

Cek Plagiarisme Catherina

by - -

Submission date: 11-Sep-2023 07:20AM (UTC-0700)

Submission ID: 2163179416

File name: Draft_Turnitin.pdf (4.54M)

Word count: 23295

Character count: 119735

**KONSEP DAN DESAIN TEKNOLOGI *RAIN WATER HARVESTING*
SYSTEM SERTA *STORMWATER INFILTRATION TANK* KAMPUS E
UNTIRTA SINDANGSARI YANG BERKELANJUTAN
(Studi Kasus : Gedung Fakultas Hukum)**

4
SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
(S.T.)



Disusun oleh :
CATHERINA TRILERA HAPSARY BILAKONGA
3336190042

4
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
BANTEN
2023

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut :

Judul : Konsep dan Desain Teknologi *Rain Water Harvesting System* serta *Stormwater Infiltration Tank* Kampus E Untirta Sindangsari yang Berkelanjutan (Studi kasus : Gedung Fakultas Hukum)

Nama : Catherina Trilera Hapsary Bilakonga

NPM : 3336190042

Fakultas / Jurusan : Fakultas Teknik / Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 04 Juli 2023

Catherina Trilera Hapsary B.

NIM.3336190047

SKRIPSI

**Konsep dan Desain Teknologi Rain Water Harvesting System serta
Stormwater Infiltration Tank Kampus E Untirta Sindangsari yang Berkelanjutan
(Studi Kasus : Gedung Fakultas Hukum)**

Dipersiapkan dan disusun oleh :

Catherina Trilera Hapsary Bilakonga / 3336190042

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada tanggal : 2023

Susunan Dewan Penguji

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Restu Wigati, S.T., M.Eng
NIP. 198209252010122002

Ngakan Putu Purnaditya, S.T., M.T
NIP. 198909142019031008

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dr. Subekti, S.T., M.T
NIP. 1197506122008011020

Dr. Eng. Bambang Adhi P., S.T., M.T
NIP. 197704042009121001

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal : 2023

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Dr. Subekti, S.T., M.T
NIP. 1197506122008011020

PRAKATA

Puji serta rasa syukur tidak henti penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya. Skripsi atau penelitian dengan judul “Konsep dan Desain Teknologi *Rain Water Harvesting System* serta *Stormwater Infiltration Tank* Kampus E Untirta Sindangsari yang berkelanjutan (Studi kasus : Gedung Fakultas Hukum)” telah diselesaikan. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh derajat kesarjanaan Strata-I pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sejak masa perkuliahan hingga selesainya penelitian. Oleh karena itu, banyak ucapan terimakasih saya ucapkan kepada :

1. Ibunda dan ayahanda serta keluarga di rumah yang selalu memberikan do’a dan motivasi.
2. Ibu Restu Wigati, S.T., M.Eng. dan Bapak Ngakan Putu Purnaditya, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I dan II yang selalu membimbing dalam proses penyusunan skripsi.
3. Bapak Dr. Subekti, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Eng. Bambang Adhi Priyambodho, S.T., M.T. selaku dosen penguji I dan II yang telah memberikan ilmu dan wawasannya.
4. Bapak Dr. Subekti, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
5. Ibu Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
6. Ibu Dr. Rindu Twidy Bethari, S.T., M.T. selaku Dosen selama perkuliahan.
7. Seluruh staff pengajar Jurusan Teknik Sipil FT Untirta yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang tak ternilai selama perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil FT Untirta.
8. Rekan-rekan angkatan 2019 yang telah memberikan dorongan dan motivasi dalam proses penyusunan.

9. Rekan rekan bidang PSDA, rekan seperjuangan dalam berlutik mencari solusi setiap masalah skripsi yang berkaitan dengan bidang PSDA.
10. Serta semua pihak yang terlibat dalam ¹³penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini kelak dapat bermanfaat ¹²⁵bagi rekan rekan mahasiswa pada umumnya dan penyusunan skripsi selanjutnya pada khususnya.

Cilegon, Juli 2023

Catherina Trilera Hapsary Bilakonga

Konsep dan Desain Teknologi *Rain Water Harvesting System* serta *Stormwater Infiltration Tank* Kampus E Untirta Sindangsari yang Berkelanjutan

(Studi kasus : Gedung Fakultas Hukum)

Catherina Trilera Hapsary Bilakonga

INTISARI

Krisis iklim menjadi salah satu permasalahan yang menjadi perhatian di seluruh dunia karena berdampak luas pada kehidupan penduduk di muka bumi, salah satunya adalah berkurangnya kuantitas air. Lingkungan kampus yang merupakan salah satu bagian dari sektor pendidikan ditaksir dapat berpotensi mengurangi dampak krisis iklim dengan mengimplementasikan konsep *sustainable development* yang merupakan salah satu tujuan dari konsep *smart and green campus* yang diterapkan oleh Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Sebagai bentuk penanganan dari masalah tersebut dan penerapan konsep *green campus*, maka dilakukan penerapan pengolahan air hujan dengan mengevaluasi besarnya volume ketersediaan air yang dapat ditampung, mendapatkan desain tampungan, pemanenan air hujan dan sumur resapan, dan mengetahui besarnya persentase penghematan pemakaian air tanah pada Gedung Fakultas Hukum Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Pada pengelolaan air hujan ini dilakukan menggunakan sistem *Rainwater Harvesting* (Pemanenan air hujan) *ground reservoir* untuk menampung air hujan dan ketika volume air berlebih akan dilimpaskan menuju *Infiltration tank*. Perhitungan RWHS dilakukan dengan menghitung kebutuhan air gedung, menghitung besar penghematan, perancangan pipa *plumbing* menggunakan aplikasi EPANET 2.0., dan analisis infiltrasi menggunakan teori *Green-Ampt*. Air dialirkan dari atap menuju tanki dengan pipa berbahan Galvanis 150 mm serta pipa dari tanki menuju gedung Fakultas Hukum berbahan PVC berdiameter 19,05 mm. Hasil penelitian ini menunjukkan volume suplai air hujan dapat dipanen sebesar 922,65 m³/tahun., dan total kebutuhan air gedung fakultas hukum sebesar 6699,21 m³/tahun dengan kapasitas bak penampung *rain water harvesting* sebesar 322,990 m³, didapatkan penghematan sebesar 12% sedangkan infiltrasi maksimal yang terjadi adalah menggunakan material utama *Sigma tank* (tanki modular) berbahan dasar *Polypropylene*.

Kata kunci : *Smart and green campus, rain water harvesting, dan infiltration tank*

***Concept and Design of Sustainable Rain Water Harvesting
Technology and Stormwater Infiltration Tank at E Campus Untirta
Sindangsari***

(Case Study : Faculty of Law Building)

Catherina Trilera Hapsary Bilakonga

ABSTRACT

Climate crisis is one of the issues that was concern throughout the world because it has a broad impact on the lives of people on earth, one of the impacts is the reduced quantity of water. campus that is part of the education sector, is estimated to have the potential to reduce the impact of the climate crisis by implementing the concept of sustainable development, which is one of the goals of the smart and green campus concept implemented by Sultan Ageng Tirtayasa University. As a form of handling this problem and implementing the green campus concept, it is necessary to implement rainwater management by knowing the volume of available water that can be accommodated, obtaining the design of rainwater harvesting tanks and infiltration wells, and knowing the proportion of savings in groundwater use in the Faculty Building. Sultan Ageng Tirtayasa Law University, Sindangsari campus.

Rainwater management is carried out using a ground reservoir Rainwater Harvesting system to collect rainwater and when excess water volume will be dumped into the Infiltration tank. RWHS calculation is done by calculating the building's water needs, calculating the amount of savings, designing plumbing pipes using the EPANET 2.0 application, and infiltration analysis using the Green-Ampt theory. Water is channeled from the roof to the tank with a 150 mm Galvanized pipe and a pipe from the tank to the Law Faculty building made of PVC with a diameter of 19.05 mm. The results of this study show that the volume of rainwater supply that can be harvested is 922.65 m³/year, and the total water demand for the law faculty building is 6699.21 m³/year with a rainwater harvesting tank capacity of 322.990 m³, a savings of 12% is obtained while maximum infiltration that occurs is using the main material for Sigma tanks (modular tanks) made from Polypropylene.

Keyword : Smart and green campus, rain water harvesting, and infiltration tank

4 DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAANii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PRAKATA	iv
INTISARI	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Keaslian Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
BAB 3 LANDASAN TEORI	
3.1 Konsep Smart & Green Campus	14
3.2 Analisis Kebutuhan Air.....	15
3.3 Curah Hujan Andalan.....	16
3.4 Curah Hujan Desain	16
3.5 Persamaan Kontinuitas	22
3.6 <i>Rain Water Harvesting System</i>	22
3.7 <i>Stormwater Infiltration Tank</i>	23
3.8 Hidrolika Saluran Tertutup	26
3.9 Perencanaan Dimensi Talang dan Perpipaan	27
127 BAB 4 METODE PENELITIAN	
4.1 Bagan Alir Penelitian	29

85	4.2 Lokasi Penelitian	30
	4.3 Teknik Pengumpulan Data	30
	4.4 Analisis Data	32
	4.4.1 Perhitungan Curah Hujan dan Analisa Ketersediaan Air	33
	4.4.2 Analisa Desain Penampungan Air dan Saluran	33
	4.4.3 Analisa Perhitungan Routing dengan Reservoir Routing dan Neraca Air	33
	4.4.4 Analisa Sumur Resapan	34
	4.4.5 Hipotesis	34
4	4.4.6 Jadwal Penelitian.....	34

BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

5	5.1 Kebutuhan Air Bersih Gedung (<i>Demand</i>).....	36
5	5.2 Analisis Data Curah Hujan.....	38
	5.3 Analisis Evapotranspirasi	48
	5.4 Analisis Debit Andalan	50
	5.5 Ketersediaan Air dan Kapasitas <i>Rain Water Harvesting System</i>	55
	5.6 Potensi Penghematan	58
	5.7 Dimensi <i>Rain Water Harvesting System Tank</i>	60
	5.8 Analisa Debit Banjir Rencana.....	62
	5.9 Analisis Dimensi Pipa Saluran Inflow dan outflow Sigma Tank	68
	5.10 Infiltrasi Green-Ampt.....	74

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

4	6.1 Kesimpulan	80
	6.2 Saran.....	81

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka	10
Tabel 3.1 Komponen Kriteria UI <i>GreenMetric</i>	14
Tabel 3.2 Kebutuhan Air Bersih Rumah Tangga per orang per hari menurut kategori kota	15
Tabel 3.3 Metode Distribusi Normal – Faktor Frekuensi Gauss	18
Tabel 3.4 Nilai Reduksi Variat (Y_T) Metode Gumbel	19
Tabel 3.5 Nilai Rata-Rata Reduksi Mean (Y_n) Metode Gumbel.....	20
Tabel 3.6 Nilai Rata-Rata Standar Deviasi (S_n) Metode Gumbel	20
Tabel 3.7 Karakteristik Distribusi Log Pearson III (K_T).....	21
Tabel 3.8 Beban maksimum yang diizinkan untuk talang atap (dalam m^2 Luas Atap)	28
Tabel 4.1 Lokasi Stasiun / Pos Hujan	31
Tabel 4.2 Jadwal Penelitian.....	35
Tabel 5.1 Kebutuhan Air Harian dan Bulanan.....	37
Tabel 5.2 Data Curah Hujan Bulanan	38
Tabel 5.3 Perhitungan Distribusi Normal dan Gumbel.....	39
Tabel 5.4 Perhitungan Distribusi Log Normal dan Log <i>Pearson III</i>	40
Tabel 5.5 Persyaratan Parameter Statistik Distribusi	41
Tabel 5.6 Pengurutan Data Hujan dari Besar ke Kecil	42
Tabel 5.7 Nilai p , w , z , k , K_T dan X_T Distribusi Log Person III	44
Tabel 5.8 Perhitungan X^2 untuk Log Person III.....	45
Tabel 5.9 Hujan Andalan 90% Januari sampai Desember	45
Tabel 5.10 Perhitungan Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorof	47
Tabel 5.11 Data rata-rata suhu di kota Serang dalam 10 tahun	48
Tabel 5.12 Panjang hari lokasi kota Serang	49
Tabel 5.13 Perhitungan Evapotranspirasi	50
Tabel 5.14 Curah Hujan Tahunan	51
Tabel 5.14 Debit Andalan menggunakan NRECA	55
Tabel 5.15 Perhitungan Ketersediaan Air (<i>Supply</i>).....	55

Tabel 5.16 Perhitungan Kapasitas Bak Penampung 100% kebutuhan	56
Tabel 5.17 Perhitungan Kapasitas Bak Penampung 12% kebutuhan	57
Tabel 5.18 Potensi Penghematan RWHS 12% Kebutuhan Air	59
Tabel 5.19 Rekapitulasi Penghematan RWHS 12% Kebutuhan Air Setiap Bulan	59
Tabel 5.20 Ukuran Tanki Modular Sigma Tank	60
Tabel 5.21 Data Curah Hujan Harian 10 Tahun	62
Tabel 5.22 Perhitungan Distribusi Log Normal dan Log Pearson III	63
Tabel 5.23 Pengurutan Data Hujan dari Besar ke Kecil	64
Tabel 5.24 Nilai p, w, z, k, KT dan XT Distribusi Log Person III	66
Tabel 5.25 Perhitungan X^2 untuk Log Person III	67
Tabel 5.26 Curah Hujan Analisis Debit Banjir	67
Tabel 5.27 Ukuran pipa	68
Tabel 5.28 Koefisien Kekasaran	69
Tabel 5.29 Hasil Perhitungan Kurva ABM	75
Tabel 5.30 Parameter Tanah Lempung	76
Tabel 5.31 Hasil Analisis Infiltrasi Green-Ampt	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 <i>Stormwater Infiltration Tank</i>	26
Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 4.2 Peta Kampus Sindangsari.....	30
Gambar 4.3 Sisi Belakang Atap dan Sisi Samping Bangunan Gedung Fakultas Hukum Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Sindangsari	32
Gambar 5.1 Grafik Perbandingan Supply Air Hujan & 100% Kebutuhan Air.....	57
Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Supply Air Hujan & 12% Kebutuhan Air.....	58
Gambar 5.3 Penggambaran Sigma Tank.....	61
Gambar 5.4 Perletakan Sigma Tank pada Gedung Fakultas Hukum Untirta	62
Gambar 5.5 Permodelan Jaringan Pipa	70
Gambar 5.6 Input Total Head pada Catchment Area	70
Gambar 5.7 Input <i>Total Head</i> pada <i>Tank</i>	71
Gambar 5.8 Input Material Pipe	71
Gambar 5.9 Input Elevation dan Base Demand Junction N3	72
Gambar 5.10 Input Curve pada Pompa	72
Gambar 5.11 Run Analysis	73
Gambar 5.12 Kecepatan Pipa	73
Gambar 5.13 Tekanan pada Junction	73
Gambar 5.14 Kurva ABM.....	76

DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran Data Administrasi
2. Lampiran Data Curah Hujan Stasiun BMKG Maritim Serang
3. Lampiran Tabel Referensi
4. Lampiran Rain Water Harvesting System
5. Lampiran Denah Lantai Gedung Fakultas Hukum
6. Lampiran Distribusi Air Gedung Fakultas Hukum
7. Lampiran Gambar Hasil Analisis

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis iklim saat ini menjadi salah satu permasalahan yang menjadi perhatian di seluruh dunia karena berdampak luas pada kehidupan penduduk di muka bumi (Ainurrohmah & Sudarti, 2022). Dampak yang ditimbulkan menjadi suatu hal mendesak yang harus segera ditanggulangi dengan dukungan dari beberapa sektor, salah satunya sektor pendidikan. Lingkungan kampus yang merupakan salah satu bagian dari sektor pendidikan ditaksir dapat berpotensi mengurangi dampak krisis iklim dengan mengimplementasikan konsep *sustainable development*.

³¹ *Smart and green campus* adalah salah satu konsep yang memiliki tujuan untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*). Penggunaan air merupakan salah satu indikator UI *GreenMetric* yang merupakan salah satu implementasi dari *smart and green campus*.³¹ Tujuannya adalah untuk mendorong kampus untuk mengurangi penggunaan air, meningkatkan program konservasi, dan melindungi habitat. Kriteria pada indikator ini di antaranya meliputi program konservasi air, program daur ulang air, penggunaan peralatan hemat air, dan penggunaan air olahan (<https://green.untirta.ac.id/air/>, 2021)

²² Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Seiring pesatnya pembangunan gedung-gedung di perkotaan, kebutuhan air bersih akan selalu meningkat, sementara air bersih semakin langka. Sehingga dibutuhkan manajemen air yang baik agar dapat dimanfaatkan dengan efektif untuk kebersihan sanitasi kota, maupun untuk keperluan pertanian dan lain sebagainya.

Pembuatan pemanenan air dan pembuatan *Stormwater Infiltration Tank* pada Fakultas Hukum Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Sindangsari merupakan salah satu upaya untuk menanggulangi dampak dari terjadinya krisis iklim serta mewujudkan konsep *smart and green campus* dengan menggunakan bahan *Polypropylene* (PP) yang mendukung konsep *sustainable development* (Sabri, 2021).

Pembuatan pemanenan air hujan dapat memaksimalkan pemanfaatan curah hujan yang turun yang menjadi solusi penghematan penggunaan air tanah untuk keperluan toilet dan penyiraman taman. Sedangkan, pembuatan sumur resapan sebagai media untuk meresapkan limpasan air yang berasal dari reservoir pemanenan air hujan, hal ini bertujuan untuk melindungi dan memperbaiki (konservasi) air tanah.

Berkaitan dengan adanya UI *GreenMetric* Rank yang mana UI *GreenMetric* merupakan inovasi UI yang telah dikenal luas di dunia internasional sebagai pemeringkatan perguruan tinggi pertama di dunia berbasis komitmen tinggi dalam pengelolaan lingkungan hidup kampus yang berkelanjutan. Pada ranking UI *GreenMetric*, posisi Untirta berada pada urutan ke-19. Penelitian atau kajian ini salah satu tujuannya adalah untuk mendorong ranking Universitas Sultan Ageng Tirtayasa menuju 10 besar, salah satunya dengan adanya inovasi berkelanjutan di bidang air (pengelolaan sumber daya air, konservasi air, pemanfaatan air buangan, dan tata kelola penggunaan air) (<https://greenmetric.ui.ac.id/rankings/ranking-by-country-2021/Indonesia>, 2022).

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, didapat beberapa rumusan masalah yang lebih spesifik yaitu sebagai berikut :

- Bagaimana perencanaan konsep dan desain pemanenan air hujan (*Rain Water Harvesting System*) dan *Stormwater Infiltration Tank* sebagai alternatif penggunaan air pada Gedung Fakultas Hukum Kampus E Untirta Sindangsari?
- Berapa volume pemanfaatan air hujan yang dapat dipanen oleh *Rain Water Harvesting System* pada Gedung Fakultas Hukum Kampus E Untirta Sindangsari?
- Berapa besar presentase pengurangan debit dari sistem pemanenan air hujan dan *Stormwater Infiltration Tank* yang dianalisis?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

- Merencanakan konsep dan desain pemanenan air hujan (*Rain Water Harvesting System*) dan *Stormwater Infiltration Tank* sebagai alternatif penggunaan air pada Gedung Fakultas Hukum Kampus E Untirta Sindangsari.

- b. Mengetahui volume pemanfaatan air hujan yang dapat dipanen oleh *Rain Water Harvesting System* pada Gedung Fakultas Hukum Kampus E Untirta Sindangsari.
- c. Mengetahui besar presentase pengurangan debit dari sistem pemanenan air hujan dan *Stormwater Infiltration Tank* yang dianalisis.

23

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak meluas dan dapat dibahas secara terstruktur, maka pembahasan topik penelitian diberi batasan masalah sebagai berikut:

- a. Perencanaan *Rain Water harvesting System* dan *Storm Water Infiltration Tank* hanya akan direncanakan pada wilayah Fakultas Hukum Kampus E Untirta Sindangsari.
- b. Tidak mengaitkan limbah dan menguraikan kualitas air.
- c. Air hujan akan dimanfaatkan sebagai nonpotable water (toilet dan pertamanan).
- d. Tidak membahas metode pelaksanaan pemasangan sigma tank beserta instalasi secara detail.
- e. Data curah hujan yang dipakai merupakan data curah hujan 10 tahun terakhir (2013-2022) dari stasiun hujan wilayah terdekat dari lokasi studi kasus yaitu stasiun BMKG Maritim Serang.

15

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu

- a. Pengembangan ilmu dan dapat dijadikan referensi penelitian selanjutnya.
- b. Dapat digunakan sebagai praktisi program yang ada pada Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

1.6 Keaslian Penelitian

Penelitian perencanaan ini pernah dilakukan oleh penelitian sebelumnya yaitu mengenai *Rain Water Harvesting System* oleh saudara Shafira Laila pada lokasi yang sama yaitu Gedung Fakultas Hukum Kampus E Untirta Sindangsari, yang membedakan dengan penelitian ini terletak pada desain. Desain yang dilakukan menggunakan konsep hybrid antara pemanenan air hujan (*Rain Water Harvesting System*) dengan sumur resapan (*stormwater infiltration tank*) dimana penelitian ini pernah dilakukan oleh Puja Salsabila yang dilakukan pada Gedung Asrama Putri

kampus Sindangsari Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, yang membedakan adalah tinjauan studi kasus dimana penelitian ini dilakukan pada Gedung Fakultas Hukum Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Limpasan air hujan yang masuk ke dalam pemanen air air hujan selanjutnya akan dialokasikan ke sumur resapan di mana desain tampungan ini menggunakan tangki resapan modern *Stormwater Infiltration Tank*. Maka dari itu data hasil survei beserta data hasil pembahasan merupakan hasil analisis penulis.

TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian ini penulis mengaitkan dengan berbagai macam karya ilmiah mengenai *Rain Water Harvesting System* dan *Stormwater Infiltration Tank* yang telah banyak diteliti sebelumnya, penelitian yang membahas kemiripan teori, subjek, serta objek penelitian dijadikan sebagai acuan dalam penelitian ini. Ada yang meneliti tentang RWHS bahannya menggunakan sigma tank, RWHS dengan sumur resapan, atau bahkan ada yang mengenai RWHS atau sumur resapannya saja, sedangkan pada lokasi tinjauannya sama, yang akan dibedakan pada metode dan penggunaan bahannya. Untuk jelasnya berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu yang memiliki pembahasan sama dengan penelitian ini.

Pertama, Fahrus Sabri (2021) penelitian tentang perencanaan rain harvesting system sebagai implementasi konsep smart & green campus. Pada lokasi tinjauannya yaitu Gedung Asrama Putri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, kemudian menggunakan data perhitungan kawasan dengan metode aritmatika serta menggunakan data curah hujan andalan 90% dengan metode F.J. Mock, kemudian mengenai intensitas hujan digunakan teori mononobe. Hasil penelitian ini menunjukkan volume suplai air hujan dapat dipanen sebesar 3124,447 m³ /tahun, dan total kebutuhan air gedung asrama sebesar 7051,8 m³ /tahun. RWHS pada Gedung Asrama Putri ini terdiri dari ground reservoir berkapasitas 324 m³ , talang ½ lingkaran berdiameter 250 mm pada atap gedung, dan pipa tegak PVC 100 mm serta pipa datar PVC berdiameter 150 mm. Berdasarkan perencanaan ini, penggunaan air dapat dihemat rata-rata sebesar 41,12% per bulan. Perhitungan RAB sistem ini didapatkan nilai sebesar Rp. 288.471.000,-. (Sabri, Wigati, & Kusuma, 2021).

Kedua, Shafira Laila Fitriansyah (2021) penelitian tentang pengolahan air hujan dengan perencanaan rain harvesting system sebagai implementasi konsep smart & green campus untuk penyiraman taman dan flushing toilet.

Pada lokasi tinjauannya yaitu Fakultas Hukum Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penelitian ini dilakukan beberapa pengujian yaitu pengujian PH dan TD ¹⁵ sesuai dengan ketentuan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Perhitungan data ²³ curah hujan dengan rentang waktu selama 10 tahun (2010-2019) dibandingkan menggunakan perhitungan rerata/aritmatika yang berasal dari 4 stasiun hujan terdekat dengan wilayah studi. Dari hasil penelitian didapatkan penghematan pada Fakultas Hukum sebesar 13% dengan menggunakan perbandingan dua metode yaitu Permen PU dan penelitian Cendya Quaresvita, dengan kapasitas bak penampung sebesar 217 m³ yang dibangun diatas tanah menggunakan bahan *Fiberglass Reinforce Plastic* (FRP) (Fitriansyah, Wigati, & Kuncoro, 2021).

Ketiga, Rika ⁶⁴ Sylviana dan Dede Hendriyana (2018) penelitian mengenai Perencanaan Teknis Pemanenan Air Hujan Terintegrasi dengan Sumur Resapan dengan studi kasus kantor pemerintahan dan sekolah di Bekasi. Mereka melakukan perencanaan teknis atau desain bangunan Pemanenan Air Hujan Terintegrasi dengan Sumur Resapan meliputi bangunan penampungan/pemanen air hujan (*harvest rain*). Berdasarkan hasil penelitian kewajiban penyediaan sumur resapan di tiap bangunan kantor kecamatan/kelurahan berjumlah 20 unit sumur resapan dengan kapasitas 1 m³ jika luasan atap 500 m². Sedangkan kewajiban penyediaan sumur resapan berjumlah 60 unit sumur resapan dengan kapasitas 1 m³ luasan atap bangunan sarana pendidikan rata-rata 1500 m². Pada lokasi sarana perkantoran dan pendidikan diperkirakan berbiaya Rp 74,46 juta untuk sarana-sarana pemanfaatan air hujan terintegrasi dengan sumur resapan khususnya bak pengumpul air hujan dan sumur resapan yang dilengkapi dengan pompa air untuk memberikan tekanan ke atas dan filter air untuk menyaring air hujan sebelum dimanfaatkan untuk kebutuhan air domestik (Sylviana & Hendriyana, 2018).

Keempat, ⁷ Auliya Akraoe Littaqwa, Gagassage Nanaluh De Side, dan ⁷ Uzlifatul Azmiyati (2021) penelitian mengenai Rain Water Harvesting yaitu menganalisis efisiensi dan penghematan dari penerapan sistem pemanenan air hujan di UNU NTB. Analisis yang digunakan adalah analisis kualitas air hujan, data curah hujan, intensitas hujan, dan daerah tangkapan. Hasil dari pengamatan, 8 blok gedung di Kampus UNU NTB menghasilkan jumlah tangkapan air hujan sebesar 6.265,41 m³,

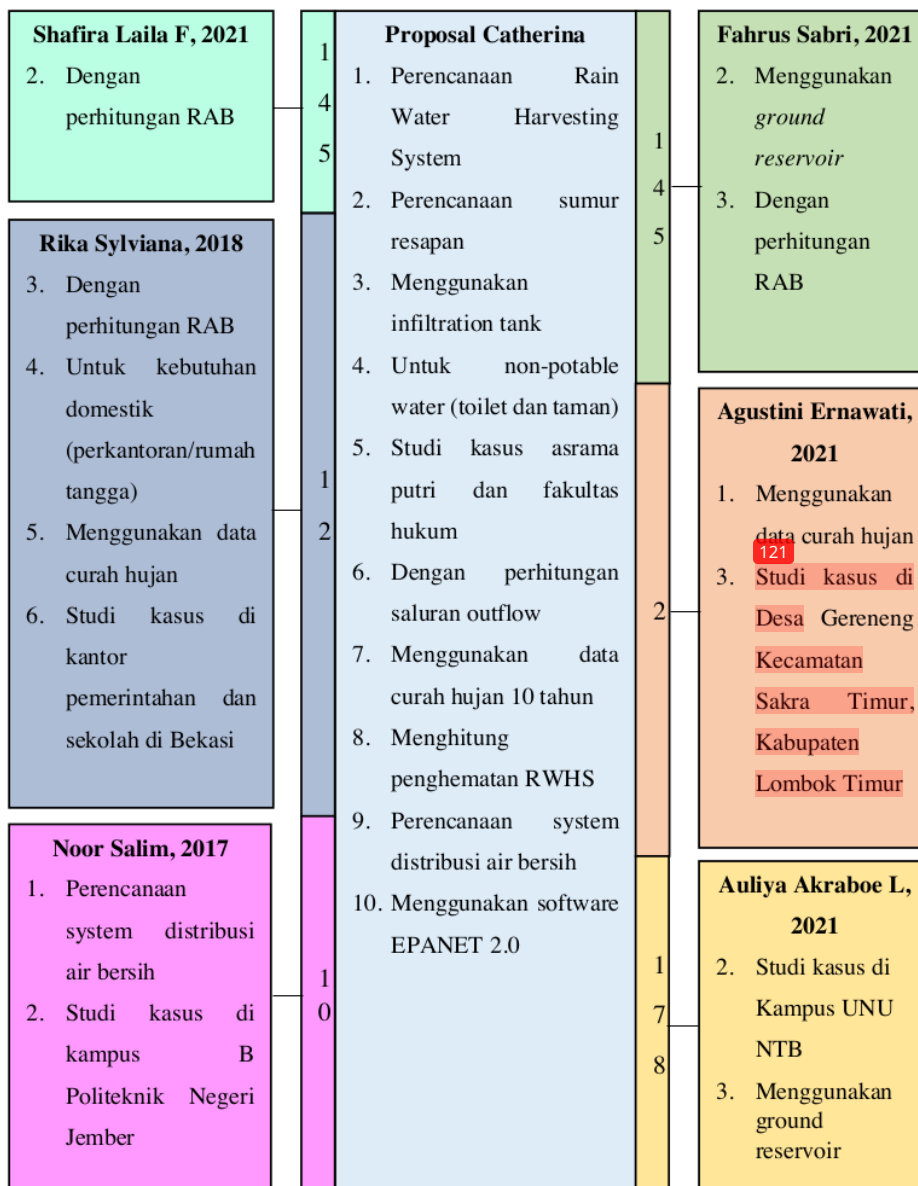
dan jumlah air yang digunakan hasil dari wawancara yaitu 4.051,55 m³. Dengan sistem penampungan air hujan berada di bawah permukaan melihat rencana kampus dalam peningkatan gedung serta jumlah mahasiswa kedepannya. Air yang digunakan untuk kegiatan kampus sudah tercover bila adanya penampungan air hujan. Proyeksi tahun 2030, kenaikan mahasiswa hingga 73% berbanding lurus juga dengan kebutuhan air yang meningkat. Penampungan air hujan menjadi solusi dalam efisiensi penggunaan air serta penghematan biaya air yang dikeluarkan (Littaqwa, Side, & Azmiyati, 2021).

Kelima, Agustini Ernawati (2021) penelitian mengenai penerapan sumur resapan air hujan sebagai upaya antisipasi kekurangan air bersih. Terdapat dua jenis data yang digunakan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yaitu dari penelitian tersebut didapat secara langsung melalui observasi serta pengamatan langsung terhadap obyek yang akan diteliti. Sedangkan data sekunder yaitu diperoleh secara tidak langsung. Dari penelitian yang sudah dilakukan didapat kesimpulan bahwa sumur resapan yang diterapkan pada Desa Gereneng Kecamatan Sakra Timur, Kabupaten Lombok Timur adalah sumur resapan kolektif atau sumur resapan dalam, kemudian dimensi sumur resapan yang dipakai berbeda-beda tergantung luas wilayah permukiman yang dibagi berdasarkan letak topografi. Pertama, luas 1 = 0.0195 m², sumur resapan berdiameter 1 m, dengan kedalaman 9 m. kedua, luas 2 = 0.0153 m², sumur resapan berdiameter 1 m, dengan kedalaman 7 m. Ketiga, luas 3 = 0.0102 m², sumur resapan berdiameter 1 m, dengan kedalaman 5 m. keempat, luas 4 = 0.0114 m², sumur resapan berdiameter 1 m, dengan kedalaman 7 m (Ernawati, 2021).

Keenam, Noor Salim (2017) penelitian tentang Kajian Sistem Distribusi Air Bersih Untuk Bangunan Bertingkat Dengan Metode Epanet, dengan lokasi studi kasus yaitu pada Kampus B Politeknik Negeri Jember. Dari perhitungan kebutuhan air bersih tiap titik simpul diketahui 0,087 liter/detik. Kebutuhan air bersih 0,087 liter / detik dimasukkan kedalam program epanet versi 2.0 untuk mengetahui simulasi hidrolika dan perilaku kualitas air didalam sistem jaringan perpipaan bertekanan dalam rentang waktu tertentu. Dari hasil simulasi dengan program epanet versi 2.0 diperoleh hasil kecepatan aliran (*Velocity*) paling rendah 0,28 m/s dan paling besar

0,83 m/s. Sedangkan untuk tekanan diperoleh 8,39 mH2O paling rendah dan 21,56 mH2O paling tinggi. Dari perolehan kecepatan di atas memenuhi syarat karena di dalam ketentuan epanet kecepatan harus diatas 0,1 m/s dan tekanan tidak boleh lebih dari 10 m H2O. Perubahan diameter pipa, elevasi atau penambahan katup merupakan solusi jika pada simulasi epanet terjadi negatif *pressure* (Salim, 2017)

⁷³ Secara keseluruhan, korelasi antara penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang menjadi rujukan dipetakan dalam bentuk diagram irisan sebagai berikut.



Setelah korelasi secara visual dari Gambar 2.1, Maka dapat diringkas seacara detail mengenai jurnal-jurnal yang digunakan, dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

No.	Penulis & Tahun	Judul	Tujuan Penelitian	Variabel Penelitian	Metode Analisis	Hasil
1.	Fahri Sabri, (2021)	Perencanaan Rainwater Harvesting System sebagai Implementasi Konsep Smart & Green Campus (Studi Kasus: Gedung Asrama Putri, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kampus Sindangsari)	Mengetahui volume air hujan yang dapat dipanen, Merencanakan RWHS, mengetahui presentase penghematan RWHS, dan mengetahui RAB dalam pembuatan RWHS.	Kebutuhan air gedung dan taman, ketersediaan air, desain rain water harvesting	30 Data curah hujan andalan 90% dari 5 stasiun terdekat menggunakan metode F.J. Mock. 64 Kapasitas PAH berdasarkan Permen PU Tentang Penyelenggaraan Pengembangan SPAM Bukan Jaringan Perpipaan No. 01/PRT/M2009.	2 Volume suplai air hujan dapat dipanen sebesar 3124,447 m ³ /tahun dan total kebutuhan air gedung asrama sebesar 7051,8 m ³ /tahun, RWHS pada gedung Asrama Putri ini terdiri dari ground reservoir berkapasitas 324 m ³ , talang 1/2 lingkaran berdiameter 250 mm pada atap gedung, dan pipa tegak PVC 100 mm serta pipa datar PVC berdiameter 150 mm. Berdasarkan perencanaan ini, penggunaan air dapat dihemat rata-rata sebesar 41,12% per bulan. Perhitungan RAB sistem ini didapatkan nilai sebesar Rp. 288.471.000,-.
2.	Shafira Laila Fitriyah (2021)	Perencanaan Rainwater Harvesting System sebagai Implementasi Konsep Smart & Green Campus (Studi Kasus: Gedung Fakultas Hukum, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kampus Sindangsari)	Mengetahui volume air hujan yang dapat dipanen, mendesain sistem Penampungan Air Hujan (PAH) yang meliputi Catchment Area, Conveyance System, dan Storage Device, dan Mengetahui jumlah potensi penghematan pemakaian air tanah.	Kebutuhan air gedung dan ketersediaan air, desain rain water harvesting	Menggunakan uji PH dan TDS sesuai dengan ketentuan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, perhitungan data curah hujan dengan rentang waktu selama 10 tahun (2010-2019) dibandingkan menggunakan perhitungan rerata/aritmatika yang berasal dari 4 stasiun hujan terdekat dengan wilayah studi.	Dari hasil penelitian didapatkan penghematan pada Fakultas Hukum sebesar 13% dengan menggunakan perbandingan dua metode yaitu Permen PU dan penelitian Cendya Quaresvita, dengan kapasitas bak penampung sebesar 217 m ³ yang dibangun diatas tanah menggunakan bahan Fiberglass Reinforce Plastic (FRP).

3.	Rika S ⁹ iana, (2018)	Perencanaan Teknis Pemanenan Air Hujan Terintegrasi dengan Sumur Resapan	<p>⁹ Menganalisa kebutuhan fisik pemanenan air hujan yang terintegrasi dengan sumur resapan air hujan dan mengide ⁹ ntifikasi perlengkapan sarana pendukung dalam mengoptimalkan pemanfaatan air hujan untuk kebutuhan domestik.</p>	Kebutuhan air bersih, ketersediaan air, teknis pemanenan air dan sumur resapan.	<p>⁹ Perencanaan teknis atau desain bangunan Pemanenan Air Hujan Terintegrasi dengan Sumur Resapan meliputi bangunan penampungan/pemanenan air hujan (harvest rain).</p>	<p>⁹ Penyediaan sumur resapan di tiap bangunan kantor kecamatan/keurahan berjumlah 20 unit sumur resapan dengan kapasitas ⁹ m³ jika luasan atap sumur resapan berjumlah 60 unit sumur resapan dengan kapasitas 1 m³ luasan atap bangunan sar⁹ pendidikan rata-rata 1500 m². Pada lokasi sarana perkantoran dan pendidikan diperkirakan berbiaya Rp 74,46 juta untuk sarana-sarana pemanfaatan air hujan terintegrasi dengan sumur resapan khususnya bak pengumpul air dan sumur resapan yang dilengkapi dengan pompa air untuk memberikan tekanan ke atas dan filter air untuk menyaring air hujan sebelum dimanfaatkan untuk kebutuhan air domestik.</p>
4.	⁷ Aulia Akraboe Littaqwa, (2021)	Rain Water Harvesting Sebagai Alternatif Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih.	<p>⁷ Merencanakan sistem pemanenan air hujan alternatif kebutuhan air bersih, menganalisis efisiensi dan penghematan dari penerapan sistem pemanenan air hujan di UNU NTB.</p>	Kebutuhan air bersih, ketersediaan air, teknis pemanenan air	<p>⁷ Analisis yang digunakan adalah analisis kualitas air hujan, data curah hujan, intensitas hujan, dan daerah tangkapan.</p>	<p>Hasil dari pengamatan, 8 blok gedung di Kampus UNU NTB menghasilkan jumlah tangkapan air hujan sebesar 6.265,41 m³, dan jumlah air yang digunakan ⁷ sil dari wawancara yaitu 4.051,55 m³. Proyeksi tahun 2030, kenaikan mahasiswa hingga 73% dibanding lurus juga dengan kebutuhan air yang meningkat. Penampungan air hujan menjadi solusi dalam efisiensi penggunaan air serta penghematan biaya air yang dikeluarkan.</p>

5.	Agustini Ernawati, (2021)	<p>8 Penerapan Sumur Resapan Air Hujan Sebagai Upaya Antisipasi Kekurangan Air Bersih di Desa Gereng Kecamatan Sakra Timur Kabupaten Lombok Timur.</p>	Perencanaan sumur resapan			<p>8 sumur resapan yang diterapkan pada Desa Gereng Kecamatan Sakra Timur, Kabupaten Lombok Timur adalah sumur resapan kolektif atau sumur resapan dalam, kemudian dimensi sumur resapan yang dipakai berbeda-beda tergantung luas wilayah permukiman yang dibagi berdasarkan letak topografi. Pertama, luas 1 = 0,0195 m², sumur resapan berdiameter 1 m, dengan kedalaman 9 m. kedua, luas 2 = 0,0153 m², sumur resapan berdiameter 1 m, dengan kedalaman 7 m. Ketiga, luas 3 = 0,0102 m², sumur resapan berdiameter 1 m, dengan kedalaman 5 m. keempat, luas 4 = 0,0114 m², sumur resapan berdiameter 1 m, dengan kedalaman 7 m.</p>
6.	Noor Salim, 2017	<p>1 Kajian Sistem Distribusi Air Bersih Untuk Bangunan Bertingkat Dengan Metode Epanet (Studi Kasus : Kampus B Politeknik Negeri Jember)</p>	<p>Menganalisis jumlah populasi yang akan dilayani untuk kebutuhan air bersih, menghitung debit sumber air yang tersedia, dan menganalisa pendistribusian air bersih</p>	<p>Kebutuhan air gedung, volume sumber air, distribusi air bersih.</p>	<p>1 Perhitungan pertumbuhan mahasiswa dan karyawan untuk tahun mendatang menggunakan metode geometrik dan tahun mendatang di mulai dari tahun 2013 sampai 2023. Simulasi jaringan distribusi air bersih menggunakan sistem jaringan distribusi bercabang dengan software EPANET 2.0.</p>	<p>1 Jumlah Mahasiswa dan Karyawan pada tahun 2013 sebanyak 1355 orang dan jumlah Mahasiswa dan Karyawan 10 tahun mendatang (tahun 2023) adalah sebanyak 7443 orang. Kebutuhan air tahun 2013 adalah 0,3607 l/det dan kebutuhan air di tahun yang direncanakan (tahun 2023) adalah 1,9814 l/det. Jumlah populasi yang akan dilayani untuk kebutuhan air bersih yaitu sebanyak 7443 orang (tahun 2023). Debit sumber air yang tersedia adalah 0,003 m³/det. Dalam perhitungan distribusi kebutuhan air bersih menggunakan program Epanet versi 2.0 untuk mempermudah perhitungan. Dari hasil epanet versi 2.0 kebutuhan air bersih pada tahun yang direncanakan, yaitu tahun 2023 terpenuhi. Dari hasil epanet versi 2.0 menunjukkan bahwa kecepatan aliran</p>

		<p>Konsep dan Desain Rain Water Harvesting System dan Storm Water Infiltration Tank Kampus E Untirta</p> <p>Sindang Sari yang Berkelanjutan.</p>	<p>Merencanakan konsep dan desain pemanenan air hujan (<i>Rain Water Harvesting System</i>) dan <i>Stormwater Infiltration Tank</i> sebagai alternatif penggunaan air; mengetahui banyak volume pemanfaatan air hujan yang dapat dipanen oleh <i>Rain Water Harvesting System</i>; mengetahui besar presentase pengurangan debit dari sistem pemanenan air hujan dan <i>Stormwater Infiltration Tank</i> yang diterapkan.</p>	<p>Desain rain water harvesting system dan stormwater infiltration tank, presentase pengurangan debit, dan system plumbing pada gedung.</p>	<p>Analisis kebutuhan air pada gedung Fakultas Hukum, analisis frekuensi data curah hujan, analisis evapotranspirasi, analisis debit andalan, analisis ketersediaan air, potensi penghematan, perancangan desain dan dimensi sigma tank, analisis debit banjir rencana, analisis plumbing menggunakan software EPANET, perhitungan infiltrasi menggunakan teori infiltrasi Green-Ampt.</p>	<p>(velocity) diatas 0,1 m/s paling besar 0,83 m/s dan paling rendah 0,28 m/s dan tekanan (pressure) tidak lebih dari 100 m H₂O, yaitu paling besar 8,39 mH₂O dan paling rendah 21,56 mH₂O.</p> <p>Perencanaan desain sistem RWHT untuk catchment area menggunakan atap Gedung Fakultas Hukum seluas 1600,2 m². Conveyance system disambungkan dengan roof drain yang telah tersedia dan dialirkan menuju bak penampung dengan menggunakan pipa Galvanis berdiameter 150 mm, lalu bak air hujan sebesar 322,99 m³ menggunakan sigma tank terbuat dari Polypropylene (PP) dengan ukuran 31,28 m x 12,87 m x 0,82 m. Lalu air dari tanki dialirkan kembali menuju saluran tiap lantai menggunakan pipa PVC diameter 76,2 mm. Penempatan bak penampung di bawah tanah tepat disisi kiri bangunan Gedung Fakultas Hukum Untirta</p> <p>Dengan jumlah penghuni 610 jiwa membutuhkan air bersih sebesar 6699,21 m³/tahun. Sedangkan dengan luas atap yang ada hanya menghasilkan suplai air hujan sebanyak 922,65 m³/tahun. Sehingga dilakukan analisis kembali dan didapat jumlah kebutuhan 803,91 m³/tahun yang dapat tertutupi oleh suplai air yang ada atau sebesar 12% dari kebutuhan. Berdasarkan perencanaan, potensi penghematan penggunaan air tanah di gedung Asrama Putri UNTIRTA Sindang Sari akan berkurang sebesar 12%.</p>
--	--	--	---	---	--	---

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

BAB 3 LANDASAN TEORI

3.1 Konsep *Smart & Green Campus*

Smart and green campus merupakan salah satu konsep yang mendukung pembangunan yang berkelanjutan, dimana suatu konsep yang mengutamakan praktik dari upaya-upaya perlindungan, pengelolaan, dan pelestarian lingkungan yang berkelanjutan pada institusi-institusi pendidikan (Santoso, Akmalah, & Irawati, 2017).

