrt{t})}{\sum_{j=1}^n (i^2) - \left(\sum_{j=1}^n (i)\right)^2} \quad (24)$$

2.4.7. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Untuk mencari debit banjir rencana dapat digunakan beberapa metode diantaranya hubungan empiris antara curah hujan dengan limpasan (Khairul et al., 2023). Metode ini paling banyak dikembangkan sehingga didapat beberapa rumus diantaranya sebagai berikut (Sosrodarsono & Takeda, 2003) dan disajikan pada persamaan 25 dan 26.

1. Rumus Rasional

$$Q_r = 0,278 CIA \quad (25)$$

$$Q_r = \frac{CIA}{3,6} \quad (26)$$

Keterangan

Q_r = Debit maksimum rencana ($m^3/detik$)

I = Intensitas curah hujan selama konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah aliran (Km^2)

C = Koefisien *run off*

2.5. Pemakaian dan Kebutuhan Air

Air merupakan salah satu kebutuhan primer bagi kehidupan manusia dan semua makhluk hidup lainnya (Zulhilmi, 2019). Menurut (Kalensun, 2016) kebutuhan air merupakan jumlah air yang diperlukan oleh makhluk hidup untuk memenuhi kebutuhan air bersih yang akan datang (Ajis & Mawardin, 2024). Kebutuhan air difungsikan untuk berbagai peruntukkan atau kegiatan masyarakat dalam wilayah suatu wilayah baik dalam segi kebutuhan domestik, non-domestik, pertanian, perkebunan dan Industrial (Astuti, Sungkowo, Aji, et al., 2018). Perbedaan kebutuhan air bagi manusia disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya adalah faktor jumlah penduduk dan aktivitas yang dilakukan (Alihar, 2018).

1. Kebutuhan air bersih domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan air bersih (Astuti, Sungkowo, & Kristanto, 2018) bagi keperluan rumah tangga yang dilakukan melalui Sambungan Rumah

(SR) dan kebutuhan umum yang disediakan melalui fasilitas Hidran Umum (HU) (Simanjuntak, 2021). Pada penelitian ini satuan kebutuhan air dinyatakan dalam liter/orang/hari (l/o/h). Besar kebutuhan tergantung dari kategori kota berdasarkan jumlah penduduk (Simanjuntak et al., 2021).

Berdasarkan Ditjen Cipta Karya, 2000 mengenai kriteria penyediaan air bersih (Yusuf, 2021), kebutuhan air bersih penduduk juga dibagi berdasarkan jenis kota dan jumlah penduduk di suatu wilayah tertentu seperti yang tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Kategori Kebutuhan Air Domestik

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Jiwa				
		>1.000.000	500.000 S/D 1.000.000	100.000 S/D 500.000	20.000 S/D 100.000	<20.000
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1	Konsumsi unit sambungan rumah (SR) l/o/h	190	170	130	100	80
2	Konsumsi unit hidran umum (HU) l/o/h	30	30	30	30	30
3	Konsumsi unit non-domestik l/o/h (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
S4	Kehilangan air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5	Faktor hari maksimum	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
6	Faktor jam puncak	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
7	Jumlah jiwa per SR	5	5	5	5	5
8	Jumlah jiwa per HU	100	100	100	100	100
9	Sisa tekan di penyediaan distribusi (mka)	10	10	10	10	10
10	Jam operasi Volume	24	24	24	24	24
11	reservoir (% <i>max day demand</i>)	20	20	20	20	20
12	SR : HR	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	80:20	70:30	70:30
13	Cakupan pelayanan (%)	90	90	90	90	70

Sumber : Ditjen Cipta Karya tahun 2000 dalam (Yusuf, 2021)

Menurut (Musfira, 2018), terdapat dua faktor yang perlu diperhatikan untuk memenuhi kebutuhan air bersih domestik, yaitu :

- a. Jumlah penduduk yang akan dilayani menurut target tahapan perencanaan sesuai dengan rencana cakupan pelayanan;
- b. Tingkat pemakaian air bersih diasumsikan tergantung pada kategori daerah dan jumlah penduduknya.

2. Kebutuhan Air Bersih Untuk Non-domestik

Kebutuhan air sebagai pemenuhan sarana dan prasarana, seperti sekolah, masjid, musholla, puskesmas dan peternakan/perkebunan. Berdasarkan Ditjen Cipta Karya angka kebutuhan air non-domestik (industri, komersial, institusi dan sosial) adalah 15% sampai dengan 30% dari kebutuhan domestik (Astani et al., 2021). Standar kebutuhan air non-domestik mencakup pemakaian air di luar keperluan rumah tangga (Renaldi et al., 2021). Dalam penelitian ini, kebutuhan air non-domestik difokuskan pada Gedung Kuliah Umum 2 ITERA, dengan *toilet*, *wastafel*, dan tempat wudhu sebagai sumber utama air bekas (*greywater*) yang akan dimanfaatkan. Kebutuhan air non-domestik antara lain (Noperissa & Waspodo, 2018) :

- a. Penggunaan komersial dan industri
Penggunaan air oleh badan-badan komersial dan industri, mulai dari proses produksi di pabrik hingga layanan di hotel dan restoran.
- b. Penggunaan umum
Penggunaan air untuk bangunan-bangunan pemerintah, rumah sakit, sekolah-sekolah dan tempat-tempat ibadah.

Kebutuhan air non-domestik untuk kota dapat dibagi dalam beberapa kategoriantara lain (Yanti & Dewanti, 2022) :

- a. Kota kategori I (Metro)
- b. Kota kategori II (Kota besar)
- c. Kota kategori III (Kota sedang)
- d. Kota kategori IV (Kota kecil)
- e. Kota kategori V (Desa)

Kebutuhan air bersih non-domestik untuk kategori I sampai dengan V dan beberapasektor lain disajikan pada Tabel 4, 5 dan 6.

Tabel 4. Kategori Kebutuhan Air Non-domestik

No.	Sektor	Nilai	Satuan
1	Sekolah	10	Liter/murid/hari
2	Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
3	Puskesmas	2.000	Liter/hari
4	Masjid	3.000	Liter/hari
5	Kantor	10	Liter/pegawai/hari
6	Pasar	12.000	Liter/hektar/hari
7	Hotel	150	Liter/bed/hari
8	Rumah Makan	100	Liter/tempat duduk/hari
9	Kompleks Militer	60	Liter/orang/hari
10	Kawasan Industri	0,2-0,8	Liter/detik/hari
11	Kawasan Pariwisata	0,1-0,3	Liter/detik/hari

Sumber : Ditjen Cipta Karya tahun 2000

Tabel 5. Kebutuhan Air Non-domestik Kota Kategori I, II, III Dan IV

No.	Sektor	Nilai	Satuan
1	Sekolah	2	Liter/murid/hari
2	Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
3	Puskesmas	1.200	Liter/hari
4	Hotel/Losmen	90	Liter/hari
5	Komersial/Industri	10	Liter/hari

Sumber : Ditjen Cipta Karya tahun 2000

Tabel 6. Kebutuhan Air Bersih Kategori V

No.	Sektor	Nilai	Satuan
1	Lapangan terbang	10	Liter/det
2	Pelabuhan	50	Liter/det
3	Stasiun KA-Terminal bus	1.200	Liter/det
4	Kawasan Industri	0,75	Liter/det/ha

Sumber : Ditjen Cipta Karya tahun 2000

3. Perhitungan Kebutuhan Air

Perhitungan kebutuhan air secara langsung dan aktual dapat dilakukan dengan cara bertanya langsung kepada pengguna yaitu dengan menggunakan cara survei dan kuesioner kepada Civitas akademika ITERA. Pengumpulan data secara kuesioner tidak efisien jika dilakukan kepada seluruh masyarakat. Terdapat beberapa metode terkait untuk mempermudah dalam penyebaran kuesioner. Roscoe dalam buku *Research Methods For Business* tahun 1982 yang dikutip oleh (Rosadi et al., 2023) menyebutkan bahwa ukuran sampel yang layak dalam penelitian adalah antara 30 sampai dengan 500. Selain itu, terdapat salah satu metode dengan tingkat reabilitas dan validitas cukup tinggi yaitu dengan metode Slovin. Metode Slovin adalah teknik untuk menghitung ukuran sampel yang diperlukan dalam penelitian, terutama ketika populasi yang diteliti cukup besar (Susanti et al., 2019) (Anugraheni et al., 2023). Teknik ini membantu menentukan jumlah sampel yang representatif, sehingga hasil penelitian dapat dipercaya (Hermanto et al., 2023). Rumus yang digunakan dalam metode Slovin disajikan pada persamaan 27 (Supriyanto & Iswandari, 2017).

$$n = \frac{N}{1 + N(e^2)} \quad (27)$$

Keterangan

n = Jumlah sampel yang dibutuhkan

N = Total jumlah populasi

e = *Margin of error* (tingkat kesalahan yang diinginkan)

Pada penelitian ini menggunakan metode Slovin dalam perhitungan jumlah sampel kuesioner dengan tingkat kesalahan yang diinginkan 10% atau 0,1. Pemilihan margin kesalahan 10% dilakukan untuk memberikan tingkat keakuratan yang memadai dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya (Salsabila & Hapsari, 2022), serta untuk memastikan bahwa hasil survei tetap dapat menggambarkan kondisi yang ada di populasi secara representatif (Nugraha & Santosa, 2020). Secara garis besar, rumus perhitungan kebutuhan air suatu gedung disajikan pada persamaan 28 .

$$KA = \sum A \cdot K_s \quad (28)$$

Keterangan

KA = Kebutuhan air (liter/orang/hari)

$\sum A$ = Jumlah orang yang beraktivitas (orang)

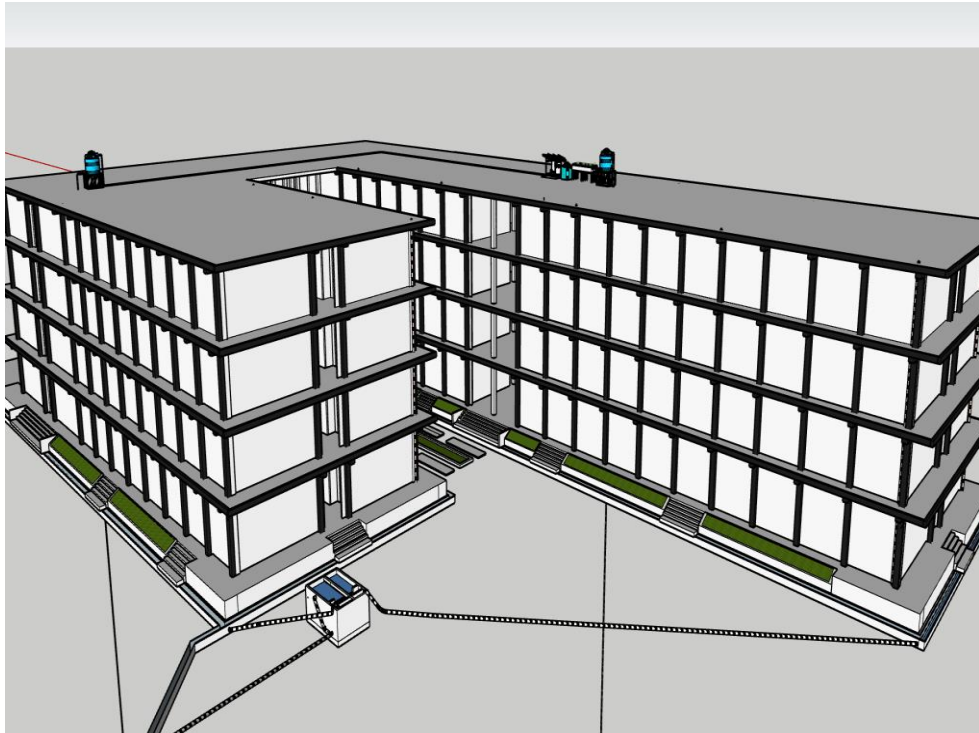
K_s = Rata-rata konsumsi air (liter/hari)

2.6. Pemanenan Air Hujan dan Kualitas Pemanenan Air Hujan

Menurut (Harsoyo, 2010), upaya pemanenan air hujan telah menjadi bagian penting dari agenda *global environmental water resource management* di dunia Internasional. Agenda ini bertujuan untuk mengatasi berbagai masalah yaitu ketimpangan air pada saat musim hujan dan kemarau, kekurangan suplai air bersih bagi penduduk dunia, serta penanggulangan banjir dan kekeringan. Teknik pemanenan air hujan ini dilakukan dengan cara mengumpulkan air hujan yang jatuh pada *catchment area* berupa atap gedung, jalan, atau lapangan kemudian disimpan dengan menggunakan berbagai log untuk digunakan pada masa mendatang.