UI *GreenMetric World University Rankings* merupakan salah satu sistem pemeringkatan universitas dunia. Pemeringkatan yang dicetuskan oleh Universitas Indonesia (UI) ini dilakukan untuk mengetahui usaha kampus-kampus dunia dalam menerapkan prinsip-prinsip *sustainable development* yang menilai dari segi green campus. Hingga tahun 2021 terdapat 956 perguruan tinggi dari seluruh dunia dan 101 diantaranya merupakan perguruan tinggi asal Indonesia yang berpartisipasi dalam UI *GreenMetric*. Berdasarkan sistem pemeringkatan ini terdapat 6 kategori dengan bobot poin masing-masing yang berbeda, diantaranya sebagai berikut.

Tabel 3.1 Komponen Kriteria UI *GreenMetric*

No.	Category	Percentage of Total Points (%)
1	Penataan dan Infrastruktur (SI)	15
2	Energi dan Perubahan Iklim (EC)	21
3	Limbah (WS)	18
4	Air (WR)	10
5	Transportasi (TR)	18
6	Pendidikan dan Penelitian (ED)	18
	Total	100

(sumber: https://greenmetric.ui.ac.id/wpcontent/uploads/2015/07/UI_GreenMetric_Guideline_2019_Indonesian_1.1)

Dalam kategori air (WR) tersebut terdiri dari beberapa indikator antara lain:

- a. Implementasi program konservasi air di Kampus
- b. Implementasi program pemanfaatan air didaur ulang di Kampus
- c. Penggunaan peralatan hemat air (misalnya keran sensor otomatis, *autoflush toilet*, dan lain-lain)

- d. Rasio antara penggunaan air berbasis pipa (contohnya: PAM) dengan total pengguna air

151

3.2 Analisis Kebutuhan Air

34

Kebutuhan air bersih salah satunya dapat dihitung berdasarkan jumlah pemakaian per hari rata-rata per orang dan jumlah penghuninya. Setelah melakukan penghitungan kebutuhan air bersih “dalam Liter per hari”, nantinya akan diperoleh gambaran mengenai volume tangki penyimpanan air bersih yang perlu disediakan dalam suatu bangunan dan besaran kapasitas pompa yang diperlukan. Perhitungan juga bisa dilakukan berdasarkan luas lantai apabila jumlah penghuni tidak diketahui dengan menetapkan kepadatan hunian per luas lantai (umumnya sebesar 5-10 m²/orang). Luas lantai yang dimaksudkan adalah luas lantai efektif. Kisaran dari luas lantai efektif ini adalah antara 55-80% dari luas lantai seluruhnya (Noerbambang, Soufyan, & Takeo, 2005).

Air yang dipanen pada *Rain Water Harvesting System* ini selanjutnya akan digunakan kembali untuk kebutuhan air non domestik yaitu untuk toilet (flushing dan wastafel) dan penyiraman taman. Terdapat standar jumlah kebutuhan air yang diperlukan dalam masing-masing penggunaannya. Standar kebutuhan untuk penggunaan flushing toilet adalah 20 liter/orang/hari (BSN, 2005), kemudian standar kebutuhan penggunaan wastafel yaitu sebesar 10 liter/orang/hari (Aska, 2018) Untuk standar kebutuhan air siram untuk tanaman adalah 2 liter/m²/hari (Widarto, 1996).

3

Kebutuhan air bersih rumah tangga, dinyatakan dalam satuan liter/orang/hari, besar kebutuhan tergantung dari kategori kota berdasarkan jumlah penduduk, yaitu :

Tabel 3.2 Kebutuhan Air Bersih Rumah Tangga per orang per hari menurut kategori kota

No	Kategori Kota	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air Bersih (L/O/H)
1.	Semi urban (ibu kota kecamatan/desa)	3000 - 20000	60 - 90
2.	Kota kecil	20000 - 100000	90 - 110
3.	Kota sedang	100000 - 500000	100 - 125
4.	Kota besar	500000 - 1000000	120 - 150

5.	Metropolitan	>1000000	150 – 200
----	--------------	----------	-----------

(Sumber : SNI 6278.1:2015)

74 3.3 Curah Hujan Andalan

Curah hujan andalan/efektif merupakan curah hujan minimum daerah untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan dan dapat dipakai untuk menentukan keperluan *Rain Water Harvesting System*. Nilai hujan andalan mendekati 90% diambil karena air yang akan dipanen diperuntukan langsung untuk kebutuhan manusia, sehingga membutuhkan volume air yang lebih banyak dibandingkan untuk kebutuhan tanaman (irigasi). Dalam menentukan besarnya debit andalan dengan peluang 90 % digunakan probabilitas Metode *Weibull*, dengan rumus (Soemarto, 1987):

$$P (\%) = \left(\frac{m}{(n+1)} \right) \times 100 \% \quad (3.1)$$

dimana :

P = Peluang (%)

m = Nomor urut data

n = Jumlah data.

3.4 Curah Hujan Desain

Analisis frekuensi merupakan perkiraan yang digunakan sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untuk antisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi, dalam arti memperoleh probabilitas untuk terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk debit atau curah hujan rencana. Data hujan harian maksimum tahunan minimal 10 tahun terakhir dibutuhkan sebelum dilakukan uji distribusi frekuensi curah hujan. Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam analisis sebaran dan banyak digunakan dalam hidrologi adalah distribusi normal, distribusi log normal, distribusi gumbel dan distribusi log pearson III.

Dalam menganalisis hujan rencana dengan metode distribusi manapun, terdapat data-data pendukung seperti berikut.

a. Standar Deviasi (S)

Standar Deviasi merupakan suatu nilai yang digunakan dalam menentukan persebaran data pada suatu sampel dan melihat seberapa dekat data-data

tersebut dengan nilai *mean*. Standar deviasi atau simpangan baku merupakan ukuran penyebaran yang paling baik, karena menggambarkan besarnya penyebaran tiap-tiap unit observasi (Fajriyah & Wardhani, 2020). Menghitung standar deviasi dari data curah hujan yang terekam di stasiun hujan sel (3.2) dengan rumus sebagai berikut ini.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Dimana :

S = Standar deviasi

X_i = Curah hujan maksimum

\bar{X} = Rata-rata curah hujan maksimum

n = Jumlah data

b. Koefisien kemencengan (Cs)

Koefisien kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan seberapa jauh pergeseran dari bentuk yang simetris untuk suatu distribusi atau biasa dikenal dengan derajat ketidak simetrisan. Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa jauh kurva frekuensi tersebut menceng (Upomo & Kusumawardani, 2016). Koefisien kemencengan (Cs) dapat dicari menggunakan persamaan seperti berikut.

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2)S^2} \quad (3.3)$$

Dimana :

Cs = Koefisien kemencengan

S = Standar deviasi

X_i = Curah hujan rata-rata

\bar{X} = Rata-rata curah hujan maksimum

n = Jumlah data

c. Koefisien keruncingan/kurtosis (Ck)

Koefisien keruncingan atau kurtosis adalah parameter untuk mengukur tingkat kepuncakan dari sebuah distribusi yang biasanya diambil secara relatif terhadap suatu distribusi normal. Koefisien keruncingan dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut (Fajriyah & Wardhani, 2020).

(3.4)

$$Ck = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$$

Dimana :

Cs = Koefisien kemencengan

S = Standar deviasi

Xi = Curah hujan rata-rata

\bar{X} = Rata-rata curah hujan maksimum

n = Jumlah data

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam analisis sebaran dan banyak digunakan dalam hidrologi adalah distribusi normal, distribusi log normal, distribusi gumbel dan distribusi log pearson III.

a. Metode Distribusi Normal dan Log Normal

Metode distribusi normal adalah fungsi distribusi kumulatif normal yang dikenal dengan nama distribusi Gauss Rumus dalam distribusi ini adalah:

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \quad (3.5)$$

dimana:

X_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

\bar{X} = nilai rata-rata

S = standar deviasi

K_T = faktor frekuensi

Berikut merupakan tabel variasi reduksi Gauss faktor frekuensi.

Tabel 3.3 Metode Distribusi Normal – Faktor Frekuensi Gauss

No	Periode Ulang (T) Tahun	Peluang	K_T
1	1.001	0.999	-3,05
2	1.250	0.800	-0,84
3	1.670	0.599	-0,25
4	2.500	0.400	0,25
5	2.000	0.500	0
6	5.000	0.200	0,84
7	10.000	0.100	1,28
8	20.000	0.050	1,64
9	50.000	0.020	2,05
10	100.000	0.010	2,33

(Sumber : Soewarno, 1995)

b. Metode Distribusi Gumbel

Metode distribusi gumbel banyak digunakan dalam analisis frekuensi hujan.

Rumus yang digunakan adalah:

$$X_T = \bar{X} + \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \times S \quad (3.6)$$

dimana:

X_T = besar variabel dengan kala ulang T tahun

\bar{X} = nilai rata-rata

S = standar deviasi

Y_T = reduced variate

Y_n = reduced mean yang tergantung jumlah sampel

S_n = reduced standard deviation yang tergantung pada jumlah sampel

Berikut merupakan tabel dari reduksi variat (Y_T), nilai rata-rata dari reduksi variat (Y_n), dan nilai rata-rata standar deviasi (S_n).

Tabel 3.4 Nilai Reduksi Variat (Y_T) Metode Gumbel

No	Periode Ulang (Tahun)	Reduced Variate (YT)
1	2	0,3665
2	5	1,4999
3	10	2,2502
4	20	2,9606
5	25	3,1985
6	50	3,9019
7	100	4,6001
8	200	5,296
9	500	6,214
10	1000	6,919
11	5000	8,539
12	10000	9,921

(Sumber : C.C. Soemarto, 1999)

10
Tabel 3.5 Nilai Rata-Rata Reduksi Mean (\bar{Y}_n) Metode Gumbel

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.507	0.51	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.522
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.53	0.582	0.5882	0.5343	0.5353
30	0.5363	0.5371	0.538	0.5388	0.5396	0.54	0.541	0.5418	0.5424	0.543
40	0.5463	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5468	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.553	0.5533	0.5535	0.5538	0.554	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.555	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.557	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.558	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.56									

(Sumber : C.C. Soemarto, 1999)

6
Tabel 3.6 Nilai Rata-Rata Standar Deviasi (S_n) Metode Gumbel

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0315	1.0961	1.1004	1.1047	1.1080
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1923	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2046	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065									

(Sumber : C.C. Soemarto, 1999)

12
c. Log Pearson III

Pearson telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi probabilitas empiris. Tiga parameter penting dalam Metode Log Pearson Tipe III, yaitu:

1. Harga rata-rata (R)
2. Simpangan baku (S)
3. Koefisien kemencengan (G)

Rumus yang digunakan adalah:

(3.7)

$$Y = \bar{Y} + K_T S$$

$$\text{Log}(X_T) = \overline{\text{Log}(X)} + K_T S \quad (3.8)$$

Dimana :

$Y = \text{Log}(X_T)$ = Nilai Curah Hujan periode ulang T tahun

\bar{X} = Data curah hujan

$\bar{Y} = \overline{\text{Log}(X)}$ = Nilai rata curah hujan logaritmik

S = Standar Deviasi

K_T = Karakteristik distribusi Log Pearson III

Cs = Koefisien skewness/koefisien kemencengan

n = jumlah data hujan

Berikut merupakan tabel dari karakteristik distribusi Log Pearson III (K_T).

Tabel 3.7 Karakteristik Distribusi Log Pearson III (K_T)

Koef. Kmencengan (Cs)	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3	-0.396	0.42	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2.5	-0.36	0.518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2.2	-0.33	0.574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2	-0.307	0.609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1.8	-0.282	0.643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1.6	-0.254	0.675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1.4	-0.225	0.705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1.2	-0.195	0.732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1	-0.164	0.758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0.9	-0.148	0.769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0.8	-0.132	0.78	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312	4,250
0.7	-0.116	0.79	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0.6	-0.099	0.8	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0.5	-0.083	0.808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0.4	-0.066	0.816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0.3	-0.05	0.824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0.2	-0.033	0.83	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0.1	-0.017	0.836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0	0	0.842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0.1	0.017	0.836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	3,950

-0.2	0.033	0.85	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0.3	0.05	0.853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0.4	0.066	0.855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0.5	0.083	0.856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0.6	0.099	0.857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0.7	0.116	0.857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0.8	0.132	0.856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0.9	0.148	0.854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1	0.164	0.852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1.2	0.195	0.844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1.4	0.225	0.832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1.6	0.254	0.817	0,994	1,116	1,166	1,200	1,216	1,280
-1.8	0.282	0.799	0,945	0,035	1,069	1,089	1,097	1,130
-2	0.307	0.777	0,895	0,959	0,98	0,99	1,995	1,000
-2.2	0.33	0.752	0,844	0,888	0,9	0,905	1,907	0,91
-2.5	0.36	0.711	0,771	0,793	0,798	0,799	1,800	0,802
-3	0.396	0.636	0,66	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

(Sumber : C.C. Soemarto, 1999)

3.5 Persamaan Kontinuitas

Sistem operasi penyaluran pada tangki memerlukan adanya kajian untuk mengetahui berapa besarnya debit masuk (*inflow*) dan debit keluar (*outflow*) serta debit maksimum yang terbuang lewat pelimpah pada saat muka air tangki melebihi normal atau saat banjir. Hidrograf *outflow* suatu tangki dapat dicari berdasarkan hidrograf *inflow* dengan metode *hidrologic routing* seperti berikut (Susilowati & Hastiningrum, 2005).

$$\frac{ds}{dt} = I - O \quad (3.9)$$

Dimana :

I = debit yang masuk pada waduk (m^3 / dt)

O = debit yang keluar melalui pelimpah (m^3/dt)

ds = besarnya tampungan / storage (m^3)

dt = periode penelusuran (dt)

3.6 Rain Water Harvesting System

Pemanenan Air Hujan (PAH) merupakan teknik pengumpulan dan penampungan air hujan ke dalam tangki atau waduk. Air hujan dialirkan melalui pipa penghubung

yang dipasang di atap-atap rumah menuju tempat penampungan di bawahnya (Nurrohman, Paksi, Sangkawati, & Sugiyanto, 2015). Volume tangki atau kolam penampungan air hujan sangat penting untuk diperhitungkan dalam perencanaan pemanenan air hujan. Volume tangki atau kolam ini ditentukan oleh angka *supply* dan *demand* dari penggunaan air di masyarakat sehari-hari (Ayatri, Fajar, & Zurfi, 2021). Dalam memperhitungkan pemanenan air hujan digunakan persamaan-persamaan berikut ini:

a. **Perhitungan Supply Air Hujan**

Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui banyaknya air hujan yang dapat ditampung, persamaannya sebagai berikut:

$$S = A \times M \times F \quad (3.10)$$

dimana:

S = Supply air hujan yang dapat ditampung (m³)

A = Luas area tangkapan air hujan/luas atap rumah penduduk (m²)

F = Koefisien *runoff*

Koefisien *runoff* adalah jumlah dari curah hujan yang dapat mengalir setelah mengalami penguapan. Nilai koefisien *runoff* dapat dipengaruhi oleh bentuk permukaan dari suatu atap. Biasanya banyaknya air hujan diasumsikan dapat ditampung 80 % atau 0,8 (Ramadhayanti & Helda, 2021) untuk atap dengan permukaan miring, sedangkan atap dengan permukaan datar diasumsikan memiliki koefisien *runoff* sebesar 50 % atau 0,5 (Sutejo, et al., 2020)

b. **Perhitungan Kebutuhan Air (*Demand*)**

Kebutuhan air hujan merupakan volume air yang akan digunakan oleh penduduk untuk kebutuhan sehari-hari selama 1 bulan. Untuk menghitung kebutuhan air dapat menggunakan persamaan:

$$B = D \times P \times t \quad (3.11)$$

dimana:

B = Total kebutuhan air dalam satu bulan (m³)

D = Kebutuhan air satu orang dalam satu hari (m³)

P = Jumlah pengguna (jiwa)

t = Jumlah hari dalam satu bulan

3.7 Stormwater Infiltration Tank

Infiltrasi adalah suatu proses masuknya air hujan ke dalam tanah sebagai akibat dari adanya gaya kapiler sekaligus gaya gravitasi supaya air dapat masuk ke tanah yang lebih dalam (KBBI, 2021). Infiltrasi ini juga dapat disebut juga sebagai cara air bergerak ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah serta batuan menuju muka air tanah. Laju infiltrasi biasanya akan dinyatakan dalam satuan yang sama dengan satuan pada intensitas curah hujan, yakni milimeter per jam (mm/jam). Infiltrasi ini terjadi karena beberapa faktor meliputi faktor-faktor yang mempengaruhi laju infiltrasi adalah tekstur tanah, kerapatan massa (*bulk density*, permeabilitas, kadar air tanah) dan vegetasi.

Terdapat beberapa teori infiltrasi yang digunakan dalam permodelan hidrologi. Berikut macam-macam teori infiltrasi hidrologi.

a. Teori Horton

Horton mengakui bahwa kapasitas infiltrasi berkurang seiring dengan bertambahnya waktu hingga mendekati nilai yang konstant. Horton mengamati bahwa laju infiltrasi dimulai dari f_0 dan berkurang secara eksponensial menjadi f_c . Pada dasarnya model Horton ini hanya berlaku bila I intensitas hujan $\geq f_t$ laju infiltrasi sesaat (Soemarto C. D., 1995). Persamaan yang dihasilkan oleh model Horton adalah berdasarkan pendekatan hidrologi, yakni sebagai berikut.

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c) e^{-k} \quad (3.12)$$

Dimana :

$f(t)$ = laju infiltrasi nyata pada saat t (m/jam atau m/hari)

f_0 = laju infiltrasi awal (m/jam atau m/hari)

f_c = laju infiltrasi akhir setelah mencapai nilai tetap (m/jam atau m/hari)

k = konstanta geofisik (/jam atau/hari)

t = waktu sejak hujan turun (jam atau hari)

b. Metode Infiltration Green-Ampt

Laju infiltrasi menurut Green-Ampt (1911), merupakan fungsi dari parameter hidraulik tanah, yaitu: permeabilitas, *suction head*, dan kelembaban tanah. Green dan Ampt mengembangkan pendekatan Teori Fisik yang dapat

diselesaikan dengan Penyelesaian Analitik Exact (*Exact Analytical Solution*) untuk menentukan infiltrasi (Rohmat & Soekarno, 2006). Dalam pendekatan ini *Green - Ampt* mengemukakan istilah *Front* Pembasahan, yaitu suatu batas yang jelas antara tanah yang mempunyai kelembaban tertentu (θ) di bawah dengan tanah jenuh (η) di atasnya. *Front* pembasahan ini terdapat pada kedalaman L yang dicapai pada waktu t dari permukaan (Rohmat & Soekarno, 2006). Berikut adalah Rumus Model *Green Ampt* :

$$F(t) = \psi \Delta \ln\left(1 + \frac{F(t)}{\psi \Delta \theta}\right) + Kt \quad (3.13)$$

3
Dimana :

$F(t)$ = infiltrasi kumulatif

ψ = suction head

$\Delta\theta$ = selisih antara porositas (η) dengan kandungan air awal (θ)

K = permeabilitas tanah

Untuk menghitung laju infiltrasi dapat menggunakan rumus (Soenarmo, Sadisun, & Saptohartono, 2008) :

$$f = Ks \left[1 + \frac{\psi f \cdot \Delta\theta i}{FF}\right] = \frac{dF}{dt} \quad (3.14)$$

3
Dimana :

f = laju infiltrasi (mm/jam)

FF = kedalaman infiltrasi total (m)

Ks = konduktivitas hidrolik jenuh tanah (mm/jam)

ψf = parameter penyerapan batas pembasahan tanah *green-ampt* (mm)

$\Delta\theta i$ = beda air tanah (mm³)

c. Metode Infiltrasi *Richard*

20
Persamaan *Richards* merupakan pengembangan dari Hukum *Darcy* yang merepresentasikan perpindahan air dalam media berpori tidak jenuh. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$\frac{\partial\theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K(\theta) \frac{\partial\psi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K(\theta) \frac{\partial\psi}{\partial z} - \frac{\partial K(\theta)}{\partial z} \right) \quad (3.15)$$

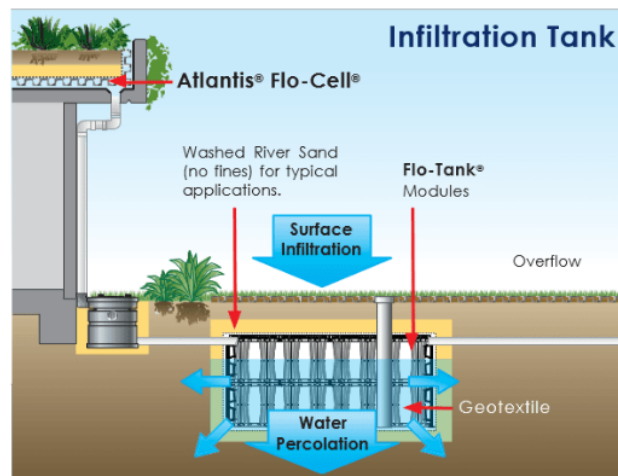
Dimana :

103
 $K(\theta)$ = hydraulic conductivity yang berdimensi L/T

ψ = suction potensial yang berdimensi Z

Stormwater infiltration tank adalah sebuah tanki yang cocok untuk digunakan sebagai infiltrasi air hujan untuk mengurangi debit yang melimpas pada saluran drainase akibat adanya air hujan.

Stormwater Infiltration Tank merupakan tanki yang ramah lingkungan karena berbahan dasar polypropylene (daur ulang) besar kecilnya akan dirakit menjadi unit unit tanki. *Stormwater Infiltration Tank* ini digunakan untuk mengurangi peluang terjadinya banjir karena fungsi sebagai penyimpanan air hujan (Freni, Mannina, & Viviani, 2009).



Gambar 3.1 *Stormwater Infiltration Tank*

(Sumber : <https://www.atlantiscorporation.com.au/infiltration-tanks>)

Desain *Stormwater Infiltration Tank* ini menggunakan sigma tank yang berupa modular-modular berbentuk persegi empat yang pemukaannya divariasikan terdapat lubang-lubang, berbahan dasar *polypropylene* (daur ulang), dapat disusun secara vertikal dan horizontal dengan spesifikasi dimensi tertentu. Bahan penyusun sigma Tank adalah terbuat dari bahan plastik atau *polypropylene* yang memiliki nilai γ sebesar 0.91-0.925, 0.25-0.940 serta 1.3, 1.34-1.39 ton/m^3 dan lainnya serta berat sebesar 6,54 kgs/unit.

3.8 Hidrolika Saluran Tertutup

Pipa adalah saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran yang digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran penuh (Triatmojo, 1996). Fluida yang di alirkan melalui pipa bisa berupa zat cair atau gas dan tekanan bisa lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfer. Apabila zat cair di dalam pipa tidak penuh maka aliran termasuk dalam aliran saluran terbuka atau karena tekanan di dalam pipa sama dengan tekanan atmosfer (zat cair di dalam pipa tidak penuh), aliran termasuk dalam pengaliran terbuka. Karena mempunyai permukaan bebas, maka fluida yang dialirkan adalah zat cair. Perbedaan mendasar antara aliran pada saluran terbuka dan aliran pada pipa adalah adanya permukaan yang bebas yang (hampir selalu) berupa udara pada saluran terbuka (Robert & Sugiyanto, 2002). Kehilangan energi selama pengaliran melalui pipa diturunkan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$hf = \left(\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} \right) - \left(\frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} \right) \quad (3.16)$$

Karena $V_1 = V_2$, maka:

$$hf = \left(\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} \right) = \frac{\Delta P}{\gamma} \quad (3.17)$$

3.9 Perencanaan Dimensi Talang dan Perpipaan

Sistem penyaluran air hujan yang akan dirancang meliputi sistem perpipaan dari area tangkapan air hujan menuju tangki penampung air hujan yaitu *Rain Water Harvesting System* kemudian dialirkan kembali untuk kebutuhan non domestic flushing toilet dan penyiraman tanaman serta dialirkan menuju *Stormwater Infiltration Tank* (Nadia & Mardyanto, 2016). Peraturan perpipaan mengenai ukuran saluran pembuangan air hujan gedung telah diatur dalam SNI-03-7065-2005, yang tercantum dalam tabel 3.8 dibawah ini:

11
Tabel 3.8 Beban maksimum yang diizinkan untuk talang atap (dalam m²
 Luas Atap)

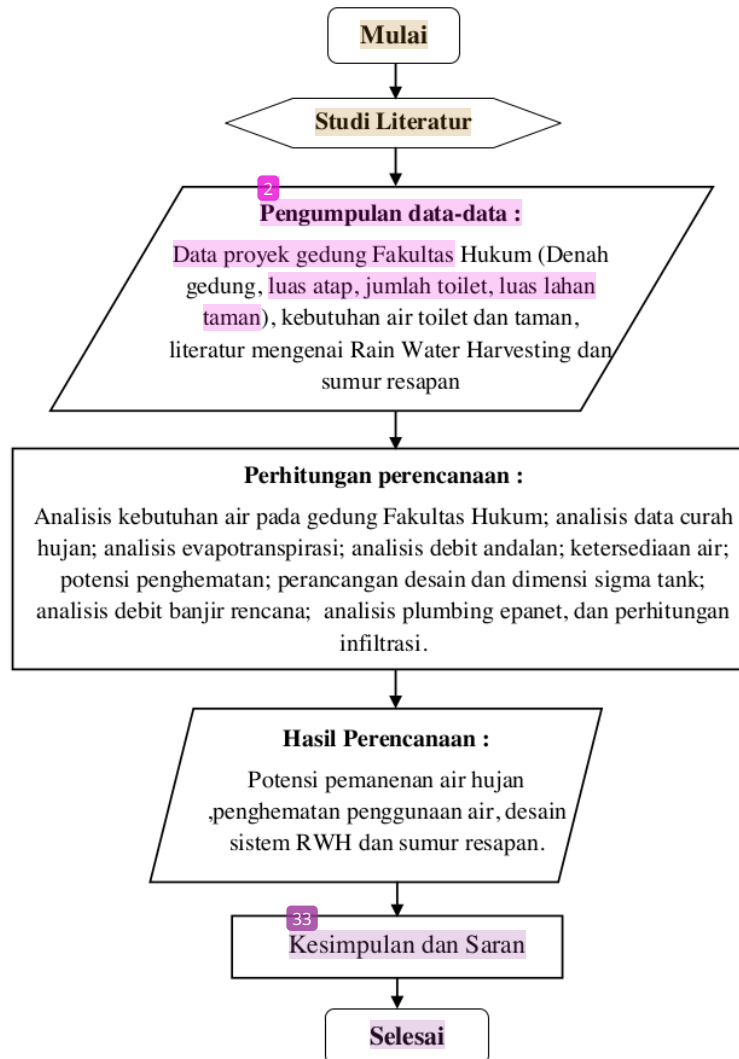
Ukuran Pipa (mm)	Pipa Tegak Air Hujan	Pipa Datar Pembuangan Air Hujan			Talang Atap Datar Terbuka			
		Kemiringan			Kemiringan			
		1%	2%	4%	½%	1%	2%	4%
50	63							
65	120							
80	200	75	105	150	15	20	30	40
100	425	170	245	345	30	45	65	90
125	800	310	435	620	55	80	115	160
150	1290	490	700	990	85	125	175	250
200	2690	1065	1510	2135	180	260	365	520
250		1920	2710	3845	330	470	665	945
300		3090	4365	6185				
350		5525	7800	11055				

CATATAN: Tabel ini berdasarkan pada curah hujan 100 mm per jam. Bila curah hujan lebih besar, nilai luas pada tabel tersebut harus disesuaikan dengan cara mengalikan nilai tersebut dengan 10 dengan kelebihan curah hujan dalam mm perjam. Pipa tegak air hujan yang tidak berbentuk pipa (selinder), maka dapat berbentuk lain asalkan pipa tersebut dapat masuk kedalam penampang bentuk lain tersebut. Talang atap yang tidak berbentuk setengah lingkaran harus mempunyai penampang luas yang sama.

(Sumber : SNI-03-7065-2005)

METODE PENELITIAN**4.1 Bagan Alir Penelitian**

Penelitian yang akan dilakukan terdiri dari beberapa tahapan, berikut tahapan penelitian yang disajikan dalam bentuk bagan alir :



Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian

(Sumber : Hasil Analisis, 2022)

4.2 Lokasi Penelitian

Lokasi studi penelitian terletak di Gedung Fakultas Hukum Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Sindangsari, Kecamatan Pabuaran, Kabupaten Serang, Provinsi Banten.



Gambar 4.2 Peta Kampus Sindangsari

(Sumber : Google Maps, 2022)

116

4.3 Teknik Pengumpulan Data

Dalam penyusunan laporan penelitian, teknik dan pengumpulan data yang digunakan berupa data primer, data sekunder dan literatur atau pustaka.

33

a. Data Primer

Data primer yaitu sumber data yang langsung memberikan data kepada pengumpul data. Data dikumpulkan sendiri oleh peneliti langsung dari sumber pertama atau tempat objek penelitian dilakukan (Sugiyono, 2018). Data primer diperoleh dari wawancara dengan kontraktor proyek pembangunan kampus Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Sindangsari dan bagian umum rektorat Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

63

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh seorang peneliti secara tidak langsung dari objeknya, tetapi melalui sumber lain, baik lisan maupun tulis. (KBBI, 2020). Dalam merencanakan *rain water harvesting system* dan sumur resapan pada gedung yang ditinjau diperlukan data-data berikut :

1. Data luas bangunan dan atap gedung

Bangunan yang digunakan yaitu Gedung Fakultas Hukum Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Sindangsari. Gedung Fakultas Hukum memiliki dimensi lebar bangunan 25,4 m dan panjang bangunan 63 m.

2. Data luas taman

Berdasarkan data gambar kerja proyek *New Campus Untirta*, luas taman yang berada di Gedung Fakultas Hukum yaitu sebesar 27 m².

3. Data curah hujan

Data curah hujan yang digunakan dalam pengolahan data yaitu data curah hujan bulanan. Data curah hujan yang digunakan berasal dari stasiun terdekat dari lokasi studi kasus yaitu BMKG Maritim Serang dengan menggunakan data 10 tahun terakhir (2013-2022) kemudian dilakukan perhitungan rata-rata curah hujan menggunakan metode aritmatika untuk mengetahui banyaknya *supply* air hujan. Berikut merupakan daftar pos curah hujan yang digunakan :

Tabel 4.1 Lokasi Stasiun / Pos Hujan

No.	Nama Stasiun / Pos Hujan	Lokasi	Koordinat		Jarak
			Lintang	Bujur	
1	BMKG Serang	Serang	06°11'85" LS	106°11'00" BT	14 km

(Sumber : Hasil Analisis, 2022)

4. Data jumlah civitas akademik

Data civitas akademika yaitu data mahasiswa, data dosen, dan data karyawan. Pada Gedung Fakultas Hukum jumlah civitas akademika yang bekerja diantaranya diperoleh berdasarkan data Proyek New Campus Untirta ada 2032 Jiwa. Pada penelitian ini diasumsikan untuk jumlah pengguna toilet yaitu 30% dari total jumlah jiwa karena tidak semua penghuni gedung menggunakan toilet dalam waktu yang bersamaan (Qomariyah et al., 2016)

5. Data luas atap bangunan

Atap gedung Fakultas Hukum dari kedua jenis atap dak beton dan genteng memiliki luas sebesar 1600,2 m².

c. Observasi

Data observasi atau data pengamatan langsung pada penelitian ini membantu agar dapat mengetahui gambaran kondisi dilokasi yang menjadi tempat tinjauan. Gambar 4.3 adalah penampakan sisi belakang terdapat saluran pembuangan air hujan yang langsung dialirkan ke bawah bangunan serta terdapat bagian samping dari Gedung Fakultas Hukum.



Gambar 4.3 Sisi Belakang Atap dan Sisi Samping Bangunan Gedung Fakultas Hukum Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Sindangsari

(Sumber : Dokumen Penulis, 2023)

Luas lahan tersedia yang terdapat pada sekitar Gedung Fakultas Hukum yang dapat berpotensi untuk dipasangkan tanki *Rain Water Harvesting* serta *Stormwater Infiltration Tank* adalah sebesar 1030,87 m² (<https://earth.google.com/web/>).

d. Literatur atau pustaka

Data literatur adalah data berupa tulisan bahan bacaan yang digunakan dalam berbagai aktivitas, baik secara intelektual maupun rekreasi, dapat berupa buku-buku naskah (*text book*), bahan ajar dari dosen pengampu, SNI (Standar Nasional Indonesia), tulisan mengenai suatu bidang ilmu, jurnal dan pedoman, sebagai pendukung penelitian (KBBI, 2020).

4.4 Analisis Data

Analisis data serta penulisan pembahasan dilanjutkan setelah data primer dan data sekunder didapatkan. Memperhatikan sumber dan kejelasan data yang diperoleh pada saat proses menganalisis agar hasil dari penelitian dapat mencapai hasil yang

sesuai. Berikut merupakan pengolahan data yang diperlukan dalam menunjang penelitian ini.

4.4.1 Perhitungan Curah Hujan dan Analisa Ketersediaan Air

Pada perhitungan curah hujan, data yang digunakan pada wilayah studi STA BMKG Maritim Serang selama 10 tahun yaitu 2013 – 2022. Perhitungan dilakukan dengan cara membandingkan suplai curah hujan stasiun mana yang mencukupi untuk kebutuhan gedung. Analisis data curah hujan dilakukan dengan mencari nilai curah hujan andalan dengan keandalan 90% setiap bulannya. Selain itu, pada curah hujan harian dilakukan perhitungan analisa kebutuhan air berdasarkan luasan atap serta standar kebutuhan air bersih per hari. Nilai tersebut digunakan untuk mengetahui berapa besar suplai air hujan yang diperoleh dan kapasitas *Rain Water Harvesting System* serta *Stormwater Infiltration Tank*.

4.4.2 Analisa Desain Penampungan Air dan Saluran

Analisis hidrologi dilakukan dalam perencanaan saluran untuk mendapatkan nilai debit dari hujan yang jatuh di atap dengan perhitungan catchment area yaitu luas atap dari masing-masing gedung. Kemudian pada *conveyance system* disambungkan dengan roof drain dan disalurkan menuju *Rain Water Harvesting System* untuk menampung air kemudian dialirkan lagi menuju *Stormwater Infiltration Tank* akan menghasilkan dimensi penampungan tersebut. Selain itu, diperhitungkan juga koefisien kekasaran saluran, serta elevasi muka air tanah untuk merencanakan *Rain Water Harvesting System* dan *Stormwater Infiltration Tank* dan debit yang masuk.

4.4.3 Analisa Perhitungan Routing dengan Reservoir Routing dan Neraca Air

Untuk menghitung jumlah debit *inflow* dilakukan perhitungan hubungan antara besar *storage* dengan debit *outflow* menggunakan metode analisis *routing*. Analisis *routing* yaitu analisis perhitungan *routing* yang terjadi pada data curah hujan harian. Besar kapasitas pompa merupakan *output* dari analisis *routing* ini yang akan digunakan untuk kebutuhan toilet dan penyiraman taman, dan lainnya.

4.4.4 Analisa Sumur Resapan

Apabila reservoir pada *Rain Water Harvesting* mengalami *overcapacity* yang diakibatkan oleh intensitas air yang besar yang terjadi di musim penghujan, maka air akan meluap kedalam sumur resapan (*Stormwater Infiltration Tank*), begitupun jika hal yang sama terjadi pada sumur resapan maka air akan disalurkan menuju drainase. Pada perhitungan sumur resapan dibutuhkan data yang salah satunya didapat dari pengukuran lapangan, diantaranya yaitu jumlah debit yang mengalir kedalam saluran, serta melakukan perhitungan besarnya volume air yang meluap dari reservoir *stormwater infiltration tank* kedalam sumur resapan. Perhitungan infiltrasi dilakukan dengan menggunakan teori infiltrasi Green-Ampt (Fachrurazie, et al., 2002)

4.4.5 Hipotesis

Pada Gedung Fakultas Hukum Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang mempunyai conveyance system akan dihubungkan dengan roof drain dan disalurkan dengan menggunakan perencanaan system penampungan *Rain Water Harvesting System* untuk digunakan kembali untuk kebutuhan *non-potable* guna menghemat air bersih kemudian dialirkan lagi menuju peresapan *Stormwater Infiltration Tank* untuk mengetahui pengurangan debit pada saluran drainase pada gedung Fakultas Hukum Universitas Sultan Ageng Tirtayasa juga. *Rain Water Harvesting System* dapat menghemat penggunaan air untuk penggunaan toilet dan pertamanan ini, terutama pada musim penghujan.

4.4.6 Jadwal Penelitian

Penelitian ini direncanakan berlangsung selama beberapa bulan, berikut merupakan jadwal yang diagendakan beserta realita pelaksanaannya :

Tabel 4.2 Jadwal Penelitian

No.	Nama Kegiatan	2022												2023																			
		November				Desember				Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Penentuan Judul																																
2	Studi Pustaka																																
3	Pencarian Data																																
4	Penyusunan Proposal																																
5	Seminar Proposal																																
6	Perbaikan Revisi & Pengolahan Data																																
7	Seminar Hasil																																
8	Perbaikan Revisi & Pengolahan Data																																
9	Sidang Akhir																																

Keterangan : = Rencana
 = Realita

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Kebutuhan Air Bersih Gedung (*Demand*)

Perhitungan kebutuhan air bersih pada Gedung Fakultas Hukum Untirta dilakukan berdasarkan jumlah penghuni yang meliputi dosen, pegawai, dan mahasiswa. Adapun jumlah penghuni pada gedung ini terdapat 2032 jiwa, namun pada perhitungan kebutuhan air ini diasumsikan jumlah pengguna toilet yaitu 30% dari total jumlah jiwa karena tidak semua penghuni gedung menggunakan toilet dalam waktu yang bersamaan (Qomariyah et al., 2016). Dalam penelitian ini air hujan yang dipanen akan digunakan untuk kebutuhan non domestik yaitu toilet dan penyiraman taman dengan standar kebutuhan flushing toilet sebesar 20 liter/orang/hari (BSN, 2005), wastafel sebesar 10 liter/orang/hari (Aska, 2018), dan standar kebutuhan air siram untuk tanaman adalah 2 liter/m²/hari (Widarto, 1996). Perhitungan kebutuhan air dapat diperoleh dalam perhitungan berikut:

a. Jumlah penghuni pakai

Jumlah dosen	= 52 orang
Jumlah pegawai	= 80 orang
Jumlah mahasiswa	= 1900 orang
Total penghuni	= 1900 + 80 + 52
	= 2032 orang

Asumsi jumlah penghuni pakai yaitu 30% dari total penghuni.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah penghuni pakai} &= 30\% \times 2032 \\ &= 609,6 \text{ orang} \\ &\approx 610 \text{ orang}\end{aligned}$$

Maka jumlah penghuni yang akan digunakan pada analisis ini berjumlah 610 orang.

b. Kebutuhan air toilet

1) Flushing

Kebutuhan air rata-rata = 20 L/orang/hari

Kebutuhan air per hari = jumlah jiwa x kebutuhan air rata-rata

$$= 610 \times 20 \text{ L/hari}$$

$$= 12200 \text{ L/hari}$$

$$= 12,2 \text{ m}^3/\text{hari}$$

2) Wastafel

$$\text{Kebutuhan air rata-rata} = 10 \text{ L/orang/hari}$$

$$\text{Kebutuhan air per hari} = \text{jumlah jiwa} \times \text{kebutuhan air rata-rata}$$

$$= 610 \times 10 \text{ L/hari}$$

$$= 6100 \text{ L/hari}$$

$$= 6,1 \text{ m}^3/\text{hari}$$

3) Penyiraman taman

$$\text{Kebutuhan air rata-rata} = 2 \text{ L/m}^2/\text{hari}$$

$$\text{Kebutuhan air per hari} = \text{luas taman} \times \text{kebutuhan air rata-rata}$$

$$= 27 \times 2 \text{ L/hari}$$

$$= 54 \text{ L/hari}$$

$$= 0,054 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Total kebutuhan} = 12,2 \text{ m}^3/\text{hari} + 6,1 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,054 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 18,354 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Total kebutuhan air untuk kegunaan flushing dan toilet serta penyiraman taman yaitu sebesar 18,354 m³/hari. Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan kebutuhan air harian serta bulanan.