2.6.1. Metode Pemanenan Air Hujan

Metode pemanenan air hujan dalam penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan atap GKU 2 ITERA sebagai area tangkapan air hujan (*roof catchment area*). Air hujan yang jatuh ke atap gedung akan disalurkan menuju bak penampungan melalui saluran berupa talang tegak. Talang tegak dipilih karena efektif dalam mengalirkan air hujan dengan cepat dan mencegah genangan air di atap gedung. *Ground water tank* (GWT) dirancang dengan mempertimbangkan volume air hujan dan *greywater* dan kebutuhan air harian GKU 2 ITERA. Secara garis besar pemanenan air hujan dengan metode ini memiliki tiga komponen utama yaitu *collector* (atap sebagai daerah tangkapan), *conveyor* (sebagai saluran air), dan *storage* (bak penampung air hujan). Skema pemanenan air hujan dengan metode *roof catchment area* diilustrasikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Metode Pemanenan Air Hujan

2.6.2. Sistem Pemanenan Air Hujan

Sistem pemanenan air hujan pada penelitian ini diklasifikasikan ke dalam beberapa sistem berikut :

1. Sistem Penangkap (*Collection System*)

Kondisi daerah tangkapan air hujan yang direncanakan akan mempengaruhi kualitas dan kuantitas air hujan yang diperoleh. Sistem penangkap yang biasa digunakan selain atap bangunan adalah jalan raya, lapangan terbuka, dan saluran.

2. Sistem *Filter* (*Filtering System*)

Sistem ini berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran yang terbawa bersama air hujan berupa daun, kotoran hewan, dan lain-lain. Sistem ini merupakan upaya peningkatan kualitas air yang dipanen agar air terbebas dari zat kontaminan. Pada penelitian ini menggunakan *honeycomb* sebagai pemisah partikel padat pada *ground water tank*. *Honeycomb* ditempatkan pada bagian kolam endapan GWT untuk

memaksimumkan efektivitas penyaringan dan memudahkan proses pembersihan atau penggantian secara berkala.

3. Sistem Penampung (*Storage System*)

Sistem penampungan air hujan dapat berupa tangki alami maupun buatan. Contohnya seperti kolam, *ground water tank*, tong air ataupun bak air. Sistem penampungan ini harus ditempatkan pada lokasi yang terlindung dari sinar matahari langsung untuk mencegah terjadinya penguapan dan kontaminasi unsur atau zat yang tidak diperlukan.

4. Sistem Pengaliran (*Conveyance System*)

Pompa yang baik untuk pengaliran adalah pompa yang tidak berisik dan tidak bergetar. Pipa perlu dikubur di bawah tanah, agar air tidak memicu pipa pecah akibat faktor tekanan maupun *human error*. Pada penelitian ini menggunakan dua jenis pipa yaitu PVC dan PPR.

5. Sistem Monitor (*Control System*)

Sistem monitor menangani seluruh sistem secara otomatis dalam persediaan air hujan yang stabil. Unit kontrol sistem dilengkapi dengan sistem pengisian air yang mengisi air secara konstan ketika jumlah air hujan yang disimpan tidak mencukupi, dan berfungsi seperti pengukuran tingkat air tambahan, kontrol aliran balik, pemberitahuan kesalahan, perangkat kontrol pompa, pengukuran penggunaan, pencatatan data.

2.6.3. Kuantitas Pemanenan Air Hujan

Dalam penelitian ini, konsep penampungan air hujan yang digunakan adalah dengan wilayah tangkapan berupa atap yang kemudian dialirkan ke bak penampung. Perhitungan sederhana yang dapat digunakan menurut (Worm & Hattum, 1991) untuk perkiraan jumlah air yang dipanen dari hasil *roof catchment* area disajikan pada persamaan 29 (Kustyaningrum & Lasminto, 2023).

$$S = A \times M \times F \quad (29)$$

Keterangan

S = Suplai air hujan yang dapat ditampung (m³)

F = Koefisien *runoff*

M = Curah hujan harian rata-rata (mm)

A = Luas tangkapan air hujan (m²)

Koefisien *runoff* didefinisikan sebagai rasio aliran antara puncak limpasan dengan intensitas hujan (Wijaya et al., 2014). Koefisien *runoff* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu laju *infiltrasi* tanah, persentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tutupan lahan, dan intensitas hujan (Anna, 2014). Koefisien *runoff* memperhitungkan kehilangan air karena benturan, penguapan, kebocoran, dan luapan. Nilai koefisien *runoff* atau limpasan dengan metode U.S. *Forest Service* untuk jenis bidang atap dengan perkerasan beton berada pada rentang 0,75 hingga 0,95 (Hadiyaturrohmi, 2021).

Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi banyaknya air hujan yang dapat ditangkap oleh atap.

1. Kemiringan Atap

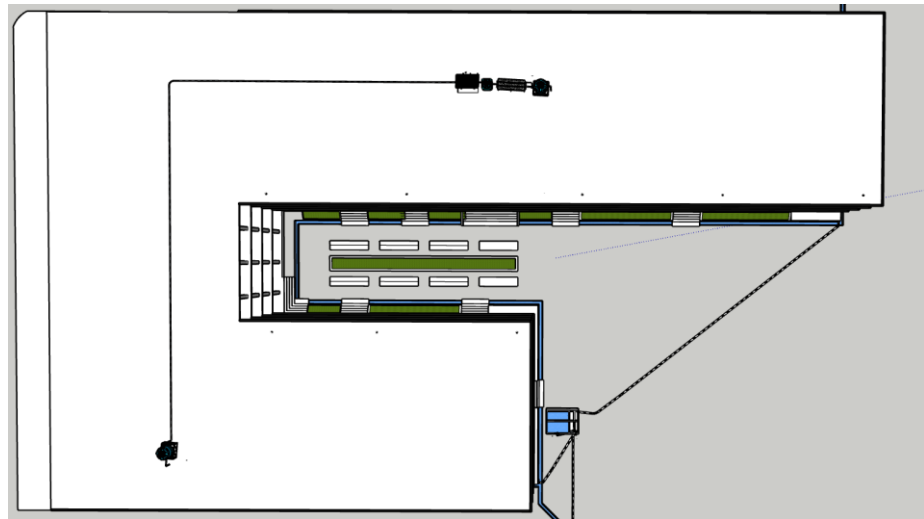
Kecepatan dari *runoff* air hujan dipengaruhi oleh kemiringan atap (Zuliarti & Saptomo, 2021). Atap dengan kemiringan yang tinggi atau curam akan lebih cepat mengumpulkan air hujan dibandingkan dengan atap yang lebih datar. Gedung Kuliah Umum 2 ITERA memiliki atap beton datar dengan sedikit kemiringan menuju ke talang tegak air hujan, seperti yang disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kemiringan Atap GKU 2 ITERA

2. Luas Atap (*Catchment Area*)

Luas ukuran atap mempengaruhi kuantitas air hujan yang dapat dipanen (Kustyaningrum & Lasminto, 2023). Luas dari area tangkapan hujan dapat dihitung berdasarkan bentuk dari luas atap yang tegak lurus terhadap bidang jatuh hujan disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Luas Atap GKU 2 ITERA

Luas tangkapan air hujan berdasarkan Gambar 5 dapat dihitung menggunakan persamaan 30 (Yuniar, 2021).

$$\text{Luas Tangkapan Hujan} = L \cdot W \quad (30)$$

Keterangan

L = Panjang atap (m)

W = Lebar atap (m)

2.6.4. Kapasitas tampungan

Tangki penampung air hujan harus didesain sedemikian rupa agar tangki yang dibuat tidak *over design*. Adapun rumus perhitungan kapasitas tangki penampung disajikan pada persamaan 31 (Yuniar, 2021).

$$V = \sum S-B \quad (31)$$

Keterangan

V = Volume *Storage* (m³)

S = Suplai air hujan yang dapat diterima perhari (m^3)

B = Total kebutuhan air perhari (m^3)

Setelah menghitung volume air hujan yang mampu ditampung, kemudian dapat dihitung daya dukung *rainwater harvesting system* dalam memenuhi kebutuhan air dengan persamaan 32 (Ardin et al., 2024).

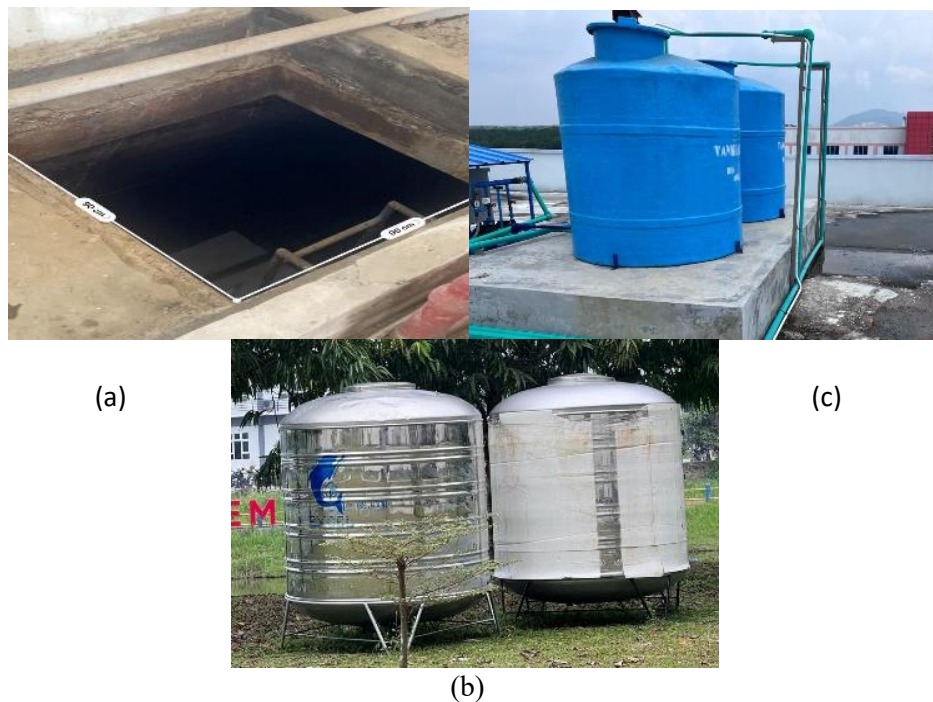
$$\text{DD RWH} = \frac{N}{X} \cdot 100 \quad (32)$$

Keterangan

N = Jumlah hari RWH mampu memenuhi kebutuhan air

X = Jumlah hari dalam satu tahun

Berikut merupakan beberapa jenis tangki penampung air hujan yang umum digunakan disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Jenis Tangki Air Hujan

(a) Tangki *Ferro-cement* (b) Tangki *Fiberglass* (c) Tangki *Stainless Steel*

1. *Ferro-cement*/Beton

Ferro-cement adalah salah satu inovasi dari teknologi beton bertulang konvensional dengan cara memodifikasi beton dengan besi *ferro* yang memiliki sifat ringan, kuat, tahan lama, dan tahan terhadap retakan.

Tangki ini dapat dibuat dengan beragam bentuk sesuai dengan kebutuhannya.