Tabel 5.1 **Kebutuhan Air Harian dan Bulanan**

Bulan	Jumlah	Kebutuhan Air Harian	Kebutuhan Air Bulanan
	hari	m ³ /hari	m ³
Januari	31	18.35	568.97
Februari	28	18.35	513.91
Maret	31	18.35	568.97
April	30	18.35	550.62
Mei	31	18.35	568.97
Juni	30	18.35	550.62
Juli	31	18.35	568.97
Agustus	31	18.35	568.97
September	30	18.35	550.62
Oktober	31	18.35	568.97
November	30	18.35	550.62

Desember	31	18.35	568.97
Total			6699.21

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

5.2 Analisis Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan adalah data 10 tahun terakhir yaitu 2013 – 2022 pada 1 stasiun yaitu STA BMKG Maritim Serang yang diambil berdasarkan jarak stasiun paling dekat diantara seluruh stasiun yang ada di Serang dengan jarak 6,2 km dari lokasi tinjauan. Berikut merupakan data curah hujan bulanan.

Tabel 5.2 Data Curah Hujan Bulanan

	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES	\bar{X}
2013	424	212	229	104.2	261	60	243.6	121.8	35	0	6	245.2	161.82
2014	376.1	201.1	97.6	36.1	113.1	36.3	232.4	9.6	21.8	21	155	138.9	119.92
2015	362.7	241.4	193.1	130.2	39.1	83.4	4.7	11.7	0.2	28.5	56.2	154.2	108.78
2016	126.1	271.9	217.8	88	137.2	93	134.9	86.6	158.9	158.3	138	164	147.89
2017	321	351.1	112.9	93.5	142.8	100.8	106.9	18.1	47.5	112.3	153.5	240.1	150.04
2018	141.9	178.2	222.2	153.7	69.6	196.6	3	0	29.9	87.6	116.5	167.9	113.93
2019	331.7	179.9	209.9	150.7	93.8	10	14.4	1	0	11.2	74.8	179	104.70
2020	332.5	180.3	204.3	150.7	102.5	10.2	14.4	1	0	11	75.4	180.2	105.21
2021	198.7	283.2	120.4	234	49.9	127.6	45.3	31.3	207.9	90.5	209.2	235.7	152.81
2022	109.1	121	287.5	184.5	191.6	114.6	43.1	101.1	56.6	200.4	156.7	152.4	143.22
\bar{X}	272.38	222.01	189.47	132.56	120.06	83.25	84.27	38.22	55.78	72.08	114.13	185.76	130.83

(Sumber : <https://banten.bps.go.id>)

a. Analisis frekuensi

Analisis frekuensi dilakukan untuk mendapatkan besarnya curah hujan rencana dan analisis statistik yang diperlukan dalam perhitungan debit rancangan dan besarnya intensitas hujan. Data yang digunakan untuk analisis ini yaitu data jumlah curah hujan setiap bulan pertahunnya. Metode sebaran dari analisis frekuensi yang digunakan yaitu normal, log normal, gumbel, dan log person III. Berikut merupakan langkah-langkah analisis frekuensi pada bulan Januari dan perhitungannya.

13
Tabel 5.3 Perhitungan Distribusi Normal dan Gumbel

No.	Tahun	Curah Hujan (mm)	(Xi-X)	(Xi-X) ²	(Xi-X) ³	(Xi-X) ⁴
1	2013	424	151.62	22988.62	3485535.23	528476851.80
2	2014	376	103.72	10757.84	1115803.00	115731087.04
3	2015	363	90.32	8157.70	736803.68	66548108.45
4	2016	126	-146.28	21397.84	-3130075.80	457867488.19
5	2017	321	48.62	2363.90	114933.03	5588044.01
6	2018	142	-130.48	17025.03	-2221425.97	289851660.12
7	2019	332	59.32	3518.86	208738.92	12382392.59
8	2020	333	60.12	3614.41	217298.59	13063991.45
9	2021	199	-73.68	5428.74	-399989.74	29471244.05
10	2022	109	-163.28	26660.36	-4353103.32	710774710.02
Jumlah		2723.8	0	121913.32	-4225482.37	2229755577.72

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

- 83
1) Perhitungan nilai rata-rata (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{2723,8}{10} = 272,38$$

- 2) Perhitungan Simpangan Baku (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{121913,32}{10-1}} = 116,387$$

- 3) Perhitungan Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}} = \frac{116,387}{272,38} = 0,4273$$

- 4) Perhitungan Koefisien Skewness (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} = \frac{10(-4225482,37)^3}{(10-1)(10-2)116,387^3} = -0,37224$$

- 5) Perhitungan Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} = \frac{10^2(2229755577,72)^4}{(10-1)(10-2)(10-3)116,387^4} = 2,411068$$

Tabel 5.4 Perhitungan Distribusi Log Normal dan Log Pearson III

No.	Tahun	Curah Hujan (mm)	Log Xi	(LogXi-LogX)	(LogXi-LogX) ²	(LogXi-LogX) ³	(LogXi-LogX) ⁴
1	2013	424	2.63	0.237	0.05634	0.013374	0.00317460
2	2014	376.1	2.58	0.185	0.03434	0.006363	0.00117911
3	2015	362.7	2.56	0.170	0.02875	0.004874	0.00082639
4	2016	126.1	2.10	-0.289	0.08368	-0.024209	0.00700310
5	2017	321.0	2.51	0.117	0.01357	0.001581	0.00018425
6	2018	141.9	2.15	-0.238	0.05665	-0.013484	0.00320938
7	2019	331.7	2.52	0.131	0.01709	0.002235	0.00029224
8	2020	332.5	2.52	0.132	0.01737	0.002289	0.00030170
9	2021	198.7	2.30	-0.092	0.00843	-0.000774	0.00007102
10	2022	109.1	2.04	-0.352	0.12403	-0.043679	0.01538243
Jumlah		2723.8	23.90	0.000	0.440256	-0.051428	0.03162422

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

1) Perhitungan Nilai Rata-rata (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{2723,8}{10} = 272,38$$

$$\text{Log}\bar{X} = 2,390$$

2) Perhitungan Simpangan Baku (Sd)

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,440256}{10-1}} = 0,2211727$$

3) Perhitungan Koefisien Variasi (Cv)

$$C_v = \frac{S_d}{\log \bar{X}} = \frac{0,2211727}{2,390} = 0,09254096$$

4) Perhitungan Koefisien Skewness (Cs)

$$C_s = \frac{n \sum (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S_d^3} = \frac{10(-0,051428)^3}{(10-1)(10-2)0,2211727^3} = -0,660190408$$

5) Perhitungan Koefisien Kurtosis (Ck)

$$C_k = \frac{n^2 \sum (\log X_i - \log \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_d^4} = \frac{10^2(0,03162422)^4}{(10-1)(10-2)(10-3)0,2211727^4} = 2,622184048$$

Berdasarkan perhitungan diatas, setiap nilai Cs dan Ck dari masing-masing metode sebaran analisis frekuensi diperiksa menurut syarat-syarat yang telah ditentukan berdasarkan Triatmodjo (2008) sebagai berikut.

Tabel 5.5 Persyaratan Parameter Statistik ¹⁶ Distribusi

No.	Distribusi	Persyaratan		Hasil Perhitungan		Keterangan
1	Normal	Cs ≈	0	Cs =	-0.372	Tidak Memenuhi
		Ck ≈	3	Ck =	2.411	
2	Log Normal	Cs ≈	0.278	Cs =	-0.660	Tidak Memenuhi
		Ck ≈	3.138	Ck =	2.622	
3	Gumbel	Cs ≤	1.14	Cs =	-0.372	Memenuhi
		Ck ≤	5.4	Ck =	2.411	
4	Log Pearson III	Selain nilai diatas		Cs =	-0.660	Memenuhi
				Ck =	2.622	

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Berdasarkan persyaratan distribusi terpilih pada tabel diatas didapat kesimpulan ⁵ bahwa distribusi Gumbel dan Log Pearson III memenuhi persyaratan sementara. Setelah ini, data kembali diuji kecocokannya untuk memastikan dan menentukan ²⁶ metode distribusi mana yang akan digunakan untuk analisis hujan rencana.

b. Uji kecocokan data

⁵ Uji kecocokan data dilakukan untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan dan mewakili distribusi frekuensi tersebut, terdapat dua jenis pengujian parameter yaitu *chi* kuadrat dan *smirnov kormogorof*.

1) Metode Chi Kuadrat

⁹⁵ Metode Chi Kuadrat adalah metode uji statistik yang digunakan untuk menguji perbedaan antara distribusi teoritis (yang diasumsikan) dan ¹⁰ distribusi yang diamati. Metode ini didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas, dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca di dalam kelas tersebut. Metode ini dapat ¹⁰⁰ dilakukan dengan membandingkan nilai Chi square (X^2) dengan nilai Chi square kritis (X^2_{cr}) dimana nilai (X^2) ²² harus lebih kecil dari nilai (X^2_{cr}). ¹⁸ Derajat nyata atau derajat kepercayaan (α) tertentu yang sering diambil adalah 5%. Berikut merupakan tahapan analisis ⁵ uji kecocokan data dengan metode chi kuadrat.

18

- a) Mengurutkan data dari besar ke kecil

Tabel 5.6 Pengurutan Data Hujan dari Besar ke Kecil

No	\bar{X}_i (mm) Jan	Urutan
1	424	424
2	376.1	376.1
3	362.7	362.7
4	126.1	332.5
5	321	331.7
6	141.9	321
7	331.7	198.7
8	332.5	141.9
9	198.7	126.1
10	109.1	109.1

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

14

- b) Menghitung jumlah kelas

$$\begin{aligned} \text{Jumlah data (n)} &= 10 \\ \text{Kelas distribusi (K)} &= 1 + 3,3 \log n \\ &= 1 + 3,3 \log 10 \\ &= 4,3 \approx 5 \text{ kelas} \end{aligned}$$

- c) Menghitung derajat kebebasan (DK) dan X^2_{cr}

$$\begin{aligned} \text{Parameter (p)} &= 2 \\ \text{Derajat Kebebasan (DK)} &= K - (p + 1) = 5 - (2 + 1) = 5 - (2 + 1) = 2 \end{aligned}$$

21

Nilai X^2_{cr} dengan jumlah data (n) = 10, $\alpha = 5\%$ dan DK = 2, adalah 5,991

- d) Menghitung kelas distribusi

Kelas distribusi = $1/5 \times 100\% = 20\%$, interval distribusi adalah 20%, 40%, 60%, 80%, 90%.

$$P_{(x)} = 20\%, \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_{(x)}} = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ tahun}$$

$$P_{(x)} = 40\%, \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_{(x)}} = \frac{1}{0,40} = 2,5 \text{ tahun}$$

$$P_{(x)} = 60\%, \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_{(x)}} = \frac{1}{0,60} = 1,67 \text{ tahun}$$

$$P_{(x)} = 80\%, \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_{(x)}} = \frac{1}{0,80} = 1,25 \text{ tahun}$$

$$P_{(x)} = 90\%, \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_{(x)}} = \frac{1}{0,90} = 1,11 \text{ tahun}$$

Syarat P adalah jika $P > 0,5$ maka $(1 - P)$ sedangkan jika $P < 0,5$ maka nilai P tetap sama.

$$P_{20\%} = 0,2 < 0,5 = 0,2$$

$$P_{40\%} = 0,4 < 0,5 = 0,4$$

$$P_{60\%} = 0,6 > 0,5 = 0,4$$

$$P_{80\%} = 0,8 > 0,5 = 0,2$$

$$P_{90\%} = 0,9 > 0,5 = 0,1$$

e) Menghitung interval kelas distribusi Log Pearson III

$$W_{90} = \left(\ln \left(\frac{1}{p^2} \right) \right)^{0,5}$$

$$W_{90} = \left(\ln \left(\frac{1}{(-0,1)^2} \right) \right)^{0,5}$$

$$W_{90} = 2,15$$

$$z = w - \frac{2,515517 + 0,802853 w + 0,010328 w^2}{1 + 1,432788 w + 0,189269 w^2 + 0,001308 w^3}$$

$$= 2,15 - \frac{2,515517 + 0,802853 \cdot 2,15 + 0,010328 \cdot 2,15^2}{1 + 1,432788 \cdot 2,15 + 0,189269 \cdot 2,15^2 + 0,001308 \cdot 2,15^3}$$

$$= 1,28 \text{ menjadi } -1,28 \text{ karena } P > 0,5$$

$$k = \frac{C_s}{6}$$

$$= \frac{-0,660190408}{6}$$

$$= -0,11$$

$$K_T = z + (z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(z^3 - 6z) - (z^2 - 1)k^3 + zk^4 + \frac{1}{3}k^5$$

$$\begin{aligned}
&= -1,28 + (1,28^2 - 1)(-0,11) + \frac{1}{3}(-1,28^3 - \\
&6(-1,28)) - (-1,28^2 - 1)(-0,22^3) + \\
&(-0,128)(-0,11^4) + \frac{1}{3}(-0,11)^5 \\
&= -1,1498281
\end{aligned}$$

$$\text{Log } \bar{X} = 2,390 \text{ (hal. 39)}$$

$$\text{SLog} = 0,2211727 \text{ (hal. 39)}$$

$$\text{Log } X_T = \text{Log } X + (K_T \times \text{SLog})$$

$$= 2,390 + (-1,1498281 \times 0,2211727)$$

$$= 2,1356873$$

$$X = 10^{\text{Log } X_T}$$

$$= 10^{2,1356873}$$

$$= 136,67445$$

Perhitungan demikian dilakukan seterusnya setiap **periode ulang tahun yang** tertera **pada tabel** berikut.

Tabel 5.7 Nilai p, w, z, k, KT dan XT Distribusi Log Person III

No	p	Periode Ulang	pcak	w	z	zcak	k	KT	Log X	SLogX	LogXT	XT (mm)
1	0.9	1.11	0.1	2.15	1.28	-1.28	-0.110	-1.1498281	2.390	0.2211727	2.1356873	136.67445
2	0.8	1.25	0.2	1.79	0.84	-0.84	-0.110	-0.7153042	2.390	0.2211727	2.2317921	170.5266
3	0.6	1.67	0.4	1.35	0.25	-0.25	-0.110	-0.1394638	2.390	0.2211727	2.3591523	228.64005
4	0.4	2.50	0.4	1.35	0.25	0.25	-0.110	0.35435841	2.390	0.2211727	2.4683723	294.01691
5	0.2	5.00	0.2	1.79	0.84	0.84	-0.110	0.93191476	2.390	0.2211727	2.596112	394.55904

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Pembagian interval kelas dilakukan berdasarkan nilai XT, dimana kelas pertama di ambil dari XT terbesar ke 2 seperti pada Tabel 5.7, terdapat pada **periode ulang 2,5 tahun**, selanjutnya tertera **pada** Tabel 5.8 berikut.

53
Tabel 5.8 Perhitungan X^2 untuk Log Person III

Kelas	Interval		Ef	Of	Ef-Of	(Ef-Of) ² /Ef
1	<	170.527	2	3	-1	0.5
2	170.53	- 228.64	2	1	1	0.5
3	228.64	- 294.017	2	0	2	2
4	294.02	- 394.559	2	5	-3	4.5
5	>	394.559	2	1	1	0.5
Jumlah			10	10		8

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

5
Dapat dilihat pada Tabel 5.8 diatas untuk nilai X^2 sebesar $8 > 5,991$ (hal 41) maka 39
distribusi Log Person III tidak dapat diterima. Untuk dapat diterima diperlukan data curah hujan yang lebih banyak dalam analisisnya, namun analisis ini dibatasi hanya untuk curah hujan selama 10 tahun.

Dari hasil perhitungan didapat nilai hujan andalan untuk peluang 90% pada bulan Januari adalah sebesar 136,674 mm. Berikut merupakan tabel rekapitulasi hujan andalan 90% 153 dari bulan Januari sampai Desember.

28
Tabel 5.9 Hujan Andalan 90% Januari sampai Desember

	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
Curah Hujan	136.67	146.19	103.59	72.31	50.20	19.87	4.81	1.14	0.33	4.65	43.15	137.82

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

84 2) Metode Smirnov Kolmogorov

Metode ini biasanya digunakan untuk menguji simpangan/selisih terbesar antara peluang pengamatan empiris dengan peluang teoritis. Berikut merupakan tahapan analisis uji kecocokan data bulan Januari dengan metode *smirnov-kolmogorof*.

Nilai Log \bar{X} = 2,390 mm

$$114 \quad P(X_i) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{10+1} = 0,091$$

$$T = \frac{1}{P(X_i)} = \frac{1}{0,091} = 11$$

$P(X_i)$ hitung = $P(X_i)$ apabila $< 0,5$, jika $> 0,5$ maka $1 - P(X_i)$
= 0,091

Mencari nilai $f(t) = 2,30$ dan $Cs = -0,6601904$ melalui tabel ³ distribusi log *pearson* III dengan cara interpolasi diperoleh nilai $P'(X) = 0,03$. Demikian seterusnya untuk urutan-urutan curah hujan selanjutnya.

$$f(t) = \frac{\text{Log}X_i - \text{Log}\bar{X}}{\text{Log}S_d} = \frac{2,63 - 2,39}{0,2211727} = 1,07$$

³⁹

$$\Delta P = P'(X_i) - P(X_i) = 0,03 - 0,091 = -0,06$$

$$w = \left(\ln \left(\frac{1}{P(X_i)^2} \right) \right)^{0,5}$$

$$w = \left(\ln \left(\frac{1}{(0,091)^2} \right) \right)^{0,5}$$

$$= 2,190$$

$$z = w - \frac{2,515517 + 0,802853 w + 0,010328 w^2}{1 + 1,432788 w + 0,189269 w^2 + 0,001308 w^3}$$

$$= 2,190 - \frac{2,515517 + 0,802853 \cdot 2,190 + 0,010328 \cdot 2,190^2}{1 + 1,432788 \cdot 2,190 + 0,189269 \cdot 2,190^2 + 0,001308 \cdot 2,190^3}$$

$$= 1,335$$

$$Cs = -0,660190408 \text{ (hal 39)}$$

$$k = \frac{Cs}{6}$$

$$= \frac{-0,660190408}{6}$$

$$= -0,11$$

¹³

$$K_T = z + (z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(z^3 - 6z - (z^2 - 1)k^3) + zk^4 + \frac{1}{3}k^5$$

$$= 1,335 + (1,335^2 - 1)(-0,11) + \frac{1}{3}(1,335^3 - 6(1,335)) - (1,335^2 - 1)(-0,11^3) + (1,335)(-0,11^4) + \frac{1}{3}(-0,11)^5$$

$$= 1,2275$$

$$\text{Log } \bar{X} = 2,390 \text{ (hal 39)}$$

$$S = 0,2211727 \text{ (hal 39)}$$

$$\begin{aligned} \text{Log } X_T &= \text{Log } \bar{X} + (K_T \times S \text{Log}) \\ &= 2,390 + (1,2275 \times 0,2211727) \\ &= 2,661 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_T &= 10^{\text{Log} X_T} \\ &= 10^{2,661} \\ &= 506,570 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Deviasi} &= X_i - X_T \\ &= 424 - 458,66 \\ &= -11,36 \end{aligned}$$

Untuk mencari Dmax perlu dilakukannya perhitungan seperti contoh diatas pada setiap urutan urutan curah hujan selanjutnya, Dmax diambil dari angka deviasi tertinggi di setiap curah hujannya, Berikut hasil perhitungannya berada pada tabel dibawah ini :

Tabel 5.10 Perhitungan Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorof

m	X_i	Log X	P(X)	T	P(X) Hitung	w	z	Kt	Log X_i	X_i	Deviasi
1	424	2.6274	0.091	11	0.091	2.19	1.335	1.2275	2.661	458.66	-34.66
2	376.1	2.5753	0.182	5.5	0.182	1.846	0.908	0.9084	2.591	389.86	-13.76
3	362.7	2.5595	0.273	3.67	0.273	1.612	0.604	0.6595	2.536	343.45	19.25
4	332.5	2.5218	0.364	2.75	0.364	1.422	0.348	0.4356	2.486	306.43	26.07
5	331.7	2.5207	0.455	2.2	0.455	1.256	0.114	0.2185	2.438	274.36	57.34
6	321	2.5065	0.545	1.83	0.545	1.256	-0.114	-0.0039	2.389	244.98	76.02
7	198.7	2.2982	0.636	1.57	0.364	1.422	-0.348	-0.2445	2.336	216.73	-18.03
8	141.9	2.1520	0.727	1.375	0.273	1.612	-0.604	-0.5215	2.275	188.22	-46.32
9	126.1	2.1007	0.818	1.22	0.182	1.846	-0.908	-0.8704	2.197	157.58	-31.48
10	109.1	2.0378	0.909	1.1	0.091	2.19	-1.335	-1.3978	2.081	120.46	-11.36

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Rekapitulasi nilai ΔP_{max} dan ΔP_{kritik} distribusi Log Person III. Syarat dari uji smirnov kolmogorof adalah nilai $\Delta P_{max} < \Delta P_{kritik}$, dimana $n = 10$ dan $\alpha = 5\%$, maka nilai $\Delta P_{kritik} = 0,41$. Pada Tabel 5.7 nilai Dmax didapatkan sebesar -11,36 < 0,41 sesuai dengan persyaratan maka dalam uji kecocokan smirnov kolmogorof pada distribusi Log Person III dapat diterima.