2. Tangki *Fiberglass*

Tangki ini dapat diletakkan di atas permukaan tanah maupun di bawah permukaan tanah. Kelebihan dari jenis tangki ini adalah sifatnya yang ringan, ekonomis, dan juga tahan lama.

3. Tangki *Stainless Steel*

Jenis tangki ini sangat umum digunakan pada penempatan tangki di atas permukaan tanah. Tangki ini memiliki kelebihan tahan terhadap lumut, tetapi sangat rentan terhadap korosi sehingga tangki ini tidak disarankan ditempatkan di daerah pantai yang memiliki kandungan garam yang tinggi.

2.6.5. Kualitas Air

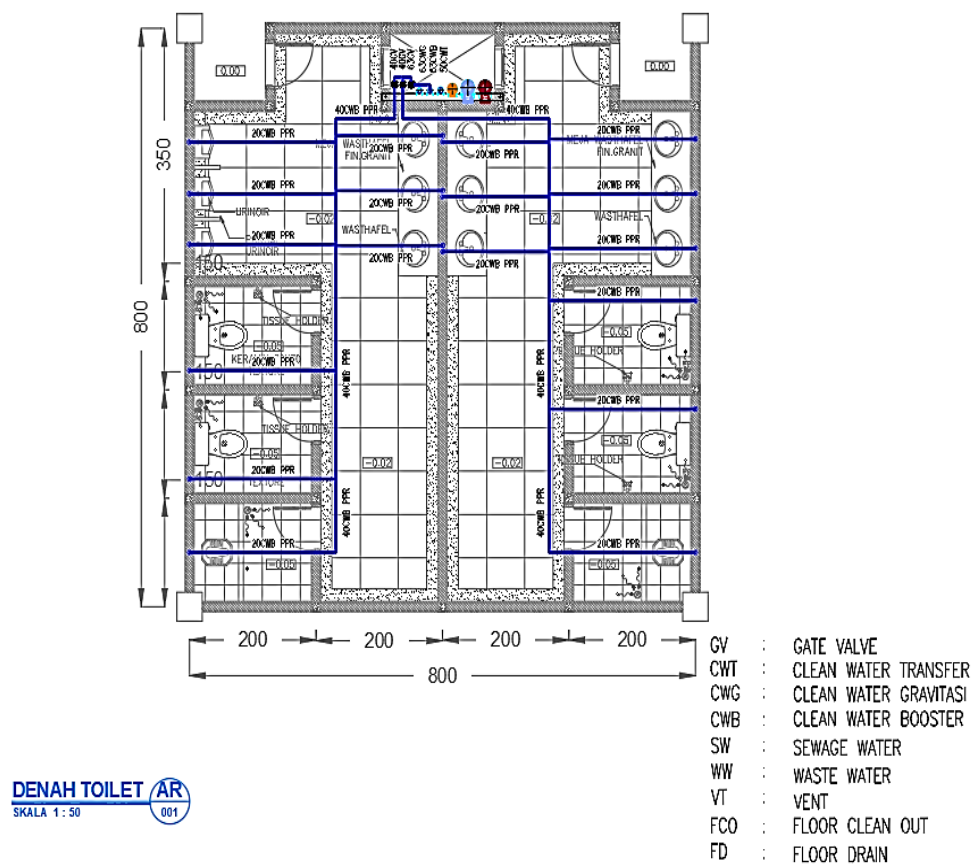
Kualitas air menyatakan tingkat kesesuaian air terhadap penggunaan tertentu dalam memenuhi kebutuhan manusia dan lingkungannya (Barang & Saptomo, 2019). Pengolahan air untuk *flush toilet* umumnya melibatkan tahapan penyaringan untuk menghilangkan partikel padat dan *desinfeksi* untuk membunuh bakteri patogen. Namun, fokus utama pada penelitian ini adalah peningkatan kualitas fisik air melalui proses penyaringan *honeycomb* yang efektif. Rencana pengolahan air ditujukan untuk *flush toilet*, maka penelitian ini dilakukan sebatas kualitas air terhadap sifat fisiknya diantaranya (P3SDA, 2017) :

1. Bahan-bahan padat, diukur dengan melakukan penyaringan, pengendapan dan penguapan, zat padat ini dapat mempengaruhi kualitas air.
2. Kekeruhan, karena adanya kandungan material yang kasat mata dalam air, seperti tanah liat, lempung, bahan organik dan non organik.
3. Warna, air murni tidak berwarna, dan warna air diakibatkan oleh adanya material yang larut atau koloid dalam suspensi atau mineral. Sinar matahari secara alamiah mempunyai sifat disinfeksi.

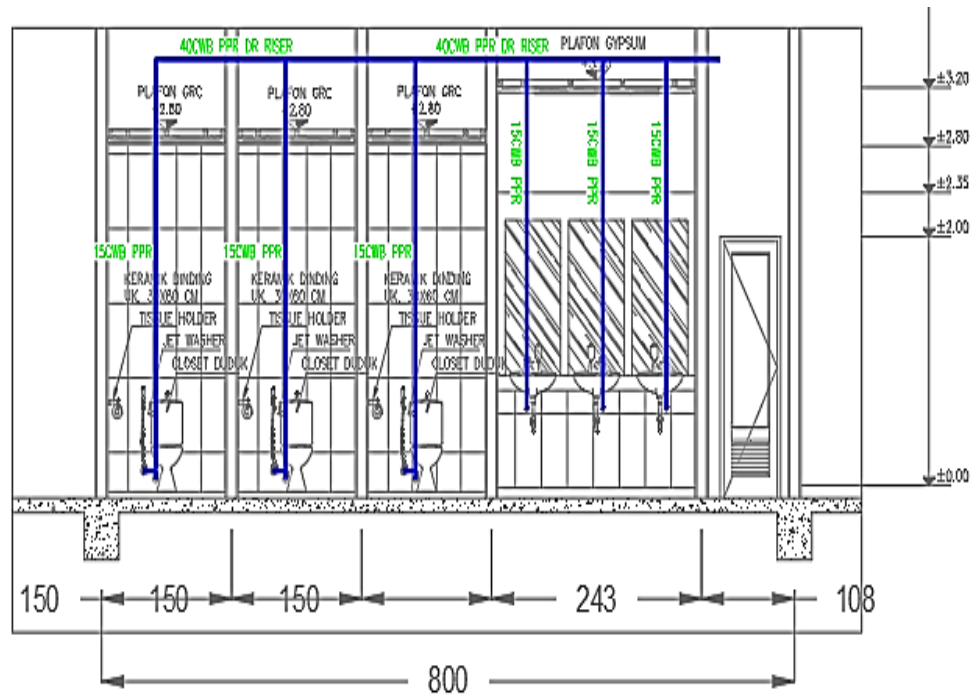
2.7. Pengelolaan air

Gedung Kuliah Umum 2 (GKU 2) merupakan salah satu bangunan terbaru ITERA yang baru diresmikan pada tahun 2024. GKU 2 merupakan gedung kuliah terbesar di ITERA saat ini dengan dengan luas bangunan 12.000 m² empat lantai, luas atap 3.503,240 m² dengan kapasitas 4.000 mahasiswa. Luas atap yang cukup besar sebanding dengan *catchmen area* atau luas tangkapan hujan yang besar (Almutahar et al., 2024). Hal ini dapat dimanfaatkan menjadi lokasi pemanenan air hujan yang cukup baik.

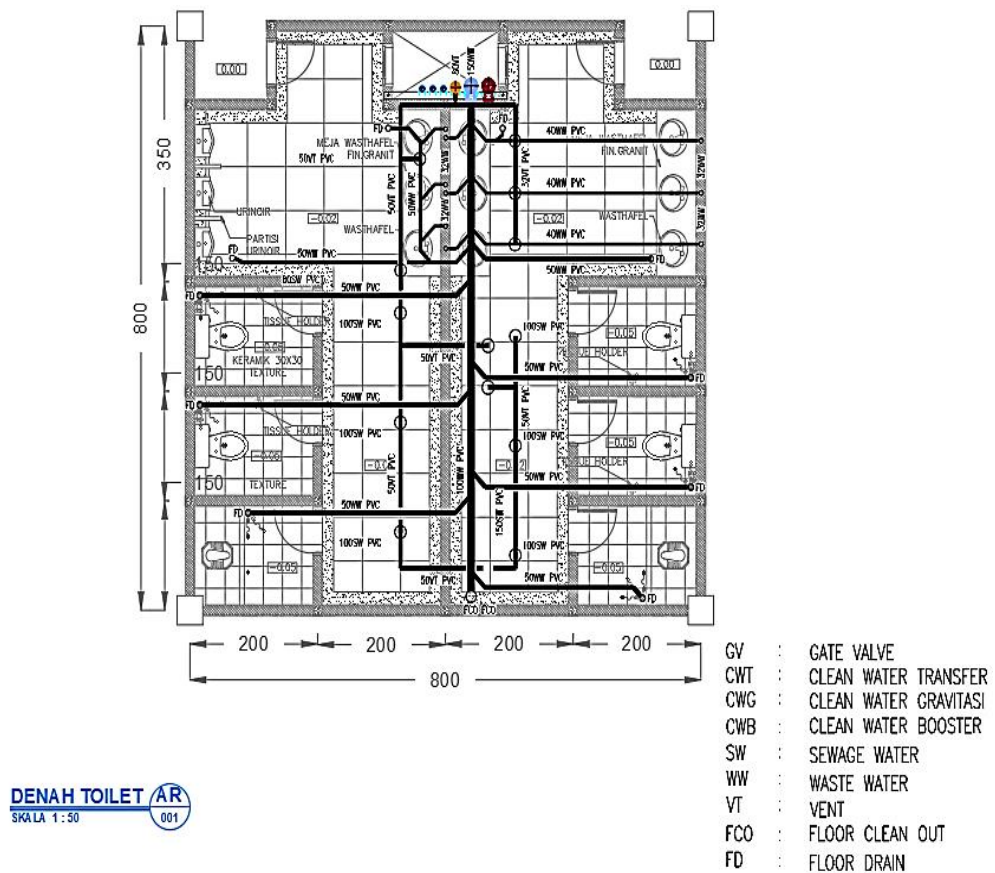
Gedung Kuliah Umum 2 direncanakan sebagai gedung percontohan dalam pelaksanaan konsep pengawetan air hujan untuk mendukung moto ITERA yaitu *smart, friendly, and forrest campus*. Rencananya pengawetan air hujan yang dilakukan di GKU 2 ITERA mencakup *rainwater harvesting*, pengelolaan air bekas (*greywater*) dan digunakan Kembali menjadi *flush toilet*. Alur perpipaan eksisting disajikan pada Gambar 7, 8, 9 dan 10.



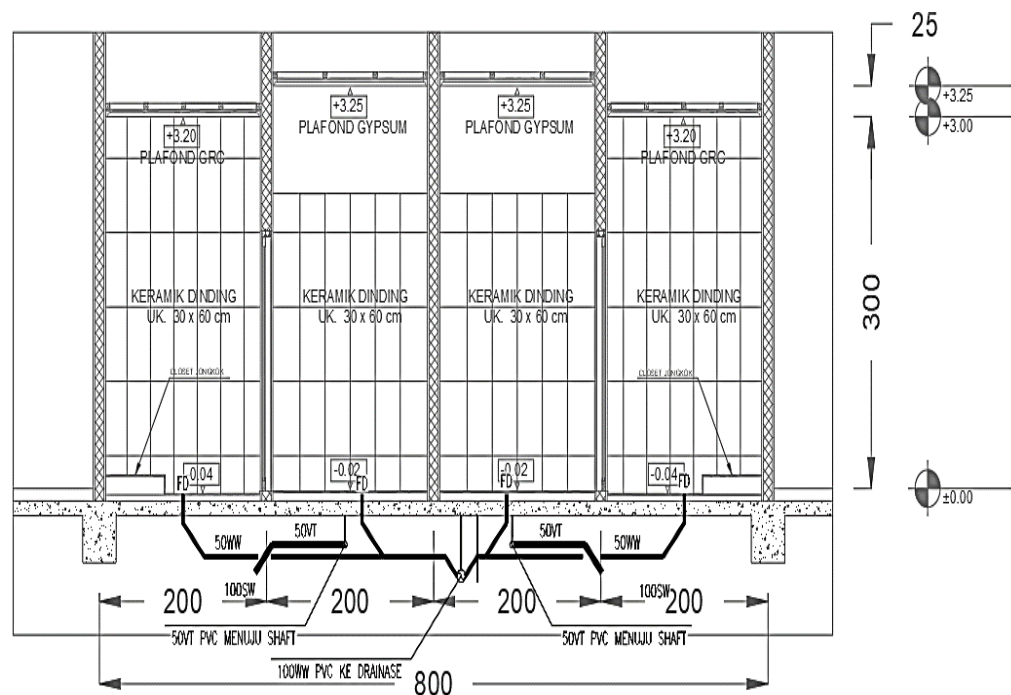
Gambar 7. Detail Perpipaan Air Bersih Tampak Atas



Gambar 8. Detail Perpipaan Air Bersih Tampak Memanjang



Gambar 9. Detail Perpipaan Air Bekas Tampak Atas



Gambar 10. Detail Perpipaan Air Bekas Tampak Memanjang

2.8. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan penentuan jumlah atau besaran biaya yang digunakan untuk melaksanakan suatu proyek konstruksi (Mokolensang et al., 2021). Rencana anggaran berupa biaya perkiraan yang akan dibutuhkan selama pekerjaan konstruksi. Karena dalam bentuk perkiraan, maka rencana anggaran biaya bukanlah biaya yang pasti, tetapi mendekati jumlah yang sebenarnya. Perhitungan rencana anggaran juga harus dilakukan secara detail agar tidak terlalu jauh dari biaya yang sebenarnya. Hal-hal yang diperlukan dalam penyusunan RAB adalah sebagai berikut (Lang et al., 2023) :

1. Gambar rencana.
2. Harga satuan bahan dan upah pekerjaan di lapangan.
3. Analisis harga satuan barang/jasa
4. Akumulasi perhitungan volume pekerjaan
5. Analisis harga sewa barang/jasa

RAB pada suatu daerah akan berbeda karena perbedaan harga satuan di pasaran setiap daerah. Pada penelitian tugas akhir ini menggunakan harga satuan Bandar Lampung/ ITERA Tahun 2024.

2.9. *Novelty* Penelitian

Penelitian mengenai pemanfaatan air bekas atau pemanenan air hujan menjadi air ter fungsikan memang bukanlah hal baru. Penelitian ini terdapat pembaruan, penggabungan, dan penafsiran dari beberapa jurnal atau publikasi terdahulu yang telah disesuaikan dengan kondisi, wilayah, iklim dan pemanfaatan sumber daya yang ada di lokasi studi Gedung Kuliah Umum 2 ITERA yang terletak di Provinsi Lampung. Sebagai penunjang terdapat beberapa penelitian pokok yang menjadi referensi dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. *Novelty* Penelitian

No.	Judul	Penulis/Tahun Terbit	Membahas Mengenai	Pembaruan
1	Analisa Debit Air Hujan Dengan Metode <i>Rainwater Harvesting</i> untuk Kebutuhan Air Bersih Di SD N 066656 Kecamatan Medan Selayang	(Suud & Franchitika, 2020)	Debit air yang dapat dipanen pada lokasi studi	Membahas mengenai pemanfaatan air, kebutuhan pemakaian, pemodelan distribusi, dan rancangan anggaran biaya
2	Pemanenan Air Hujan Sebagai Alternatif Pemenuhan Akses Air Baku	(Rosadi et al., 2023)	Debit air yang dapat dipanen pada lokasi studi dan rancangan biaya penampungan air	Membahas mengenai pemanfaatan air, kebutuhan

Tabel 7. *Novelty* Penelitian (Lanjutan)

No.	Judul	Penulis/Tahun Terbit	Membahas Mengenai	Pembaruan
	Air Bersih di Kabupaten Trenggalek			pemakaian, dan pemodelan distribusi
3	Perancangan Gedung Balai Kota Batam dengan Penerapan Konsep <i>Green Building</i> Dan <i>Smart Building</i>	(Supriyanto, 2023)	Perencanaan pemanenan air hujan pada gedung yang belum dibangun	Perencanaan pemanenan air hujan pada gedung yang sudah dibangun
4	Sistem Daur Ulang Air Wudhu di Masjid Baitul Ilmi Kampus ITERA	(Septyandy, 2023)	Perencanaan sistem daur ulang air dan digunakan kembali dengan pengukuran kualitas air	Perencanaan disertai dengan perhitungan kebutuhan pemakaian air, perencanaan asal sumber air dan rancangan anggaran biaya
5	Perencanaan Pemanfaatan Air Buangan Ac (<i>Air Conditioner</i>) Sebagai Air Bersih: Studi Kasus Gedung Perpustakaan Pusat Universitas Tanjungpura	(Minarni et al., 2023)	Perencanaan pemanfaatan air buangan AC dengan perencanaan bak penampungan dan kualitas air	Membahas mengenai pemanfaatan air, kebutuhan pemakaian, pemodelan distribusi, dan rancangan anggaran biaya
6	<i>Suitability of Rainwater Harvesting in Saline and</i>	(Abdullah et al., 2024)	Kelangkaan air konsumsi akibat arsenik, salinitas tinggi dan polusi. Air	Jumlah mahasiswa yang terus meningkat tiap tahunnya dinilai

Tabel 7. *Novelty* Penelitian (Lanjutan)

No.	Judul	Penulis/Tahun Terbit	Membahas Mengenai	Pembaruan
	<i>Arsenic Affected Areas of Bangladesh</i>		tanah bersifat asin dengan konsentrasi tinggi (>10000 μ S/cm) akan tetapi memiliki potensi curah hujan tertinggi (berkisar antara 2.600 hingga 3.900 mm)	dapat mengakibatkan penggunaan air secara berlebihan di ITERA yang dapat menyebabkan kelangkaan air dikemudian hari
7	<i>Decision Support System for Community Managed Rainwater Harvesting: A Case Study in the Salinity-Prone Coastal Region of Bangladesh</i>	(Saha et al., 2024)	Kekurangan air dikarenakan Intrusi air laut akibat perubahan iklim. Metode yang dilakukan dengan mengevaluasi kinerja sistem pemanenan air hujan (RWH) di wilayah pesisir barat daya Bangladesh yang rawan salinitas.	Jumlah mahasiswa yang terus meningkat tiap tahunnya dinilai dapat mengakibatkan penggunaan air secara berlebihan di ITERA yang dapat menyebabkan kelangkaan air dikemudian hari
8	<i>Contribution of Rooftop Rainwater Harvesting to Climate Adaptation in The City of Hannover: Water Quality and Health Issues of Rainwater Storage in Cisterns and Ponds</i>	(Carpio-Vallejo et al., 2024)	Studi menyoroti kualitas fisikokimia dan mikrobiologi air hujan yang dipanen dari atap pribadi (RHRW) yang sebagian besar tidak dilaporkan.	Sistem pengawetan air di ITERA akan digunakan untuk <i>flushing toilet</i> , maka kualitas air yang disoroti adalah sifat fisik agar tidak merusak sistem pengawetan air

Tabel 7. *Novelty* Penelitian (Lanjutan)

No.	Judul	Penulis/Tahun Terbit	Membahas Mengenai	Pembaruan
9	<i>Assessment the Impacts of Land Cover and Climate Changes on Rainwater Harvesting Systems Using Remote Sensing and Runoff Model in Some Wadis of West Matrouh – Egypt</i>	(Salem et al., 2024)	Penelitian ini dilakukan dengan metode evaluasi potensi perubahan tutupan lahan dan dampaknya pada sistem pemanenan air hujan, dengan fokus pada wilayah pesisir barat laut Mesir.	Penelitian ini dilakukan dengan evaluasi perubahan tutupan lahan di kampus ITERA yang semula merupakan lahan terbuka hijau dan area resapan air menjadi area kampus
10	<i>Rainwater Harvesting and Storage Systems for Domestic Suplai: An overview of Research for Water Scarcity Management in Rural Areas</i>	(García-Ávila et al., 2023)	Tinjauan sistematis terhadap sistem pemanenan dan penyimpanan air hujan (RWHSS) dan pengujian kualitas air pH, kekeruhan, <i>E. Coli</i> , timbal dan <i>nitrat</i>	Sistem pengawetan air di ITERA akan digunakan untuk <i>flushing toilet</i> , maka kualitas air yang disoroti adalah sifat fisik agar tidak merusak sistem pengawetan air
11	<i>Reliability and Economic Assessment of Rainwater Harvesting Systems for Dairy Production</i>	(Muhirirwe et al., 2022)	Metode neraca air digunakan untuk menentukan ukuran tangki pabrikasi pemanenan air hujan yang optimal. Analisa ekonomi yang dengan memperhitungkan	Metode neraca air digunakan untuk menentukan ukuran GWT pemanenan air hujan yang optimal. Analisa ekonomi yang dengan memperhitungkan kelayakan dari

Tabel 7. *Novelty* Penelitian (Lanjutan)

No.	Judul	Penulis/Tahun Terbit	Membahas Mengenai	Pembaruan
			<i>payback period</i> yang efisien	sistem pemanenan air
12	<i>Feasibility of Roof Top Rainwater Harvesting Potential - A Case Study of South Indian University</i>	(Anchan & Shiva Prasad, 2021)	Krisis air bersih di perkotaan dan pesisir. Dilakukan dengan pemanenan air hujan atap (RTRWH) pada bangunan gedung universitas dengan <i>catchment</i> besar	Pertumbuhan jumlah mahasiswa yang dapat mengakibatkan krisis air bersih. Dilakukan dengan pengawetan air dan pemanenan air hujan atap (RTRWH) pada bangunan gedung universitas
13	<i>Water Quality of Membrane Filtered Rainwater</i>	(Kus et al., 2011)	Air hujan yang ditampung dari atap rumah tangga di Sydney diolah dalam dua tahap penyaringan karbon aktif <i>granular</i> (GAC) dan <i>Steri-flow Filtration Systems</i> dibandingkan dengan standar air minum	Sistem pengawetan air di ITERA akan digunakan untuk <i>flushing toilet</i> , maka kualitas air yang disoroti adalah sifat fisik menggunakan <i>honey comb</i>