Berdasarkan hasil analisis frekuensi distribusi probabilitas maupun uji kecocokan data (metode chi square dan smirnov kolmogorof) dapat disimpulkan bahwa distribusi Log Person III dapat diterima karena sesuai persyaratan pada metode analisis frekuensi smirnov kolmogof.

5.3 Analisis Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah proses perpindahan air dari permukaan bumi ke atmosfer termasuk evaporasi air dari tanah maupun transpirasi dari tanaman melalui jaringan transfer panas laten persatuan area (Wirawan, Idkham, & Chairani, 2013). Analisis evapotranspirasi ini dilakukan karena merupakan salah satu komponen penting dalam mempengaruhi keseimbangan hidrologi di suatu daerah. Analisis evapotranspirasi menggunakan metode Thornwaite, dimana metode ini hanya membutuhkan data suhu udara dengan menghitung neraca air berdasarkan atas pasokan (input) dan luaran air (output) dalam masa tertentu. Berikut merupakan analisis evapotranspirasi menggunakan metode Thornwaite.

- a. Menghitung rata rata suhu setiap bulan dalam 10 tahun

Berikut data rata-rata suhu di kota Serang setiap bulan dalam 10 tahun yaitu tahun 2013 – 2022.

Tabel 5.11 Data rata-rata suhu di kota Serang dalam 10 tahun

No	Bulan	Suhu
1	Januari	27.07
2	Februari	27.02
3	Maret	27.37
4	April	27.69
5	Mei	27.81
6	Juni	27.26
7	Juli	26.99
8	Agustus	27.18
9	September	27.45
10	Oktober	23.95
11	November	27.79
12	Desember	27.26

(Sumber : <https://serangkota.bps.go.id/indicator/151/100/1/suhu-udara-maksimum-minimum-dan-rata-rata-di-kota-serang.html>, 2023)

25
b. Menghitung indeks panas (i)

Berikut merupakan contoh perhitungan indeks panas (i) pada bulan Januari.

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514}$$

$$i = \left(\frac{27,07}{5}\right)^{1,514}$$

$$= 12,9$$

I = total indeks panas setiap bulan

$$I = 154,85$$

c. Menghitung evapotranspirasi

$$\alpha = 675 \times 10^{-9} I^3 - 771 \times 10^{-7} I^2 + 0,01792 I + 0,44239$$

$$= 675 \times 10^{-9} (154,85)^3 - 771 \times 10^{-7} (154,85)^2 + 0,01792 (154,85) + 0,44239$$

$$= 3,8751$$

$$ETp = 1,6 \left(10 \frac{T}{I}\right)^\alpha$$

$$= 1,6 \left(10 \frac{27,07}{154,85}\right)^{3,8751}$$

$$= 13,9397 \text{ cm} = 139,397 \text{ mm}$$

d. Menentukan panjang hari (N)

Panjang hari merupakan waktu matahari meyinari dalam satu hari. Untuk menentukan panjang hari dibutuhkan data letak astronomis lokasi tinjauan (kota Serang), berdasarkan peta kota Serang berada pada titik -6.111557 (LU), 106.131940 (LS). Berikut merupakan tabel data panjang hari kota Serang setiap bulan.

Tabel 5.12 Panjang hari lokasi kota Serang

No.	Bulan	N (jam)
1	Januari	12.3
2	Februari	12.2
3	Maret	12.1
4	April	12.1
5	Mei	11.5
6	Juni	11.5
7	Juli	11.5

8	Agustus	11.5
9	September	12.0
10	Oktober	12.1
11	November	12.2
12	Desember	12.3

(Sumber: <https://www.timeanddate.com/sun/indonesia/serang?month=1&year=2023>)

e. Menghitung evapotranspirasi koreksi

Berikut merupakan perhitungan evapotranspirasi koreksi pada bulan Januari.

$$\begin{aligned}
 ET_{pkor} &= \frac{\sum \text{hari}}{30} \times \frac{N}{12,1} \times ET_p \\
 &= \frac{31}{30} \times \frac{12,3}{12,1} \times 139,397 \\
 &= 145,887
 \end{aligned}$$

Perhitungan ET_p dan ET_{pkor} dilakukan seterusnya setiap bulan, dimana ²³ hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 5.13 Perhitungan Evapotranspirasi

No	Bulan	Suhu	i	ET_p	$\sum \text{hari}$	N	ET_{pkor}
1	Januari	27.07	12.90	139.397	31	12.3	145.887
2	Februari	27.02	12.86	138.274	28	12.2	129.867
3	Maret	27.37	13.11	145.332	31	12.1	149.888
4	April	27.69	13.35	152.028	30	12.1	152.028
5	Mei	27.81	13.44	154.659	31	11.5	151.856
6	Juni	27.26	13.04	143.226	30	11.5	135.666
7	Juli	26.99	12.84	137.694	31	11.5	134.959
8	Agustus	27.18	12.98	141.489	31	11.5	139.474
9	September	27.45	13.17	147.074	30	12.0	145.797
10	Oktober	23.95	10.71	86.674	31	12.1	89.835
11	November	27.79	13.42	154.260	30	12.2	155.913
12	Desember	27.26	13.04	143.197	31	12.3	150.144

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Hasil perhitungan evapotranspirasi koreksi (ET_{pkor}) ini selanjutnya akan digunakan sebagai evapotranspirasi potensial (PET) pada ¹⁴⁹ perhitungan debit andalan menggunakan metode NRECA.

5.4 Analisis ¹² Debit Andalan

Debit andalan adalah besarnya debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan air dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Debit andalan ini dianalisis

menggunakan metode NRECA. Metode NRECA adalah salah satu simulasi hujan debit yang dalam analisis nya menggunakan indeks kapasitas penyimpanan kelembaman tanah, laju pembuangan dari pembuangan air tanah, dan evapotranspirasi potensial. Model Nreca strukturnya dibagi menjadi dua tampungan, yaitu tampungan kelengasan (moisture storage) dan tampungan air tanah (groundwater storage). Prinsip kerja Model Nreca adalah debit aliran yang masuk berasal dari hujan yang turun di dalam daerah tangkapan air (DTA). Curah hujan yang digunakan pada analisis ini yaitu data curah hujan andalan 90% setiap bulan yang telah dihitung berdasarkan metode Log Pearson III yang tertera pada tabel 5.9 serta digunakan pula data curah hujan rata-rata tahunan dari tahun 2013 sampai 2022 untuk mencari nilai nominal, berikut merupakan data curah hujan rata-rata tahunan.

Tabel 5.14 Curah Hujan Tahunan

Curah Hujan Tahunan											
Tahun	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Rata-Rata
Jumlah Curah Hujan (mm)	1941.8	1439	1305.4	1774.7	1800.5	1367.1	1256.4	1262.5	1833.7	1718.6	1569.97

(Sumber : <https://banten.bps.go.id>)

Berikut merupakan beberapa kriteria yang digunakan dalam perhitungan debit andalan menggunakan NRECA.

- Curah hujan rata-rata tahunan (\bar{X} tahunan) = 1569,97 mm (tabel 5.14)
- $C = 0,2$ (curah hujan sepanjang tahun)
- Presentase runoff yang mengalir pada jalur subsurface (PSUB) = 0,6

Persyaratan :

PSUB = 0,5 (daerah tangkapan hujan normal)

$0,5 < PSUB \leq 0,9$ (daerah dengan akuifer permeable besar)

$0,3 \leq PSUB < 0,5$ (daerah dengan akuifer terbatas dan lapisan tanah tipis)

- Presentase air yang masuk menjadi aliran air tanah (iGWF) = 0,5

Persyaratan :

iGWF = 0,5 (daerah tangkapan hujan normal)

$0,5 < iGWF \leq 0,8$ (daerah dengan aliran menerus kecil)

$0,2 \leq iGWF < 0,5$ (daerah dengan aliran menerus yang dapat diandalkan)

Berikut merupakan perhitungan debit andalan menggunakan metode NRECA.

- a. Probabilitas terjadinya hujan andalan untuk urutan nomor 1 sebagai berikut :

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$
$$P = \frac{1}{10+1} \times 100\%$$
$$P = 9,091 \%$$

- b. Tampungannya kelembaman atau *moisture storage* (W_o)

Tampungannya kelembaman ini nilainya bergantung pada perubahan tampungannya atau delta storage (DEM). Berikut merupakan uraian perhitungan pada bulan Januari.

$$W_o = HM \times N$$
$$N = 100 (\bar{X} \text{ tahunan} \times C)$$
$$C = 0,20 \text{ (hal. 50)}$$
$$\bar{X} \text{ tahunan} = 1569,97 \text{ mm (Tabel 5.14)}$$

Maka,

$$N = 100 + (\bar{X} \text{ tahunan} \times C)$$
$$= 100 + (1569,97 \times 0,20)$$
$$= 413,994$$

HM diambil nilai sebesar 125%, karena dimulai musim yang basah, maka nilai tampungannya kelembaman adalah sebagai berikut :

$$W_o = 125\% \times 413,994 = 517,49$$

Persyaratan :

Estimasi sebesar 10% = jika dihitung dimulai dari musim yang kering

Estimasi sebesar 125% = jika dihitung dimulai dari musim yang basah

- c. Rasio tampungannya tanah atau *soil storage ratio* (f_o)

$$f_o = \frac{W_{on}}{N}$$
$$= \frac{517,49}{413,994}$$
$$= 1,25$$

d. Rasio curah hujan terhadap evapotranspirasi potensial (PET) (f1)

$$\begin{aligned}f1 &= \frac{P}{PET} \\ &= \frac{136,67}{145,887} \\ &= 0,9369\end{aligned}$$

e. Menentukan nilai rasio antara evapotranspirasi aktual terhadap evapotranspirasi potensial (PET) (f2)

$$\begin{aligned}f2 &= \frac{f_0}{2} + \left(1 - \frac{f_0}{2}\right) \\ &= \frac{1,25}{2} + \left(1 - \frac{1,25}{2}\right) \\ &= 1\end{aligned}$$

f. Menentukan nilai evapotranspirasi aktual (AET)

$$\begin{aligned}AET &= f2 \times PET \\ &= 1 \times 145,887 \\ &= 145,887 \text{ mm}\end{aligned}$$

g. Menghitung keseimbangan air atau water balance (WB)

$$\begin{aligned}WB &= P - AET \\ &= 136,67 - 145,887 \\ &= -9,21 \text{ mm}\end{aligned}$$

h. Menghitung rasio kelebihan tampungan kelembaban atau excess moisture storage ratio (f3)

Jika nilai $WB < 0$, maka $f3 = 0$

Jika nilai $WB > 0$, maka $f3 = 1 - (0,5 \times (2 - f_0)^2)$

Karena nilai $WB = -9,21 < 0$

Maka, $f3 = 0$

i. Kelebihan kelembaban atau excess moisture (EM)

$$\begin{aligned}EM &= f3 \times WB \\ &= 0 \times (-9,21) \\ &= 0 \text{ mm}\end{aligned}$$

j. Perubahan tampungan atau delta storage (DEM)

$$DEM = WB - EM$$

$$= (-9,21) - 0$$

$$= -9,21 \text{ mm}$$

k. Pengisian air tanah atau recharge to groundwater (DGW)

$$\text{DGW} = \text{PSUB (EM)}$$

$$= 0,6 \times 0$$

$$= 0 \text{ mm}$$

l. Tampung awal air tanah atau initial groundwater storage (GWn-1)

$$\text{GWn-1} = \text{GWn} - \text{GWF}$$

$$= 2 \text{ mm}$$

m. Tampung akhir air tanah atau end groundwater storage (GWn)

$$\text{GWn} = \text{DGW} + \text{GWn-1}$$

$$= 0 + 2$$

$$= 2$$

n. Aliran air tanah yang keluar atau groundwater discharge (GWF)

$$\text{GWF} = i\text{GWF}(\text{GWn})$$

$$= 0,5 \times 2$$

$$= 1 \text{ mm}$$

o. Limpasan permukaan langsung atau direct run-off (DRo)

$$\text{DRo} = \text{EM} - \text{DGW}$$

$$= 0 - 0$$

$$= 0 \text{ mm}$$

p. Limpasan total atau total run-off (Ro)

$$\text{Ro} = \text{DRo} + \text{GWF}$$

$$= 0 + 1$$

$$= 1 \text{ mm}$$

$$\text{DRS} = \frac{A \times \text{Ro} \times 10^{-3} \times 10^6}{\text{Hari} \times 24 \times 3600}$$

$$= \frac{1600,2 \times 1 \times 10^{-3} \times 10^6}{31 \times 24 \times 3600}$$

$$= 0,5974462 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Berikut ³ hasil perhitungan debit andalan menggunakan metode NRECA setiap bulan ada pada tabel dibawah ini.

Tabel 5.14 Debit Andalan menggunakan NRECA

Bulan	Hari	CH	PET	W ₀	f ₀	f ₁	f ₂	AET	WB	f ₃	EM	DEM	DGW	GW _{n-1}	GW _n	GW _F	D _{no}	R _o	DRS
		mm	mm	mm				mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm ² /kg
Januari	31	13667	145887	51749	125	09940	1	345887	-921	0.00	0.00	-921	0.00	2100	2100	1100	0.00	1.10	0.9074462
Februari	28	14619	129867	50828	1277	11257	1	129867	1632	0.70	1146	487	687	1100	787	394	458	8.52	5.0898442
Maret	31	10359	149888	51315	12995	06911	1	149888	-4630	0.00	0.00	-4630	0.00	394	394	197	0.00	1.97	1.1760341
April	30	7231	152028	46685	1277	04756	1	152028	-7972	0.00	0.00	-7972	0.00	197	197	098	0.00	0.98	0.8840152
Mei	31	5030	151856	38713	0951	03306	1	151856	-30168	0.00	0.00	-30168	0.00	098	098	049	0.00	0.49	0.2940076
Juni	30	1987	135666	28548	0896	01464	1	135666	-11580	0.00	0.00	-11580	0.00	049	049	025	0.00	0.25	0.1470088
Juli	31	481	134959	16968	0499	00157	1	134959	-13015	0.00	0.00	-13015	0.00	025	025	012	0.00	0.12	0.0735019
Agustus	31	114	139474	3953	0095	00082	1	139474	-13833	0.00	0.00	-13833	0.00	012	012	006	0.00	0.06	0.0367919
September	30	033	145797	6880	-029	00023	1	145797	-14546	0.00	0.00	-14546	0.00	006	006	003	0.00	0.03	0.0183755
Oktober	31	465	89835	-24427	-09	00517	1	89835	-8519	0.00	0.00	-8519	0.00	003	003	002	0.00	0.02	0.01091877
November	30	4315	155913	-32946	-0796	02768	1	155913	-11236	0.00	0.00	-11236	0.00	002	002	001	0.00	0.01	0.0048989
Desember	31	13782	150144	-44222	-1068	09179	1	150344	-12333	0.00	0.00	-12333	0.00	001	001	000	0.00	0.00	0.0022969

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

5.5 Ketersediaan Air dan Kapasitas *Rain Water Harvesting System*

Volume kapasitas air yang akan ditampung dapat ditentukan berdasarkan besarnya volume ketersediaan air yang tertangkap pada atap Gedung Fakultas Hukum. Air yang tertangkap pada catchment area yakni atap gedung selanjutnya akan mengalir menuju talang ke bawah melalui pipa dan akan berakhir di bak penampung. Berikut merupakan tabel rincian perhitungan ketersediaan air untuk memperoleh besaran volume ground reservoir.

Tabel 5.15 Perhitungan Ketersediaan Air (*Supply*)

Bulan	CH	Luas Atap	Koef. Runoff	Supply	Kumulatif
Januari	136.67	1600.2	0.8	174.965	174.965
Februari	146.19	1600.2	0.8	187.148	362.113
Maret	103.59	1600.2	0.8	132.611	494.724
April	72.31	1600.2	0.8	92.566	587.290
Mei	50.20	1600.2	0.8	64.268	651.558
Juni	19.87	1600.2	0.8	25.431	676.989
Juli	4.81	1600.2	0.8	6.163	683.152
Agustus	1.14	1600.2	0.8	1.461	684.613
September	0.33	1600.2	0.8	0.426	685.039
Oktober	4.65	1600.2	0.8	5.947	690.987
November	43.15	1600.2	0.8	55.240	746.226
Desember	137.82	1600.2	0.8	176.427	922.654

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Contoh perhitungan pada bulan Januari :

Jumlah hari = 31 hari

Curah Hujan (M) = 136,67 mm

Luas Atap (A) = 1600,2 m²

Koefisien Runoff (C) = 0,8

Supply Air Hujan (S) = A x M x C

$$= (136,67/1000) \times 1600,2 \times 0,8$$

$$= 174,965 \text{ m}^3$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan kapasitas bak penampung (*rain water harvesting system*). Perhitungan kapasitas bak penampung dianalisis berdasarkan selisih maksimum antara akumulasi supply air hujan dan akumulasi demand air bersih per bulan (Darmadi, 2020). Berikut merupakan perhitungan selisih maksimum akumulasi nilai supply dan demand yaitu pada bulan Desember.

$$\text{Kebutuhan Air Harian} = 18,354 \text{ m}^3$$

$$\text{Kebutuhan Air Bulanan (B)} = \text{Kebutuhan Air Harian} \times T$$

$$= 18,354 \text{ m}^3 \times 31 \text{ hari}$$

$$= 568,974 \text{ m}^3$$

$$\text{Selisih supply \& kebutuhan} = S - B$$

$$= 174,965 \text{ m}^3 - 568,974 \text{ m}^3$$

$$= -394,009 \text{ m}^3$$

$$\text{Selisih Maksimum} = \text{Selisih Supply dan Kebutuhan (Desember)}$$

$$= -5776,56 \text{ m}^3 \approx -5777 \text{ m}^3$$

Tabel 5.16 Perhitungan Kapasitas Bak Penampung 100% kebutuhan

Bulan	Jumlah hari	Jumlah Hujan	Luas Atap	Koeff Runoff	Supply Air Hujan	Supply Air Hujan Kum	Kebutuhan Air Harian	Kebutuhan Air Bulanan	Kebutuhan Air Bulanan Kum	Selisih	Kekurangan Air	Kelebihan Air
		mm	m ²		m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
Jan	31	136.67	1600.2	0.8	174.97	174.97	18.35	568.97	568.97	-394.01	-394.01	-
Feb	28	146.19	1600.2	0.8	187.15	362.11	18.35	513.91	1082.89	-720.77	-720.77	-
Mar	31	103.59	1600.2	0.8	132.61	494.72	18.35	568.97	1651.86	-1157.14	-1157.14	-
Apr	30	72.31	1600.2	0.8	92.57	587.29	18.35	550.62	2202.48	-1615.19	-1615.19	-
May	31	50.20	1600.2	0.8	64.27	651.56	18.35	568.97	2771.45	-2119.90	-2119.90	-
Jun	30	19.87	1600.2	0.8	25.43	676.99	18.35	550.62	3322.07	-2645.09	-2645.09	-
Jul	31	4.81	1600.2	0.8	6.16	683.15	18.35	568.97	3891.05	-3207.90	-3207.90	-
Aug	31	1.14	1600.2	0.8	1.46	684.61	18.35	568.97	4460.02	-3775.41	-3775.41	-
Sep	30	0.33	1600.2	0.8	0.43	685.04	18.35	550.62	5010.64	-4325.60	-4325.60	-
Oct	31	4.65	1600.2	0.8	5.95	690.99	18.35	568.97	5579.62	-4888.63	-4888.63	-
Nov	30	43.15	1600.2	0.8	55.24	746.23	18.35	550.62	6130.24	-5384.01	-5384.01	-
Dec	31	137.82	1600.2	0.8	176.43	922.65	18.35	568.97	6699.21	-5776.56	-5776.56	-

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

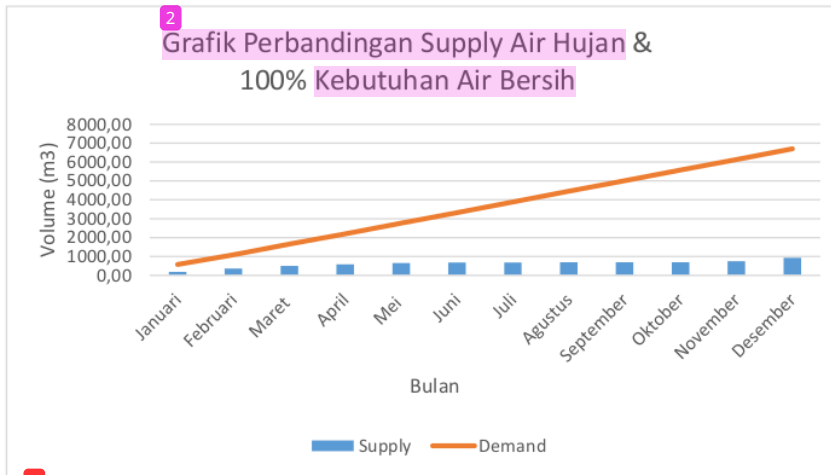
Hasil perhitungan diatas kapasitas bak penampung berdasarkan kebutuhan air total menghasilkan kapasitas tanki sebesar 5776,556 m³. Melihat luasan lahan yang berada disekitaran gedung tidak mencukupi karena besarnya kapasitas bak penampung serta jumlah air baku supply tidak dapat menutupi kebutuhan (demand) tiap bulannya, maka analisis perhitungan dilakukan kembali untuk mengetahui kapasitas bak penampungan dan persentase kebutuhan air yang dapat ditutupi oleh sistem RWH, hasil analisis terdapat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Perhitungan Kapasitas Bak Penampung 12% kebutuhan