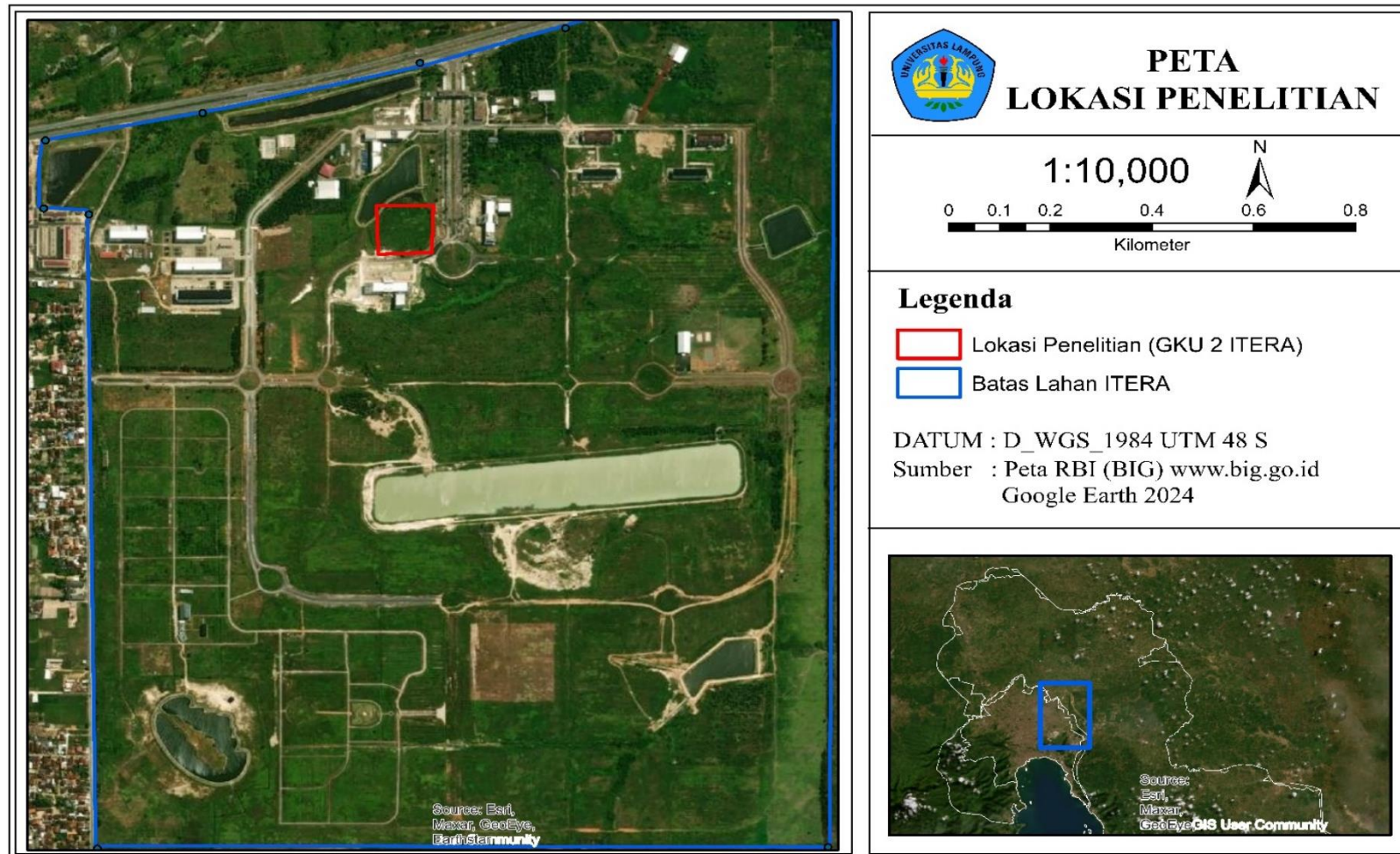
Dengan penuh rasa hormat, penelitian ini dengan tulus dirancang sebagai penerapan langsung dari konsep-konsep keilmuan, khususnya dalam rangka mendukung upaya konservasi sumber daya air. Pendekatan yang dilakukan berfokus pada pengaplikasian teori dan prinsip ilmu teknik sipil serta manajemen air secara praktis, untuk menghasilkan solusi inovatif yang dapat membantu pelestarian lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi tantangan pengelolaan air di ITERA, seperti peningkatan kebutuhan air dan ketersediaan air tanah, melalui implementasi sistem pengawetan air.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Berdasarkan RENSTRA ITERA 2019-2024, Penyusunan proposal pendirian Institut Teknologi Sumatera dilakukan pada tahun 2011. Berdasarkan hasil studi kelayakan yang dilakukan oleh tim perencana ITB, Provinsi Lampung dipilih sebagai lokasi pembangunan Kampus ITERA dan dituangkan dalam SK Mendikbud No.060/P/2012. Pendirian ITERA bertujuan untuk meningkatkan kapasitas daya tampung mahasiswa di perguruan tinggi di Sumatera (Renstra ITERA, 2019).

ITERA terletak di Kecamatan Jati Agung Kabupaten Lampung Selatan dengan luas lahan 275 Ha yang berstatus *clean and clear* yang saat ini didominasi dengan daerah resapan air dan pembangunan mencapai sekitar 20% dari Masterplan Percepatan ITERA 2017. ITERA merupakan satu-satunya Institut Teknologi di Pulau Sumatera yang masuk ke dalam Wilayah Pengembangan Strategis (WPS) Merak-Bakau Heni-Bandar Lampung-Palembang-Tanjung Api-api (MBBPT) yang menjadikan pembangunan kampus ITERA dapat berlangsung secara signifikan (Renstra ITERA, 2019). Lokasi yang strategis ini menjadi latar belakang pentingnya penelitian ini, yang bertujuan untuk mengembangkan solusi inovatif dalam pengelolaan air di ITERA melalui pemanfaatan sistem pemanenan air hujan (*rainwater harvesting*) dan pengelolaan air bekas (*greywater*). Pembangunan strategis dan signifikan bila tidak diiringi dengan pengelolaan sumber daya air yang baik, dapat menjadi bumerang untuk memenuhi kebutuhan air di ITERA dan memicu masalah lingkungan kedepannya. Lokasi penelitian dan peta ITERA disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Gedung Kuliah Umum 2 ITERA dengan titik koordinat $5^{\circ}21'37''\text{S}$ dan $105^{\circ}18'50''\text{E}$ atau 5,360347 LS dan 105,313924 BT.

Batasan wilayah dari lokasi penelitian ini adalah :

1. Utara : Gerbang Utama ITERA
2. Selatan : Gedung F ITERA
3. Barat : Embung C dan Gedung C-D ITERA
4. Timur : Gedung E ITERA

3.2. Proses Pengumpulan Data

Langkah ini dilakukan untuk mendukung data penelitian. Dalam penelitian ini data yang digunakan terbagi menjadi dua yaitu data primer dan sekunder. Penggunaan data primer dan sekunder diharapkan dapat meningkatkan reabilitas dan validitas hasil penelitian, serta memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai permasalahan yang diteliti.

3.2.1. Data Primer

Data primer merupakan data yang dikumpulkan melalui proses langsung dari rangkaian kegiatan eksperimen atau observasi yang penulis lakukan dengan mengacu pada pedoman yang ada. Data primer yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

1. Data kuesioner kebutuhan/penggunaan air pengguna GKU 2 ITERA per hari.
2. Survei pemetaan lokasi lahan tersedia untuk perencanaan pengawetan air di GKU 2 ITERA.
3. *Plumbing* Eksisting GKU 2 ITERA

Data ini digunakan untuk mengetahui aliran air bersih, air kotor, dan aliran buangan air hujan.

3.2.2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sebuah instansi yang memiliki data tersebut. Data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah :

1. Data curah hujan harian

Penakar Hujan (PH) ITERA didirikan pada tahun 2018, pos ini difungsikan sebagai pengamatan/pencatatan parameter hujan secara manual sebagai pendukung akademik dan lainnya. Data PH ITERA dijadikan sebagai data pembanding untuk memastikan validitas data curah hujan yang digunakan, data dari PH-003 Sukarame dan PH-035 Way Galih telah diverifikasi dan divalidasi oleh BBWS Mesuji-Sekampung. Data hujan yang digunakan pada penelitian ini adalah data hujan 10 (sepuluh) tahun terakhir (2014-2023) dari stasiun penakar hujan BBWS Mesuji-Sekampung yaitu PH-003 Sukarame dan PH-035 Way Galih yang disajikan pada Gambar 12. Jarak antar stasiun dengan lokasi studi kasus adalah :

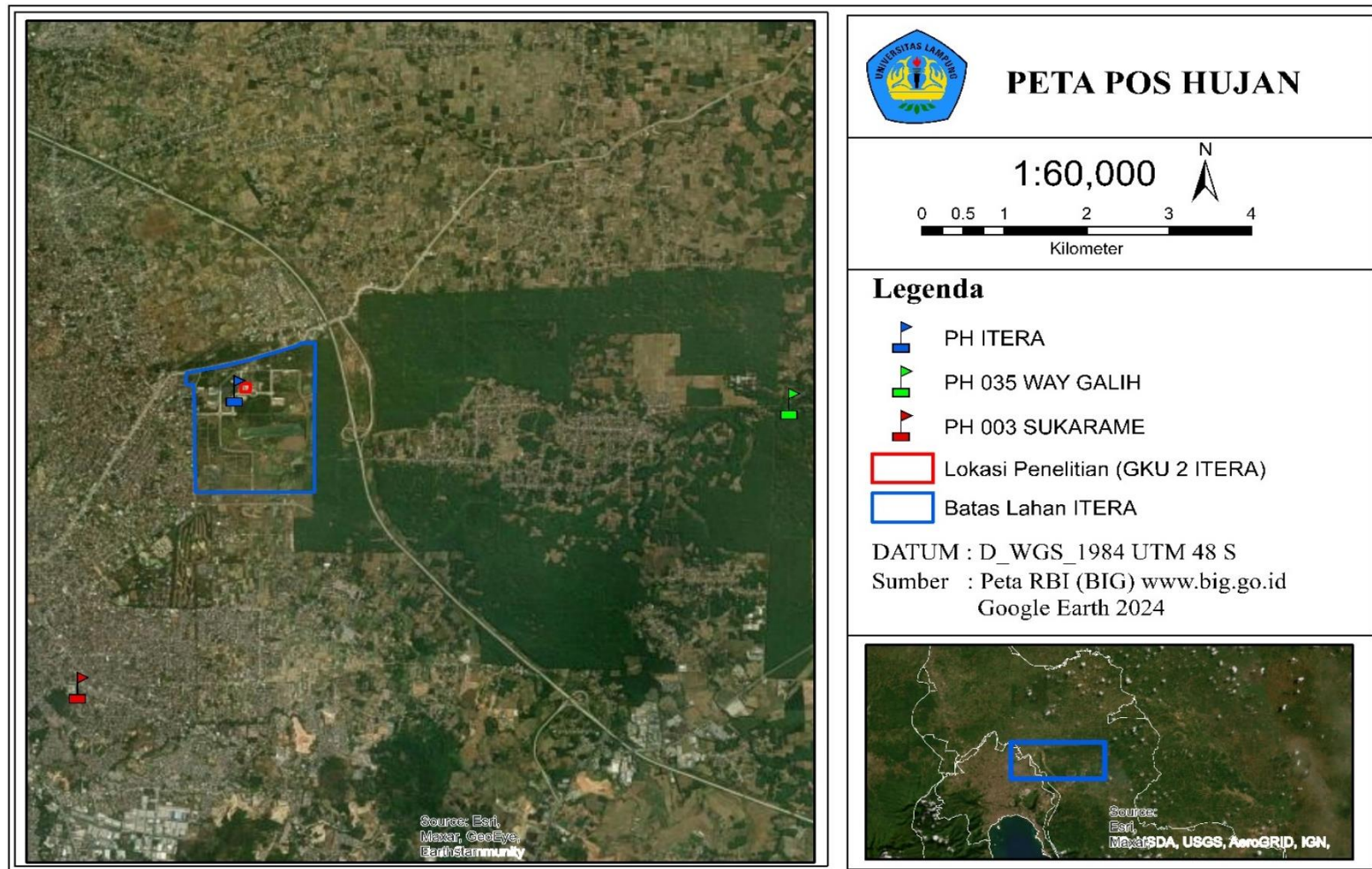
1. Gedung Kuliah Umum 2 ITERA - PH-003 Sukarame = 4,11 Km
2. Gedung Kuliah Umum 2 ITERA - PH-035 Way Galih = 6,5 Km

2. Data *As Build Drawing* GUKU 2 ITERA

Data *As Build Drawing* digunakan untuk mengetahui kondisi bangunan eksisting yang akan direncanakan untuk pembangunan pengelolaan air bekas. Data yang dianalisa adalah data *landscape* bangunan, dan data atap sebagai *roof catchment area* yang berguna untuk menentukan besarnya volume air yang dapat dipanen.

3. Daftar harga satuan (*unit price*) Bandar Lampung dan atau HPS ITERA 2024

Data ini digunakan untuk perhitungan perancangan anggaran biaya. Dalam perhitungan RAB diperlukan harga satuan yang sesuai dengan harga pasaran di wilayah terdekat lokasi penelitian.



Gambar 12. Titik Penakar Hujan (PH) Terhadap Lokasi Penelitian

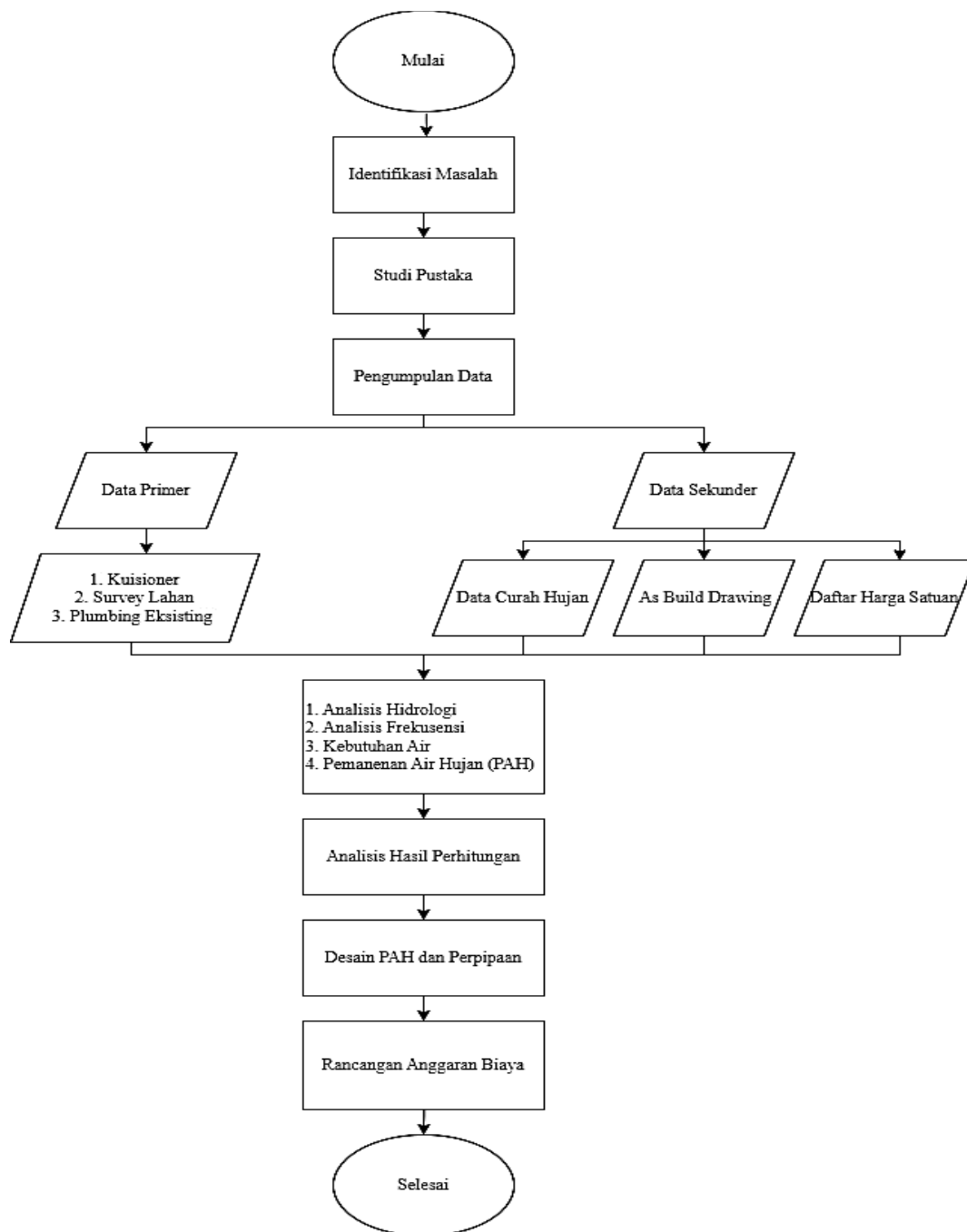
3.3. Pengolahan Data

Data yang telah diperoleh kemudian diolah melalui langkah-langkah berikut:

1. Analisis pemakaian air di GKU 2 ITERA (*Air bekas/greywater*);
Mengumpulkan dan menganalisis data mengenai volume dan pola penggunaan air menggunakan metode kuesioner.
2. Analisis kebutuhan air di GKU 2 ITERA (*Flush toilet*);
Menganalisis data mengenai kebutuhan air untuk *flushing toilet* di GKU 2 ITERA menggunakan metode kuesioner.
3. Analisis hidrologi data curah hujan untuk sistem pengawetan air hujan;
Menganalisis karakteristik curah hujan dan intensitas hujan rancangan.
4. Analisis suplai air;
Menganalisis potensi suplai air dari berbagai sumber, termasuk air hujan dan *greywater*, untuk memenuhi kebutuhan air di GKU 2 ITERA.
5. Analisis pengawetan air dengan beberapa metode untuk mendukung upaya konservasi air;
Analisis pengawetan air dengan pemanfaatan curah hujan dan air bekas sebagai pemenuh kebutuhan air di GKU 2 ITERA.
6. Analisis daya dukung, optimalisasi dan kapasitas tampungan di GKU 2 ITERA (Konservasi air);
Menganalisis daya dukung sistem pengawetan air, melakukan optimalisasi desain sistem, dan menentukan kapasitas tampungan yang optimal untuk GKU 2 ITERA.
7. Desain rencana pengelolaan air bekas di GKU 2 ITERA;
Merancang sistem pengelolaan air bekas (*greywater*) yang efektif dan efisien untuk GKU 2 ITERA.
8. Analisis rencana anggaran biaya sistem pengawetan air di GKU 2 ITERA.
Menyusun rencana anggaran biaya (RAB) untuk implementasi sistem pengawetan air di GKU 2 ITERA yang telah disesuaikan dengan AHSP Bidang Cipta Karya dan Perumahan Tahun 2019.

3.4. Diagram Alir

Pada penelitian ini, dapat dirincikan dengan diagram alir pada Gambar 13.



Gambar 13. Diagram Alir Penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, disimpulkan bahwa sistem pengawetan air melalui pemanenan air hujan dan pemanfaatan air bekas di Gedung Kuliah Umum 2 ITERA memiliki potensi besar dalam mendukung konservasi sumber daya air. Adapun poin-poin utama dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis data jumlah penghuni gedung, kebutuhan air untuk *flushing toilet* di Gedung Kuliah Umum 2 ITERA dihitung sebesar 18,011 m³/hari atau 6.574,030 m³/tahun berdasarkan data roster akademik, dan 27,156 m³/hari atau 9.911,780 m³/tahun berdasarkan data okupansi. Perbedaan ini mencerminkan adanya variasi kebutuhan air harian dan tahunan yang dipengaruhi oleh fluktuasi jumlah pengguna gedung. Kebutuhan rata-rata yang signifikan ini menegaskan pentingnya pengelolaan sumber daya air yang efisien, khususnya dalam upaya konservasi air tanah di Institut Teknologi Sumatera.
2. Dengan intensitas hujan yang cukup tinggi sebesar 14,903 mm/jam pada kala ulang dua tahunan dengan durasi hujan dua jam, suplai air hujan maksimum yang dapat dipanen di Gedung Kuliah Umum 2 ITERA mencapai 9.665,270 m³/tahun, dan meningkat hingga 16.239,700 m³/tahun ketika dioptimalkan dengan pemanfaatan air bekas dari *wastafel* dan *floor drain* tempat wudhu. Potensi ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pengurangan penggunaan air tanah,

dengan daya dukung sistem pengawetan air mencapai 45% pada tahun 2020. Namun, pada tahun 2023, terjadi penurunan daya dukung yang cukup signifikan menjadi 19%, yang mengindikasikan perlunya strategi pengelolaan yang adaptif terhadap perubahan iklim. Implementasi sistem ini tidak hanya mendukung konservasi air tetapi juga mencerminkan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan di kampus ITERA, menjadikannya model konservasi potensial yang dapat diterapkan pada bangunan lain di lingkungan ITERA.

3. Penerapan sistem pengawetan air hujan dan air bekas di Gedung GCU 2 ITERA memberikan dampak signifikan terhadap konservasi air. Sistem ini tidak hanya mengurangi penggunaan air tanah, tetapi juga mengelola limpasan hujan dengan mengalirkan kelebihan air ke Embung C ITERA, mendukung keberlanjutan sumber daya air serta program strategis ITERA sebagai *Forest Campus*. Secara teknis, sistem ini layak diterapkan melalui pemanfaatan ruang yang efisien dan optimalisasi sistem *plumbing* gedung. Berdasarkan data penghuni roster, pengawetan air dengan memanfaatkan curah hujan mampu menghemat hingga 63% kebutuhan air *flushing toilet*, sementara kombinasi dengan air bekas dari *wastafel* dan *floor drain* tempat wudhu dapat memenuhi hingga 100% kebutuhan tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengawetan air yang dirancang tidak hanya efisien, tetapi juga secara signifikan mampu mengurangi ketergantungan pada air tanah, menjadikannya langkah strategis dalam mewujudkan gedung ramah lingkungan dan berkelanjutan.
4. Sistem pengawetan air di Gedung GCU 2 ITERA dirancang dengan pemanenan air hujan dan air bekas yang disalurkan ke *ground water tank* berkapasitas 31,5 m³, dilengkapi dua unit *roof tank* berkapasitas 2.000 liter pada masing-masing *toilet*. Air yang tertampung disaring menggunakan sistem *honeycomb tube settler* untuk memisahkan partikel padat dan meningkatkan kualitas fisik sebelum didistribusikan

secara gravitasi dan booster menuju *flush toilet*. Analisis kualitas air secara kimiawi dan mikrobiologi tidak dilakukan, mengingat air hanya digunakan untuk kebutuhan *flushing toilet*, bukan konsumsi. Rencana anggaran biaya untuk sistem ini sebesar Rp 377.196.000, mencakup pekerjaan struktur, MEP, dan *filterisasi*, yang dihitung sesuai standar AHSP Bidang Cipta Karya dan Perumahan Tahun 2019. Penggunaan teknologi hijau ini tidak hanya mengurangi penggunaan air tanah, tetapi juga menciptakan gedung yang lebih ramah lingkungan, mendukung program strategis Rektor ITERA serta visi *forest campus*, dan diharapkan menjadi model percontohan bagi bangunan lain di kampus ITERA.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, sistem pengawetan air di Gedung Kuliah Umum 2 ITERA menunjukkan potensi besar dalam mendukung konservasi air dan keberlanjutan sumber daya air. Namun, untuk memastikan efektivitas dan keberlanjutan implementasi sistem ini, diperlukan beberapa saran strategis yang dapat menjadi acuan dalam pengembangan lebih lanjut.