Bulan	Jumlah hari	2	Luas Atap m ²	Koef Runoff	Supply Air Hujan	Supply Air Hujan Kum	Kebutuhan Air Harian	Kebutuhan Air Bulanan 100%	Kebutuhan Air Bulanan 12%	Kebutuhan Air Bulanan Kum	Selisih m ³	Kek 2	Kebutuhan Air
		ah Hujan			m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³		gan Air	
Jan	31	136.67	1600.2	0.8	174.97	174.97	18.35	568.974	68.28	68.28	106.69	-	106.69
Feb	28	146.19	1600.2	0.8	187.15	362.11	18.35	513.912	61.67	129.95	232.17	-	232.17
Mar	31	103.59	1600.2	0.8	132.61	494.72	18.35	568.974	68.28	198.22	296.50	-	296.50
Apr	30	72.31	1600.2	0.8	92.57	587.29	18.35	550.62	66.07	264.30	322.99	-	322.99
May	31	50.20	1600.2	0.8	64.27	651.56	18.35	568.974	68.28	332.57	318.98	-	318.98
Jun	30	19.87	1600.2	0.8	25.43	676.99	18.35	550.62	66.07	398.65	278.34	-	278.34
Jul	31	4.81	1600.2	0.8	6.16	683.15	18.35	568.974	68.28	466.93	216.23	-	216.23
Aug	31	1.14	1600.2	0.8	1.46	684.61	18.35	568.974	68.28	535.20	149.41	-	149.41
Sep	30	0.33	1600.2	0.8	0.43	685.04	18.35	550.62	66.07	601.28	83.76	-	83.76
Oct	31	4.65	1600.2	0.8	5.95	690.99	18.35	568.974	68.28	669.55	21.43	-	21.43
Nov	30	43.15	1600.2	0.8	55.24	746.23	18.35	550.62	66.07	735.63	10.60	-	10.60
Dec	31	137.82	1600.2	0.8	176.43	922.66	18.35	568.974	68.28	803.91	118.75	-	118.75

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

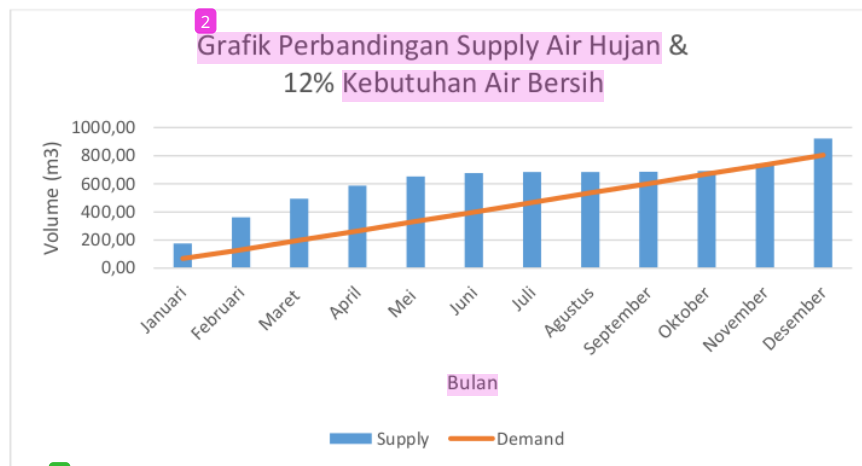
Hasil dari perhitungan yang sudah dilakukan kembali berdasarkan Annisa Inggarwani (2021) dicari persen dari kebutuhan air yang dapat terpenuhi oleh supply air hujan, didapat kebutuhan air baku sebesar 12% dari 100% kebutuhan yang dapat mencakup ketersediaan air pada gedung Fakultas Hukum UNTIRTA Sindangsari didapatkan kapasitas bak penampung sebesar 322,99 m³ yang didapat dari selisih terbesar antara supply dan demand kumulatif. Adapun grafik perbandingan antara suplai dengan 100% kebutuhan dan suplai 12% kebutuhan.



Gambar 5.1 Grafik Perbandingan Supply Air Hujan & 100% Kebutuhan Air

(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

Dapat dilihat pada gambar 5.1 perbandingan grafik antara suplai dan kebutuhan air terdapat jenjang yang sangat besar diantara keduanya. Maka perhitungan dilakukan kembali dengan menggunakan kebutuhan air 12% dari kebutuhan total.



Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Supply Air Hujan & 12% Kebutuhan Air

(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

Grafik diatas menunjukkan grafik suplai air hujan melewati garis grafik kebutuhan air bulanan, dalam hal ini berarti suplai air hujan dapat memenuhi 12% kebutuhan air bulanan pada gedung Fakultas Hukum kampus UNTIRTA Sindangsari.

Meskipun pada penelitian kali ini penghematan air di Gedung Fakultas Hukum kampus UNTIRTA Sindangsari tidak dapat menutupi 100% kebutuhan air baku setidaknya dengan mengurangi penggunaan sebesar 12% diharapkan dapat menghemat penggunaan air tanah untuk keperluan sehari-hari.

5.6 Potensi Penghematan

Besarnya nilai penghematan dipengaruhi oleh besarnya curah hujan yang diestimasikan per bulannya. Perhitungan potensi penghematan ini dilakukan untuk mengetahui perkiraan persentase kebutuhan air yang dapat terpenuhi tiap bulannya. Semakin besar nilai curah hujan maka potensi penghematannya pun akan semakin besar. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan potensi penghematan air bersih untuk Gedung Fakultas Hukum Untirta Sindangdari dengan pengaplikasian *rain water harvesting system*.

Tabel 5.18 Potensi Penghematan RWHS 12% Kebutuhan Air

Bulan	Curah Hujan	Luas Atap	Supply	Kebutuhan	Penghematan	Keterangan
	mm ³ /bulan	m ²	m ³	m ³	%	
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(1)
Jan	136.67	1600.2	174.965	68.28	2.563	(b) = perhitungan tabel 5.15
Feb	146.19	1600.2	187.148	61.67	3.035	
Mar	103.59	1600.2	132.611	68.28	1.942	
Apr	72.31	1600.2	92.566	66.07	1.401	(d) & (e)= perhitungan tabel 5.18
May	50.20	1600.2	64.268	68.28	0.941	
Jun	19.87	1600.2	25.431	66.07	0.385	
Jul	4.81	1600.2	6.163	68.28	0.090	(f) = (d)/(e)
Aug	1.14	1600.2	1.461	68.28	0.021	
Sep	0.33	1600.2	0.426	66.07	0.006	
Oct	4.65	1600.2	5.947	68.28	0.087	
Nov	43.15	1600.2	55.240	66.07	0.836	
Dec	137.82	1600.2	176.427	68.28	2.584	

(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

Contoh Perhitungan pada Bulan Januari :

Bulan Januari

Curah hujan (M) = 136,67 mm

Luas atap (A) = 1600,2 m²

Koefisien runoff (C) = 0,8

Supply Air Hujan (S) = A x M x C

$$= (136,67/1000) \times 1600,2 \times 0,8$$

$$= 174,965 \text{ m}^3$$

Kebutuhan air bulanan = 68,28 m³ /bulan

Penghematan = supply / kebutuhan

$$= 174,965/68,28$$

$$= 2,563\%$$

Berikut merupakan tabel rekapitulasi penghematan 12% kebutuhan air dari bulan Januari hingga Desember.

Tabel 5.19 Rekapitulasi Penghematan RWHS 12% Kebutuhan Air Setiap Bulan

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	\bar{X}
Penghematan (%)	2.563	3.035	1.942	1.401	0.941	0.385	0.090	0.021	0.006	0.087	0.836	2.584	1.158

(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

Dari hasil analisis didapat nilai penghematan rata-rata dari setiap bulan yaitu sebesar 1,158%.

5.7 Dimensi Rain Water Harvesting System Tank

Berdasarkan perhitungan kapasitas RWH menurut Darmadi (2020) diatas, didapatkan volume sebesar 322,99 m³ (hal. 55) dapat diterapkan pada Gedung Fakultas Hukum UNTIRTA Sindangsari sesuai dengan dimensi lahan yang tersedia. Lokasi bak penampung berada di bagian samping bangunan terdapat lahan kosong berupa lapangan dan terletak dibawah tanah. Lahan yang tersedia memiliki luas sebesar 1030,87 m² maka dapat digunakan untuk penempatan bak penampung sebesar 322,99 m³. Dalam perencanaan *ground reservoir* ini digunakan bahan utama sigma tank yang berbahan dasar plastik atau polypropylene, desain sigma tank berupa modular-modular berbentuk persegi empat yang pemukaannya divariasikan terdapat lubang-lubang. Spesifikasi *Sigma Tank* yang dipakai adalah penta (satu set berjumlah 5 Sigma Tank) yaitu adalah seperti gambar dibawah ini. Dapat dilihat pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20 Ukuran Tanki Modular Sigma Tank

Ukuran Tanki Modul Sigma Tank VT 844				Isi Tanki
Modular (Units)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Tinggi (mm)	Volume (ltr)
Single (1)	390	782	410	125
Double (2)	390	782	820	250
Triple (3)	390	782	1230	375
Quad (4)	390	782	1640	500
Penta (5)	390	782	2050	625

(Sumber : Modul Teknologi Resapan Trisigma Tank)

Dimensi perhitungan sigma tank yang rencanakan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Volume (V)} &= 322,99 \text{ m}^3 \\ &= 322990 \text{ liter} \\ \text{P x L x T (asumsi)} &= 10 \text{ m x } 6,4598 \text{ m x } 5 \text{ m} \end{aligned}$$

Jenis modular tanki yang akan direncanakan yaitu tanki jenis single (1) dengan kapasitas volume tanki sebesar 125 liter.

1. Jumlah kebutuhan sigma tank

$$\text{Jumlah kebutuhan sigma tank} = \frac{\text{volume rencana}}{\text{volume tanki}}$$

$$= \frac{322990}{125}$$

$$= 2583,92 \text{ buah} \approx 2584 \text{ buah}$$

2. Kebutuhan luas lahan

Luas lahan tersedia = 1030,87 m² (<https://earth.google.com/web/>)

Luas 1 buah tanki ukuran single = panjang x lebar

$$= 0,782 \times 0,39$$

$$= 0,3 \text{ m}^2$$

3. Total luasan sigma tank = jumlah kebutuhan x volume standar sigma tank single

$$= 2584 \times 0,3 \text{ m}^2$$

$$= 775,2 \text{ m}^2$$

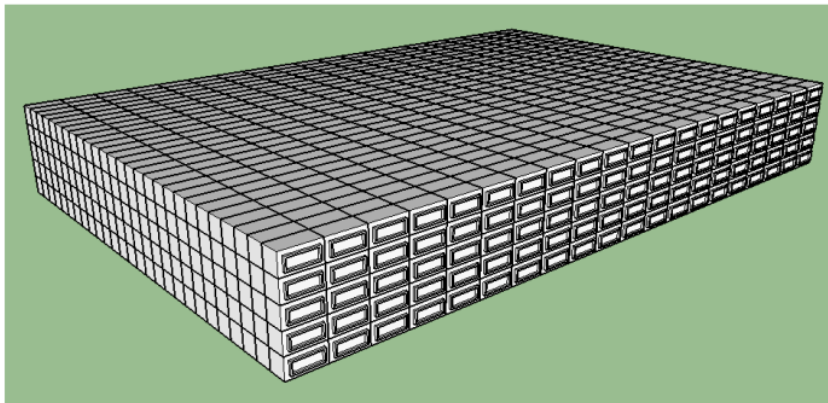
Perletakan sigma tank direncanakan dengan dibagi menjadi lima tumpuk, sehingga untuk setiap tumpuk nya dibutuhkan sigma tank seperti berikut.

Total kebutuhan sigma tank = 2584 buah

Satu tumpuk sigma tank = 2584/5

$$= 516,8 \text{ buah} \approx 520 \text{ buah}$$

Perletakan sigma tank direncanakan sebanyak 5 tumpuk dengan ukuran 20 buah x 26 buah tiap tumpuknya dengan total dimensi yaitu 15,64 m x 10,14 m x 2,05 m dan volume total sebesar 325,109 m³. Berikut merupakan gambaran perletakan sigma tank.



Gambar 5.3 Penggambaran Sigma Tank
(Sumber: Analisis Penulis, 2023)



Gambar 5.4 Perletakan Sigma Tank pada Gedung Fakultas Hukum Untirta
(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

5.8 Analisa Debit Banjir Rencana

Pada perhitungan ini dilakukan untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan akibat debit/luapan banjir dibutuhkan upaya pengendalian banjir pada perencanaan rainwater harvesting system ini. Sebelum melakukan perencanaan pengendalian banjir yang perlu dilakukan menghitung debit banjir terlebih dahulu dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum dalam 10 tahun periode 2013-2022 dan direncanakan menggunakan kala ulang 5 tahun. Berikut merupakan data curah hujan harian 10 tahun periode 2013 – 2022.

Tabel 5.21 Data Curah Hujan Harian 10 Tahun

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Max
2013	64	34.8	101	35.6	85	14	64	46	9	0	6	130	130
2014	44	37.5	48.1	12.8	48.6	22	61	9.2	16.4	20.4	37.8	29.5	61
2015	60.8	37.1	35.2	32	26	36.1	4.2	7.5	0.2	28.5	26.5	40.9	60.8
2016	33.8	89.6	44.6	27.7	54.2	33.8	37.5	30.2	40	45.8	49.8	44.1	89.6
2017	51.1	54.8	38	24.6	46	40	41.2	15.1	19.2	37.4	39.8	78.5	78.5
2018	40.4	25.4	68.8	57.4	17	59.5	3	0	13.5	37	39.2	29.8	68.8
2019	64.9	55.6	41	26.2	44.2	3.6	6	1	0	11.2	22.6	31.6	64.9
2020	66.6	48.4	54.4	48.2	53.2	17.4	15.5	24.3	8.8	16	39	94	94
2021	34.5	59.1	25.5	77.8	8.2	61.6	38	12.2	105.8	52.6	77.4	52.5	105.8
2022	28.8	20.5	180.4	99.8	46	26.5	26.7	40.6	19.6	68.5	40	36.5	180.4

(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

Selanjutnya dilakukan perhitungan analisis frekuensi data curah hujan menggunakan data curah hujan harian maksimal setiap tahun menggunakan Log

Pearson III. Berikut merupakan tabel hasil analisis frekuensi menggunakan distribusi Log Pearson III.

Tabel 5.22 Perhitungan Distribusi Log Normal dan Log Pearson III

No.	Tahun	Curah Hujan (mm)	Log Xi	(LogXi-LogX)	(LogXi-LogX) ²	(LogXi-LogX) ³	(LogXi-LogX) ⁴
1	2013	130	2.11	0.171	0.02908	0.004960	0.00084586
2	2014	61	1.79	-0.158	0.02499	-0.003950	0.00062437
3	2015	61	1.78	-0.160	0.02544	-0.004058	0.00064721
4	2016	90	1.95	0.009	0.00008	0.000001	0.00000001
5	2017	79	1.89	-0.049	0.00236	-0.000114	0.00000555
6	2018	69	1.84	-0.106	0.01120	-0.001185	0.00012537
7	2019	65	1.81	-0.131	0.01720	-0.002256	0.00029593
8	2020	94	1.97	0.030	0.00088	0.000026	0.00000078
9	2021	106	2.02	0.081	0.00657	0.000533	0.00004322
10	2022	180	2.26	0.313	0.09786	0.030615	0.00957743
Jumlah		933.8	19.43	0.00	0.22	0.025	0.012166

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

a. Perhitungan Nilai Rata-rata (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{933,8}{10} = 93,38$$

$$\text{Log } \bar{X} = 1,943$$

b. Perhitungan Simpangan Baku (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,22}{10-1}} = 0,1548$$

c. Perhitungan Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{Sd}{\log \bar{X}} = \frac{0,1548}{1,943} = 0,079654$$

d. Perhitungan Koefisien *Skewness* (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} = \frac{10(0,025)^3}{(10-1)(10-2)0,1548^3} = 0,920016$$

e. Perhitungan Koefisien *Kurtosis* (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \sum (\log X_i - \log \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} = \frac{10^2(0,012166)^4}{(10-1)(10-2)(10-3)0,1548^4} = 4,203599$$

Selanjutnya dilakukan uji kecocokan data yang dilakukan ⁵ untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan dan mewakili distribusi frekuensi tersebut, terdapat dua jenis pengujian parameter yaitu *chi* kuadrat dan *smirnov kormogorof*.

a. Metode Chi Kuadrat

Berikut merupakan tahapan analisis uji kecocokan data analisis debit banjir dengan metode ⁵ *chi* kuadrat.

1) Mengurutkan data dari besar ke kecil

Tabel 5.23 Pengurutan Data Hujan dari Besar ke Kecil

No	Xi (mm)	Urut
1	130	180
2	61	130
3	61	106
4	90	94
5	79	90
6	69	79
7	65	69
8	94	65
9	106	61
10	180	61

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

¹⁴ 2) Menghitung jumlah kelas

$$\begin{aligned} \text{Jumlah data (n)} &= 10 \\ \text{Kelas distribusi (K)} &= 1 + 3,3 \log n \\ &= 1 + 3,3 \log 10 \\ &= 4,3 \approx 5 \text{ kelas} \end{aligned}$$

3) Menghitung derajat kebebasan (DK) dan X^2_{cr}

$$\begin{aligned} \text{Parameter (p)} &= 2 \\ \text{Derajat Kebebasan (DK)} &= K - (p + 1) = 5 - (2 + 1) = 5 - (2 + 1) = 2 \end{aligned}$$

Nilai X^2_{cr} dengan jumlah data (n) = 10, $\alpha = 5\%$ dan DK = 2, adalah 5,991

²⁶ 4) Menghitung kelas distribusi

$$\begin{aligned} \text{Kelas distribusi} &= 1/5 \times 100 \% = 20 \% , \text{ interval distribusi adalah} \\ &20\%, 40\%, 60\%, 80\%, 90\%. \end{aligned}$$

$$P_{(x)} = 20\%, \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_{(x)}} = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ tahun}$$

$$P_{(x)} = 40\%, \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_{(x)}} = \frac{1}{0,40} = 2,5 \text{ tahun}$$

$$P_{(x)} = 60\%, \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_{(x)}} = \frac{1}{0,60} = 1,67 \text{ tahun}$$

$$P_{(x)} = 80\%, \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_{(x)}} = \frac{1}{0,80} = 1,25 \text{ tahun}$$

$$P_{(x)} = 90\%, \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_{(x)}} = \frac{1}{0,90} = 1,11 \text{ tahun}$$

Syarat P adalah jika $P > 0,5$ maka $(1 - P)$ sedangkan jika $P < 0,5$ maka nilai P tetap sama.

$$P_{20\%} = 0,2 < 0,5 = 0,2$$

$$P_{40\%} = 0,4 < 0,5 = 0,4$$

$$P_{60\%} = 0,6 > 0,5 = 0,4$$

$$P_{80\%} = 0,8 > 0,5 = 0,2$$

$$P_{90\%} = 0,9 > 0,5 = 0,1$$

5) Menghitung interval kelas distribusi Log Pearson III

$$W_{90} = \left(\ln \left(\frac{1}{P^2} \right) \right)^{0,5}$$

$$W_{90} = \left(\ln \left(\frac{1}{(-0,1)^2} \right) \right)^{0,5}$$

$$W_{90} = 2,15$$

$$z = w - \frac{2,515517 + 0,802853 w + 0,010328 w^2}{1 + 1,432788 w + 0,189269 w^2 + 0,001308 w^3}$$

$$= 2,15 - \frac{2,515517 + 0,802853 \cdot 2,15 + 0,010328 \cdot 2,15^2}{1 + 1,432788 \cdot 2,15 + 0,189269 \cdot 2,15^2 + 0,001308 \cdot 2,15^3}$$

$$= 1,28 \text{ menjadi } -1,28 \text{ karena } P > 0,5$$

$$k = \frac{Cs}{6}$$

$$= \frac{0,92002}{6}$$

$$= 0,153$$

$$K_T = z + (z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(z^3 - 6z) - (z^2 - 1)k^3 + zk^4 - \frac{1}{3}k^5$$

$$= -1,28 + (1,28^2 - 1)(0,153) + \frac{1}{3}(-1,28^3 - 6(-1,28)) - (-1,28^2 - 1)(-0,22^3) + (-0,128)(0,153^4) - \frac{1}{3}(0,153)^5$$

$$= -1,3907$$

$$\text{Log } \bar{X} = 1,943 \text{ (hal. 61)}$$

$$\text{SLog} = 0,1548 \text{ (hal. 61)}$$

$$\text{Log } X_T = \text{Log } X + (K_T \times \text{SLog})$$

$$= 1,943 + (-1,3907 \times 0,1548)$$

$$= 1,728125$$

$$X_T = 10^{\text{Log } X_T}$$

$$= 10^{1,728125}$$

$$= 53,4718$$

Perhitungan demikian dilakukan seterusnya setiap periode ulang tahun yang tertera pada tabel berikut.