1. Perlu dilakukannya evaluasi berkala terhadap kapasitas dan desain sistem pengawetan air, termasuk *ground water tank* dan *roof tank*, untuk memastikan sistem tetap sesuai dengan kebutuhan air *flushing toilet* seiring dengan perubahan jumlah pengguna gedung.
2. Perlu dilakukannya penambahan teknologi penyaringan tambahan selain *honeycomb tube settler* untuk menjaga kualitas fisik air dan mencegah penumpukan residu di sistem distribusi.
3. Dengan potensi sistem yang cukup besar, perlu dilakukannya penerapan sistem pengawetan air hujan dan air bekas pada gedung lain di lingkungan kampus ITERA.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Idrak, F., Kabir, P., & Bhuiyan, M. A. H. (2024). Suitability of Rainwater Harvesting in Saline and Arsenic Affected Areas of Bangladesh. *Heliyon*, 10(14), e34328. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34328>
- Ajis, S., & Mawardin, A. (2024). Analisis Pemanenan Air Hujan Dengan Memanfaatkan Atap dalam Memenuhi Kebutuhan Air Bersih. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 5(2), 95–98. <https://doi.org/10.52158/jaceit.v5i2.858>
- Alfiqri, M. Z., Handoyo, G., & Widiaratih, R. (2024). Pengaruh El Niño 2015-2016 dan La Niña 2020-2021 Terhadap SPL, Klorofil-A, dan Intensitas Curah Hujan di Laut Sulawesi. *Indonesian Journal of Oceanography*, 6(3), 239–248. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v6i3.20009>
- Alihar, F. (2018). Penduduk dan Akses Air Bersih di Kota Semarang (Population and Access to Clean Water in Semarang City). *Jurnal Kependudukan Indonesia*, 13(Juni), 67–76. <https://ejournal.brin.go.id/jki/issue/archive>
- Almutahar, S. F. O. A., Purnaini, R., & Kadaria, U. (2024). Perencanaan Sistem Plambing Air Hujan di Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 8 Kota Pontianak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 12(1), 075. <https://doi.org/10.26418/jtlb.v12i1.73278>
- Ambat, R. E. (2022). Modifikasi Sistem Instalasi Plambing Pada Gedung P2T Politeknik Negeri Bandung Berbasis Teknologi Penghematan Air. *Jurnal Abdimas Sang Buana*, 3(2), 91. <https://doi.org/10.32897/abdimasusb.v3i2.1882>

- Anchan, S. S., & Shiva Prasad, H. C. (2021). Feasibility of Roof Top Rainwater Harvesting Potential - A Case Study of South Indian University. *Cleaner Engineering and Technology*, 4, 100206.
<https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100206>
- Anna, A. N. (2014). Analisis Potensi Limpasan Permukaan (Run Off) Menggunakan Model Cook'S di Das Penyangga Kota Surakarta untuk Pencegahan Banjir Luapan Sungai Bengawan Solo. Prosiding. *Publikasi Ilmiah UMS*, 1–23.
<http://hdl.handle.net/11617/5229>
- Annisa, N., Riduan, R., & Prasetia, H. (2016). Model Rain Garden untuk Penanggulangan Limpasan Air Hujan di Wilayah Perkotaan. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 2(1), 78–92. <https://doi.org/10.20527/jukung.v2i1.1056>
- Anugraheni, T. D., Izzah, L., & Hadi, M. S. (2023). Increasing the Students' Speaking Ability through Role-Playing with Slovin's Formula Sample Size. *Jurnal Studi Guru Dan Pembelajaran*, 6(3), 262–272.
<https://doi.org/10.30605/jsqp.6.3.2023.2825>
- Ardin, M., Nugraha, D., & Asyiawati, Y. (2024). Analisis Daya Dukung Daya Tampung Kawasan Permukiman Berbasis Jasa Ekosistem Ketersediaan Air Bersih di Kecamatan Rancasari. *Bandung Conference Series: Urban & Regional Planning*, Vol. 4 No.(1), 908–915.
<https://doi.org/https://doi.org/10.29313/bcsurp.v4i3.14595>
- Astani, L. P., Supraba, I., & Jayadi, R. (2021). Analisis Kebutuhan Air Bersih Domestik dan Nondomestik di Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewah Yogyakarta. *Jurnal Teknologi Sipil*, 5(2), 34–41.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30872/ts.v5i2>
- Astuti, F. A., Sungkowo, A., Aji, W., & Kristanto, D. (2018). Analisis Kebutuhan Air Domestik dan Non Domestik di Kabupaten Gunungkidul. *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan*, 10(April), 138–145.
<https://doi.org/https://doi.org/10.20885/jstl.vol10.iss2.art6>

- Astuti, F. A., Sungkowo, A., & Kristanto, W. A. D. (2018). Analisis Kebutuhan Air Domestik dan Non Domestik di Kabupaten Gunungkidul. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 10(2), 139–146.
<https://doi.org/10.20885/jstl.vol10.iss2.art6>
- Aurora, D. A., Farrij, M. F., W, N. S. P., Zebua, J. S., Dirgawati, M., & Zakiyyah, A. U. (2024). Perencanaan Pour and Flush Toilet di Kampung Cikoneng Babakan Desa Cibiru Wetan Kabupaten Bandung. *Jurnal Serambi Engineering*, IX(3), 9685–9695. <https://jse.serambimekkah.id/index.php/jse/article/view/303>
- Barang, M. H. D., & Saptomo, S. K. (2019). Analisis Kualitas Air pada Jalur Distribusi Air Bersih di Gedung Baru Fakultas Ekonomi dan Manajemen Institut Pertanian Bogor. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 4(1), 13–24.
<https://doi.org/10.29244/jsil.4.1.13-24>
- Carpio-Vallejo, E., Düker, U., Waldowski, J., & Nogueira, R. (2024). Contribution of Rooftop Rainwater Harvesting to Climate Adaptation in the City of Hannover: Water Quality and Health Issues of Rainwater Storage in Cisterns and Ponds. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 256, 114320.
<https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2024.114320>
- Dehas Abdaa, & Fauzi. (2021). Rasionalisasi Kerapatan Stasiun Hujan Wilayah Sungai Rokan Berdasarkan Data Hujan Harian dan Variasi Tingkat Kesalahan. *Jurnal Saintis*, 21(02), 61–70.
[https://doi.org/10.25299/saintis.2021.vol21\(02\).6839](https://doi.org/10.25299/saintis.2021.vol21(02).6839)
- Desti, I., Ula, A., & Desti, I. (2021). Analisis Sumber Daya Alam Air. *Jurnal Sains Edukatika Indonesia (JSEI)*, 3(2), 17–24.
<https://jurnal.uns.ac.id/jsei/article/view/70900>
- Erfianto, E., Suwarno, D., & Hartanto, D. (2024). Analisis Potensi Pemanenan Air Hujan (Studi Kasus Kampus Benda Unika Soegijapranata). *G-Smart*, 7(2), 114–120. <https://doi.org/10.24167/gsmart.v7i2.10569>

- Febriani, L. A., Wardhani, E., & Halomoan, N. (2019). Analisa Hidrologi untuk Penentuan Metode Intensitas Hujan di Wilayah Aerocity X. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 1(2), 63–70.
<https://doi.org/10.26740/proteksi.v1n2.p63-70>
- García-Ávila, F., Guanoquiza-Suárez, M., Guzmán-Galarza, J., Cabello-Torres, R., & Valdiviezo-Gonzales, L. (2023). Rainwater Harvesting and Storage Systems for Domestic Supply: an Overview of Research for Water Scarcity Management in Rural Areas. *Results in Engineering*, 18(May).
<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101153>
- Gunawan, G., Berperi, & Purnama, L. (2020). Analisis Debit Banjir Rancangan Sub DAS Air Bengkulu. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 17(1), 1–9.
<https://doi.org/https://doi.org/10.30630/jirs.17.1.298>
- Hadiyaturrohmi, L. (2021). Analisis Koefisien Limpasan (C) di DAS Reak Kecamatan Bayan Kabupaten Lombok Utara. Skripsi. *Skripsi Fakultas Teknik Universitas Mataram*, 17.
https://perpusft.unram.ac.id/index.php?p=show_detail&id=8811
- Harsoyo, B. (2010). Teknik Pemanenan Air Hujan (Rain Water Harvesting) Sebagai Alternatif Upaya Penyelamatan Sumberdaya Air di Wilayah DKI Jakarta. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 11(2), 29.
<https://doi.org/10.29122/jstmc.v11i2.2183>
- Hartati. (2019). Analisa Karakteristik dan Distribusi Hujan pada Kawasan DAS Batang Hari Kabupaten Dharmasraya. *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa*, 14(2), 15.
<https://doi.org/10.30630/jipr.14.2.123>
- Herison, A., Romdania, Y., Purwadi, O. T., & Effendi, R. (2018). Kajian Penggunaan Metode Empiris dalam Menentukan Debit Banjir Rancangan pada Perencanaan Drainase (Review). *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 16(2), 77–86.
<https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v16i2.3819>

- Hermanto, A. W., Udin, T., & Sudirman, S. (2023). Effect of Learning Methods, Extracurricular Activities, and Perceptions in the Campus Environment on Character Motivation of Student. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(3), 1551–1557. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i3.3144>
- Huwaina, A., Hasibuan, H. S., & Fatimah, E. (2022). Pemanenan Air Hujan untuk Meningkatkan Aksesibilitas Air di Permukiman Pesisir, Kasus Jakarta, Indonesia. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 10(2), 182–198. <https://doi.org/10.14710/jwl.10.2.182-198>
- Ishadi, N. K., Hadiani, R. R. R., & Suryandari, E. S. (2018). Penelusuran Banjir Berdasarkan Analisis Metode Kinematik Berbasis Sistem Informasi Geografis (Sig) di Kelurahan Sangkrah, Surakarta. *Matriks Teknik Sipil*, 6(3), 530–541. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v6i3.36562>
- Jannah, M. R., Maulana, M. A., & Savitry, Y. R. (2023). Evaluasi Kerapatan Jaringan Pos Pencatatan Hujan di DAS Keyang Slahung Tempuran, Ponorogo Menggunakan Metode Kagan-Rodda. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 21(2), 171. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v21i2.15331>
- Jokowinarno, D., & Kusumastuti, D. I. (2020). Rainwater Harvesting for Flood Peak Reduction in Way Awi Catchment, Indonesia. *International Journal of GEOMATE*, 18(70), 246–251. <https://doi.org/10.21660/2020.70.49845>
- Kalensun, H. (2016). Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih di Kelurahan Pangolombian Kecamatan Tomohon Selatan. *Jurnal Sipil Statik*, 4(2), 105–115. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jss/issue/view/1279>
- Khairul, A., Fatmawati, D., Pujiastuti, R., & Apriyanto, T. (2023). Penelusuran Banjir Kolam Retensi Susukan Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang. *Jurnal Teknik Indonesia*, 4(2), 30–38. <https://doi.org/10.61689/jti.v4i2.493>
- Kurniawan, V., Sutandi, A., & Raharja, M. R. (2024). Proyeksi Potensi Penghematan Air dengan Sistem Pemanenan Air Hujan Pada Rusunawa. *JMTS: Jurnal Mitra*

- Teknik Sipil*, 7(1), 363–372. <https://doi.org/10.24912/jmts.v7i1.26747>
- Kus, B., Kandasamy, J., Vigneswaran, S., Shon, H. K., & Areerachakul, N. (2011). Water Quality of Membrane Filtered Rainwater. *Desalination and Water Treatment*, 32(1–3), 208–213. <https://doi.org/10.5004/dwt.2011.2700>
- Kustyaningrum, J. D., & Lasminto, U. (2023). Analisis Potensi Pemanenan Air Hujan dalam Area Perumahan untuk Mereduksi Banjir pada Perumahan Sutorejo, Surabaya. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 21(1), 97–106. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v21i1.15521>
- Lang, D. J. P., Tj, T., & Walangitan, D. R. O. (2023). Analisis Rencana Anggaran Biaya dan Anggaran Pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung Balai Kesehatan Ibu dan Anak Kota Manado. *Tekno*, 21(85), 22–31. <https://doi.org/https://doi.org/10.35793/jts.v21i85.49774>
- Minarni, M., Jati, D. R., & Desmaiani, H. (2023). Perencanaan Pemanfaatan Air Buangan AC (Air Conditioner) sebagai Air Bersih: Studi Kasus Gedung Perpustakaan Pusat Universitas Tanjungpura. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(2), 304–313. <https://doi.org/10.26418/jtllb.v11i2.64789>
- Mokolensang, V. M., Arsjad, T. T., & Malingkas, G. Y. (2021). Analisis Rencana Anggaran Biaya pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Papua 1 di Distrik Muara Tami Kota Jayapura Provinsi Papua. *Jurnal Sipil Statik*, 9(4), 619–624. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jss/issue/view/3179>
- Moningka, K. E. (2020). Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Pinateduan di Desa Tatelu Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 8(3), 403–408. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/29499/28617>
- Muhirirwe, S. C., Kisakye, V., & Van der Bruggen, B. (2022). Reliability and Economic Assessment of Rainwater Harvesting Systems for Dairy Production. *Resources, Conservation and Recycling Advances*, 14(April), 200079. <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2022.200079>

- Munawwaroh, L. P. R. (2024). Korelasi Daya Dukung Air terhadap Kekeringan Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Plano Buana*, 4(2), 76–86.
<https://doi.org/https://doi.org/10.36456/jpb.v4i2.7990>
- Musfira. (2018). Kajian Ketersediaan dan Kebutuhan Air Bersih di Distrik Jayapura Selatan Kota Jayapura. *MEDIAN Jurnal Arsitektur Dan Planologi*, 8(1), 23–38.
<https://ojs.ustj.ac.id/median/article/view/290>
- Noperissa, V., & Waspodo, R. S. B. (2018). Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Domestik Menggunakan Metode Regresi di Kota Bogor. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 3(3), 121–132. <https://doi.org/10.29244/jsil.3.3.121-132>
- Nugraha, Y. K., & Santosa, P. B. (2020). Evaluasi Kualitas Data Spasial dalam Kegiatan Pemutakhiran Data Pbb-P2 di Kabupaten Pacitan. *Elipsoida : Jurnal Geodesi Dan Geomatika*, 3(01), 13–21.
<https://doi.org/10.14710/elipsoida.2020.7760>
- P3SDA. (2017). Modul Konservasi Sumber Daya Air. *Konservasi Sumber Daya Air*, 21.
- Peraturan Menteri PU RI No12/PRT/M/ 2014 Lampiran 1. (2014). *Permen PU No.12*. <http://www.springer.com/series/15440%0Apapers://ae99785b-2213-416d-aa7e-3a12880cc9b9/Paper/p18311>
- Prawati, E., & Dermawan, V. (2018). Analisa Penyebaran Stasiun Hujan Terhadap Debit Banjir Rancangan pada DAS Kedunglarangan (Kabupaten Pasuruan Jawa Timur). *Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 24, 1–11.
<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/3566/2672>
- Purwadi, O. T., Darmawan, I. G. B., Yuwono, S. B., Triyono, S., & Kusumastuti, D. I. (2023). Integrated Hydrogeological and Geophysical Study of Groundwater Resources in Northern Bandar Lampung, Indonesia. *Journal of Sustainability Science and Management*, 18(4), 1–13.
<https://doi.org/10.46754/jssm.2023.04.001>

- Putra, M. H. (2021). Penerapan Rain Water Harvesting dalam Menyediakan Air Domestik dan Mengurangi Debit Drainase di Daerah Perkotaan. *REKAYASA: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*, 25(2), 42–45.
<https://doi.org/10.23960/rekrjits.v25i2.38>
- Putranto, T. (2020). Pemetaan Hidrogeologi dan Analisis Geokimia Air Tanah Cekungan Air Tanah (CAT) Kendal. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 305–318.
<https://doi.org/10.14710/jil.18.2.305-318>
- Putri, S. A. (2024). Pemanfaatan Data Hujan Satelit untuk Prediksi Kekeringan. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 04(01), 264–276.
<https://doi.org/https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2024.004.01.087>
- R. Jenahu, G. (2023). Konservasi dan Pengelolaan Sumber Daya Air Berkelanjutan di Kabupaten Klaten Jawa Tengah. *Prosiding SEMSINA*, 4(2), 84–87.
<https://doi.org/10.36040/semsina.v4i2.8113>
- Renaldi, R., Putri, T. S., Rachman, R. M., & Rustan, F. R. (2021). Analisa Kebutuhan Air Bersih dan Kapasitas Reservoir Perumahan Grand Boulevard Regency (Studi Kasus: Kec. Kambu, Kota Kendari). *Media Konstruksi*, 6(2), 53–60.
<https://doi.org/10.33772/jmk.v6i2.22477>
- Renstra ITERA. (2019). *Rencana Strategis (Renstra) Institut Teknologi Sumatera (Itera) 2019-2024*.
- Rosadi, M. I., Hariyani, S., & Dwi Ari, I. R. (2023). Pemanenan Air Hujan sebagai Alternatif Pemenuhan Akses Air Baku Air Bersih di Kabupaten Trenggalek. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(3), 6591–6600.
<https://doi.org/10.32672/jse.v8i3.6495>
- Saha, A., Setu, S., Das, S., Hossain, M. I., Rahman, A. K., & Rahman, M. M. (2024). Decision Support System for Community Managed Rainwater Harvesting: A Case Study in the Salinity-Prone Coastal Region of Bangladesh. *Heliyon*, 10(9), e30455. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30455>

- Salem, H. M., Abdalla, M. A. I., & Metwally, K. A. (2024). Assessment the Impacts of Land Cover and Climate Changes on Rainwater Harvesting Systems Using Remote Sensing and Runoff Model in Some Wadis of West Matrouh – Egypt. *HydroResearch*, 7, 301–314. <https://doi.org/10.1016/j.hydres.2024.05.002>
- Salsabila, A., & Hapsari, M. T. (2022). Pengaruh Pendapatan dan Literasi Keuangan terhadap Kesejahteraan Keuangan Keluarga di Desa Kolomayan Kecamatan Wonodadi. *Sains: Jurnal Manajemen Dan Bisnis*, 14(2), 222–240. <https://doi.org/10.35448/jmb.v14i2.14538>
- Sari, A. N. S., Pranoto, R., & Suryan, V. (2020). Perhitungan Hidrograf Banjir dengan Metode Hidrograf Satuan Sintesis SCS (Soil Conservation Service) di Kota Palembang. *Journal of Airport Engineering Technology (JAET)*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.52989/jaet.v1i1.1>
- Septyandy, M. R. (2023). *Sistem Daur Ulang Air Wudu di Masjid Baitul Ilmi Kampus ITERA*.
- Simanjuntak, S. (2021). Analisa Kebutuhan Air Bersih di Kota Medan Sumatera Utara. *Jurnal Visi Eksakta*, 2(2), 186–204. <https://doi.org/10.51622/eksakta.v2i2.389>
- Simanjuntak, S., Zai, E. O., & Tampubolon, M. H. (2021). Analisa Kebutuhan Air Bersih di Kota Medan Sumatera Utara. *Jurnal Visi Eksakta*, 2(2), 186–204. <https://doi.org/10.51622/eksakta.v2i2.389>
- Soemarto. (1995). Hidrologi Teknik Edisi Ke - 2. *Erlangga : Jakarta*.
- Sofia, D. A., & Nursila, N. (2019). Analisis Intensitas, Durasi, dan Frekuensi Kejadian Hujan di Wilayah Sukabumi. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 4(1), 85. <https://doi.org/10.31544/jtera.v4.i1.2019.85-92>
- Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (2003). *Hidrologi Untuk Pengairan* (I. S. Susrodarsono (ed.); 9th ed.). Pradnya Paramita.

- Sudarmadji. (2021). Konservasi Mata Air Berbasis Masyarakat di Unit Fisiografi Pegunungan Baturagung Ledok Wonosari dan Perbukitan Karst Gunung Sewu, Kabupaten Gunungkidul. *Jurnal Teknosains*, 1(1), 43–53.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22146/teknosains.3990>
- Supriyanto. (2023). Perancangan Gedung Balai Kota Batam dengan Penerapan Konsep Green Building dan Smart Building. *Sigma Teknik*, 6(1), 230–238.
<https://doi.org/https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v6i1.4931>
- Supriyanto, W., & Iswandari, R. (2017). Kecenderungan Sivitas Akademika dalam Memilih Sumber Referensi untuk Penyusunan Karya Tulis Ilmiah di Perguruan Tinggi. *Berkala Ilmu Perpustakaan Dan Informasi*, 13(1), 79–86.
<https://doi.org/10.22146/bip.26074>
- Susanti, A., Soemitro, R. A. A., Suprayitno, H., & Ratnasari, V. (2019). Searching the Appropriate Minimum Sample Size Calculation Method for Commuter Train Passenger Travel Behavior Survey. *Journal of Infrastructure & Facility Asset Management*, 1(1), 47–60. <https://doi.org/10.12962/jifam.v1i1.5232>
- Suud, A., & Franchitika, R. (2020). Analisa Debit Air Hujan dengan Metode Rainwater Harvesting untuk Kebutuhan Air Bersih di SDN 066656 Kecamatan Medan Selayang. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 1185–1194.
<https://doi.org/10.36448/jts.v11i2.1544>
- Triadmojo, B. (2008). Hidrologi Terapan. *Beta Offset Yogyakarta*.
- Triatmodjo, B. (1993). *Hidraulika 1* (S. dan S. J. Sumitro (ed.); 1st ed.).
- Wardani, A. M. (2021). Konservasi Sumber Daya Air Guna Terjaganya Kualitas Serta Entitas Air Baku. Proceeding. *Proceeding of Integrative Science Education Seminar (PISCES)*, 1(65), 441–448.
<https://prosiding.iainponorogo.ac.id/index.php/piscs>
- Wijaya, H. K., Sapei, A., & Pandjaitan, N. H. (2014). Pemanfaatan Air Limpasan untuk Air Baku di Kawasan Perumahan. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 5(1), 57–68.

<http://jurnalth-dev.pusair-pu.go.id/index.php/JTH/issue/archive>

- Wiradinata, A. A. (2020). Kurva Intensitas Frekuensi Curah Hujan untuk Perencanaan Bendungan Tigadihaji Kabupaten Oku Selatan. *Bina Darma Conference on Engineering Science*, 1(1), 549–565.
<http://conference.binadarma.ac.id/index.php/BDCES>
- Wiyono, R. U. A., Hidayah, E., Hassan, F., Pebriyanti, F., & Ningsih, A. (2021). Perbandingan Sistem Rainwater Harvesting Di Kota Dan Desa Sebagai Alternatif Mengatasi Kekeringan (Studi Kasus Desa Krajan Timur Dan Desa Panduman, Kab. Jember). *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, 11(1), 233.
<https://doi.org/10.29103/tj.v11i1.420>
- Worm, J., & Hattum, T. Van. (1991). Rainwater Harvesting for Domestic Use. Buku. In E. Kok (Ed.), *Water International* (1st ed., Vol. 16, Issue 43). ICCO and AIDEnvironment.
- Yanti, R. M. K., & Dewanti, A. N. (2022). Proyeksi Kebutuhan Air Bersih Jangka Pendek dan Menengah Kecamatan Penajam Kabupaten Penajam Paser Utara. *Konstruksia*, 13(2), 113–124. <https://doi.org/10.24853/jk.13.2.113-124>
- Yasa, I., Sulistiyono, H., Jayanegara, I., Saidah, H., & Saadi dan Agastya, Y. D. (2024). Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Kedalaman dan Intensitas Hujan. *Rekonstruksi Tadulako*, 1(2), 23–28.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22487/renstra.v5i1.618>
- Yuniar, I. (2021). *Pemanfaatan Air Hujan dengan Metode Rainwater Harvesting System Di Gedung E Itera. Skripsi*. Institut Teknologi Sumatera.
- Yusuf, S. S. (2021). Perencanaan Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih di Desa Lekogoko-Ngada. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 163–172.
<https://ojs.poltekba.ac.id/ojs/index.php/jutateks%0A>
- Zakaria, A., Sumiharni, Susilo, G. E., & Arifaini, N. (2018). Studi Pengaruh El Nino dan La Nina Terhadap Data Curah Hujan dari Wilayah Lampung Timur.

Prosiding Semnas SINTA FT UNILA, 1, 241–245.

<http://repository.lppm.unila.ac.id/49806/>

Zulfa Yuzni, S., Yus, A., Panjaitan, N. H., & Taqiuddin, Z. (2023). Wastafel Inovatif Sebagai Media Pembelajaran Sanitasi Pada Anak Usia Dini. *Communnity Development Journal*, 4(4), 8790–8796.

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.35329/sipissangngi.v1i1.1833>

Zulhilmi. (2019). Faktor yang Berhubungan Tingkat Konsumsi Air Bersih pada Rumah Tangga di Kecamatan Peudada Kabupaten Bireun. *Jurnal Biology Education, November*, 110–126.

<https://doi.org/https://doi.org/10.32672/jbe.v7i2.1592>

Zuliarti, A., & Saptomo, S. K. (2021). Perancangan dan Pemanfaatan Penampung Air Hujan dengan Filtrasi Sederhana Skala Unit Perumahan Villa Citra Bantarjati. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 6(3), 159–176.

<https://doi.org/10.29244/jsil.6.3.159-176>