Tabel 5.24 Nilai p, w, z, k, KT dan XT Distribusi Log Person III

No	p	Periode Ulang	pcalc	w	z	zalk	k	KT	Log X	SLogX	LogXT	XT (mm)
1	0.9	1.11	-0.1	2.15	1.28	-1.28	0.153	-1.390688	1.943	0.1548002	1.7281249	53.471812
2	0.8	1.25	-0.2	1.79	0.84	-0.84	0.153	-0.955673	1.943	0.1548002	1.7954654	62.440361
3	0.6	1.67	-0.4	1.35	0.25	-0.25	0.153	-0.387634	1.943	0.1548002	1.8833979	76.453599
4	0.4	2.50	0.4	1.35	0.25	0.25	0.153	0.0949781	1.943	0.1548002	1.9581064	90.804294
5	0.2	5.00	0.2	1.79	0.84	0.84	0.153	0.6583728	1.943	0.1548002	2.04532	110.99924

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Pembagian interval kelas dilakukan berdasarkan nilai XT, dimana kelas pertama di ambil dari XT terbesar ke 2 seperti pada Tabel 5.24, terdapat pada periode ulang 2,5 tahun, selanjutnya tertera pada Tabel 5.25 berikut.

Tabel 5.25 Perhitungan X^2 untuk Log Person III

Kelas	Interval		Ef	Of	Ef-Of	$(Ef-Of)^2/Ef$
1	<	62.440361	2	2	0	0
2	62.44036	- 76.453599	2	2	0	0
3	76.4536	- 90.804294	2	2	0	0
4	90.80429	- 110.99924	2	2	0	0
5	>	110.99924	2	2	0	0
Jumlah			10	10		0

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Dapat dilihat pada Tabel 5.25 diatas untuk nilai X^2 sebesar $0 < 5,991$ (hal 63) maka distribusi Log Person III dapat diterima. Berikut merupakan hasil analisis curah hujan.

Tabel 5.26 Curah Hujan Analisis Debit Banjir

No	Periode Ulang	XT (mm)
1	1.11	53.47
2	1.25	62.44
3	1.67	76.45
4	2.5	90.80
5	5	111.00

(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

Setelah mendapat hasil perhitungan curah hujan untuk analisis debit banjir dengan kala ulang yang direncanakan yaitu 5 tahun sebesar 111,00 mm, selanjutnya dilakukan perhitungan analisis debit banjir seperti berikut.

- a. Menentukan panjang diagonal atap (L_0)

$$L_0 = \sqrt{\text{panjang atap}^2 + \text{lebar atap}^2}$$

$$= \sqrt{63^2 + 25,4^2} = 67,93 \text{ m}$$

- b. Menentukan slope atap (S_0)

$$S_0 = \frac{\text{Elev A} - \text{Elev B}}{L}$$

$$= \frac{16,96 - 16,95}{67,93} = 0,0147$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. } T_c &= \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \\
 &= \left(\frac{0,87 \times 67,93^2}{1000 \times 0,0147} \right)^{0,385} \\
 &= 8,669 \text{ menit} = 0,1445 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d. } I &= \frac{R_{24}}{24} \times \frac{24^m}{t_c} \\
 &= \frac{111}{24} \times \left(\frac{24}{0,1445} \right)^{2/3} \\
 &= 139,746 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapat intensitas hujan sebesar 139,746 mm/jam, yang selanjutnya digunakan untuk mencari debit banjir rencana.

$$\begin{aligned}
 Q &= C \times I \times A \\
 &= 2,7 \cdot 10^{-7} \times 0,8 \times 139,746 \times 1600,2 \\
 &= 0,0483 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

5.9 Analisis Dimensi Pipa Saluran Inflow dan outflow Sigma Tank

Pipa yang digunakan sebagai saluran yang mendistribusikan air dari bak penampungan menuju tank untuk digunakan kebutuhan sehari-hari membutuhkan perhitungan dimensi, panjang dan penentuan jenis bahan pipa. Untuk mempermudah perhitungan dilakukan menggunakan bantuan software EPANET 2.0. Berikut tabel ukuran pipa beserta spesifikasi bahan..

Tabel 5.27 Ukuran pipa

No	Kode Pipa	D (mm)	L (m)	Elevasi Titik (m)		Bermuara pada pipa	Siku	Bahan
				Hulu	Hilir			
1	PIPA 1	150	17.95	17.95	0	TANK	1	Galvanis
2	PIPA 2	19,05	4	0	4	PIPA 3	1	PVC
3	PIPA 3	19,05	5	4	9.5	PIPA 4	1	PVC
4	PIPA 4	19,05	4	9.5	13.5	PIPA 5	1	PVC
5	PIPA 5	19,05	4	13.5	17.5	PIPA 6	1	PVC

(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

a. Pipa

Dimensi pipa tegak dan datar dalam perencanaannya **semakin besar luasan atap, dimensi pipa juga akan semakin besar karena beban air hujan yang harus di alirkan juga semakin besar.** Untuk penentuan dimensinya menggunakan

bantuan software EPANET, berikut urutan permodelan aliran saluran tertutup (pipa).

1. Penentuan Roughness Coefficients dan Loss Coefficient

Pipa yang digunakan pada aliran yang berasal dari atap Gedung Fakultas Hukum Sindangsari UNTIRTA berjenis plastik dan Galvanis maka untuk penentuan koefisien roughnessnya yang mengacu pada Tabel 5.19 dibawah.

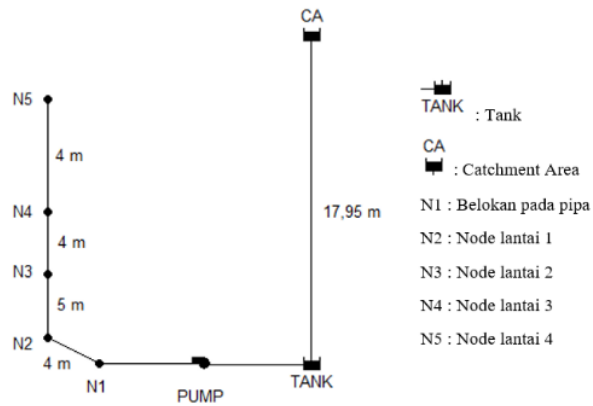
Tabel 5.28 Koefisien Kekasaran

Material	Hazen Williams (unitless)	Darcy Weisbach (unitless)	Manning's (unitless)
Cast Iron	130 - 140	0,85	0,012 - 0,015
Concrete or Concrete Lined	120 - 140	1,0 - 10	0,012 - 0,017
Galvanized Iron	120	0,5	0,015 - 0,017
Plastic	140 - 150	0,005	0,011 - 0,015
Steel	140 - 150	0,015	0,015 - 0,017
Vitrified Clay	110		0,013 - 0,015
Rivited steel		3,0 - 30	
Wood stave	120	0,6 - 3	
Drawn Brass or Copper Tubing		0,005	
Commercial steel or wrought iron		0,15	
A sphalted cast iron		0,4	
Extremely smooth and straight pipes	140		
Old cast iron	100		
Very old and corroded cast iron	80		

(Sumber : Jack B. Evett et al, 1987)

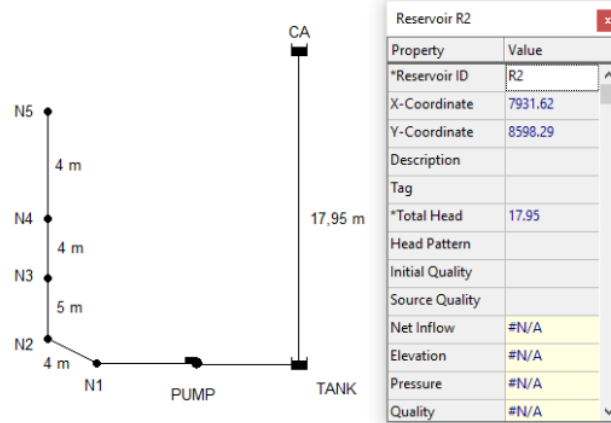
Dengan menggunakan persamaan Darcy Weisbach untuk jenis pipa PVC didapat nilai Roughness Coefficient sebesar 0,005, sedangkan untuk jenis pipa galvanis didapat nilai Roughness Coefficient sebesar 0,5; serta Loss Coefficient yang digunakan yaitu sebesar 0,9 sesuai dengan ketentuan dimana menggunakan short-radius elbow.

2. Membuat permodelan jaringan pipa, berikut gambar permodelan jaringan pipa dari 1 catchment area yang alirannya menuju rainwater harvesting system dan menuju node masing-masing lantai.



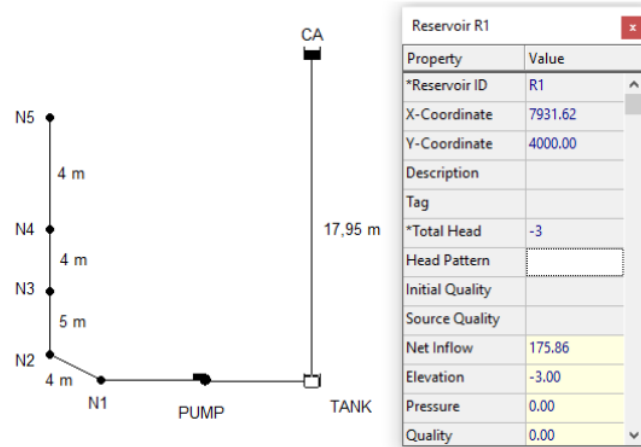
Gambar 5.5 Permodelan Jaringan Pipa

(Sumber: Analisis Penulis, 2023)



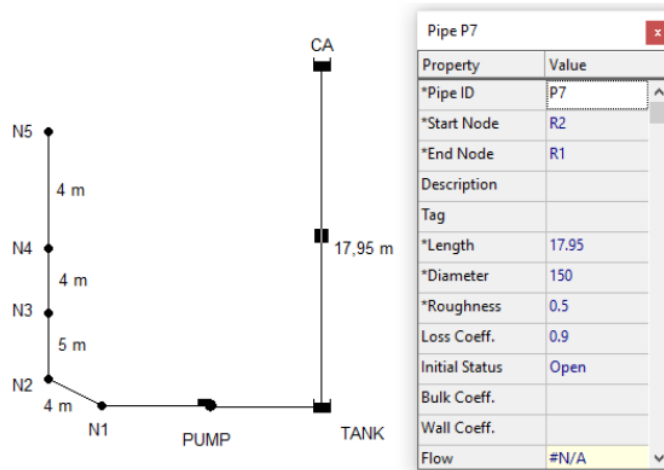
Gambar 5.6 Input Total Head pada Catchment Area

(Sumber: Analisis Penulis, 2023)



Gambar 5.7 Input Total Head pada Tank

(Sumber: Analisis Penulis, 2023)



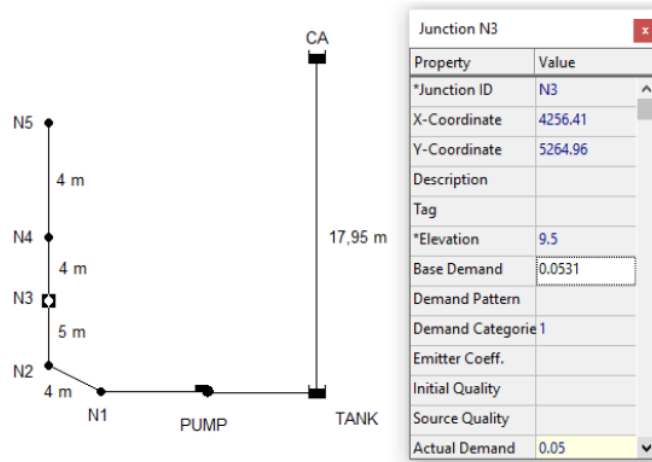
Gambar 5.8 Input Material Pipe

(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

Untuk kebutuhan air node tiap lantai didapat dari jumlah kebutuhan air harian dibagi dengan jumlah lantai. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan (*base demand*) air tiap lantai.

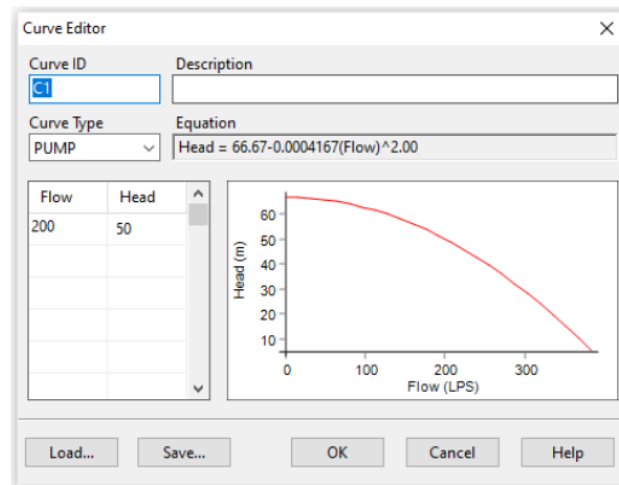
$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan harian} &= 18,35 \text{ m}^3 / \text{hari} \\ &= 0,2124 \text{ liter/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kebutuhan tiap lantai} &= 0,2124 / 4 \\ &= 0,0531 \text{ liter/s} \end{aligned}$$



Gambar 5.9 Input Elevation dan Base Demand Junction N3

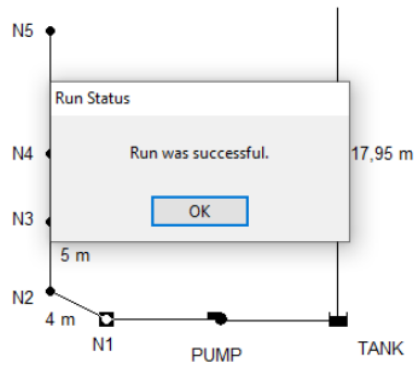
(Sumber: Analisis Penulis, 2023)



Gambar 5.10 Input Curve pada Pompa

(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

Gambar diatas melihat spesifikasi material, koefisien serta lainnya sesuai kebutuhan bagian bagian dari permodelannya. Setelah melewati proses penginputan data pada seluruh komponen permodelan maka dapat dilanjut proses run analysis, seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 5.11 Run Analysis

(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

133

Ada beberapa syarat yang harus diperhatikan dalam tahap analisis diantaranya yaitu

a. Kecepatan aliran pada pipa

Link ID	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Friction Factor	Reaction Rate mg/L/d	Quality	Status
Pipe P3	0.21	0.75	49.27	0.033	0.00	0.00	Open
Pipe P4	0.16	0.56	28.84	0.035	0.00	0.00	Open
Pipe P5	0.11	0.37	14.48	0.039	0.00	0.00	Open
Pipe P6	0.05	0.19	3.98	0.043	0.00	0.00	Open
Pipe P7	176.08	9.96	1167.13	0.035	0.00	0.00	Open
Pump PUMP1	0.21	0.00	-66.67	0.000	0.00	0.00	Open

Gambar 5.12 Kecepatan Pipa

(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

1

Dari hasil simulasi dengan program epanet versi 2.0 diperoleh hasil kecepatan aliran (*Velocity*) paling rendah 0,19 m/s dan paling besar 9,96 m/s.

b. Tekanan pada junction atau node

Node ID	Demand LPS	Head m	Pressure m	Quality
Junc N1	0.00	63.67	66.67	0.00
Junc N2	0.05	63.47	58.97	0.00
Junc N3	0.05	63.33	53.83	0.00
Junc N4	0.05	63.27	49.77	0.00
Junc N5	0.05	63.25	45.75	0.00
Resvr R1	175.86	-3.00	0.00	0.00
Resvr R2	-176.08	17.95	0.00	0.00

Gambar 5.13 Tekanan pada Junction

(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

Tekanan pada junction memiliki syarat < 700 kPa atau < 71,38 m, pada gambar memperlihatkan tekanan tertinggi pada permodelan terdapat pada junction N1 sebesar 66,67 m < 71,38 m, artinya maka tekanan yang terjadi pada setiap junction dapat diterima.

5.10 Infiltrasi Green-Ampt

Pembuatan sumur resapan pada penelitian ini bertujuan untuk menampung luapan debit banjir dikarenakan intensitas curah hujan sangat tinggi dapat memenuhi bahkan melebihi kapasitas rainwater harvesting, ketika permukaan air melebihi kapasitas maka sumur resapan ini akan menampung dan menyerap limpasan air yang berasal dari rainwater harvesting kedalam tanah, tentu hal ini dapat mengurangi resiko terjadinya banjir sekaligus mempertahankan dan meningkatkan tinggi permukaan air tanah. Analisis infiltrasi akan dilakukan menggunakan metode teori infiltrasi Green-Ampt. Teori infiltrasi Green-Ampt adalah teori infiltrasi yang digunakan untuk melakukan analisis volume limpasan dengan melakukan oendugaan kapasitas dan laju infiltrasi. Sebelum memperhitungkan nilai infiltrasi perlu diketahui nilai *incremental* yang didapat berdasarkan nilai intensitas yang diubah ke hujan jam jaman menggunakan teori kurva ABM. Kurva ABM (*Alternating Block Method*) adalah metode yang digunakan untuk menurunkan kurva IDF menjadi hyetograph. Perhitungan intensitas perlu dilakukan sebelum menghitung infiltrasi untuk durasi waktu yang direncanakan menggunakan teori intensitas mononobe, analisis direncanakan dalam jangka waktu 6 jam yang dibagi per 10 menit. Berikut merupakan contoh perhitungan kurva ABM untuk durasi waktu 10 menit.

$$X_{24} \text{ (curah hujan)} = 111,00 \text{ mm (hal. 66)}$$

$$\text{Durasi (t)} = 10 \text{ menit} = 0,166667 \text{ jam}$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \frac{24^m}{t}$$

$$= \frac{111}{24} \times \left(\frac{24}{0,166667} \right)^{2/3}$$

$$= 127,063 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Incremental} = \frac{I}{60} \times T$$

$$= \frac{127,063}{60} \times 10$$

$$= 21,177 \text{ mm}$$

Cumulative depth = 21,177 mm

Incremental depth = 21,177 mm

²⁰ Kajian distribusi hujan menggunakan metode ABM (Alternating Block Method) untuk membuat tampilan hyetograf berdasarkan kurva IDF. Pola pertambahan hujan (dalam blok) diurutkan berdasarkan seri waktu dengan intensitas hujan maksimum yang berada di tengah durasi hujan T_d , sedangkan blok sisanya kembali disusun berdasarkan urutan menurun bolak-balik di sisi kanan dan kiri blok tengah. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan analisis kurva ABM.

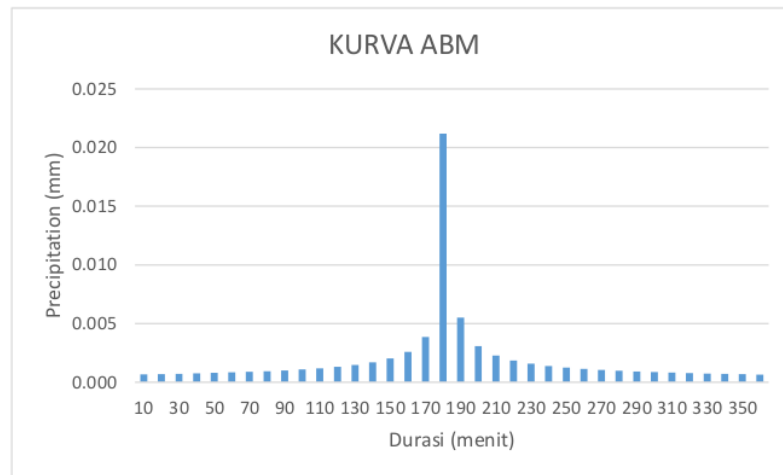
Tabel 5.29 Hasil Perhitungan Kurva ABM

T (min)	I	Cumulative Depth	Incremental	Incremental Depth	Time	Precipitation
	mm/jam	(mm)	(mm)	(mm)	min	(mm)
10	127.063	21.177	21.177	21.177	0 - 10	0.666
20	80.045	26.682	26.682	5.504	Oct-20	0.693
30	61.086	30.543	30.543	3.861	20 - 30	0.723
40	50.425	33.617	33.617	3.074	30 - 40	0.757
50	43.455	36.213	36.213	2.596	40 - 50	0.794
60	38.482	38.482	38.482	2.269	50 - 60	0.837
70	34.723	40.511	40.511	2.029	60 - 70	0.886
80	31.766	42.354	42.354	1.844	70 - 80	0.943
90	29.367	44.050	44.050	1.696	80 - 90	1.009
100	27.375	45.625	45.625	1.575	90 - 100	1.089
110	25.690	47.098	47.098	1.473	100 - 110	1.187
120	24.242	48.484	48.484	1.386	110 - 120	1.311
130	22.982	49.795	49.795	1.311	120 - 130	1.473
140	21.874	51.040	51.040	1.245	130 - 140	1.696
150	20.891	52.227	52.227	1.187	140 - 150	2.029
160	20.011	53.363	53.363	1.136	150 - 160	2.596
170	19.219	54.453	54.453	1.089	160 - 170	3.861
180	18.500	55.500	55.500	1.047	170 - 180	21.177
190	17.845	56.509	56.509	1.009	180 - 190	5.504
200	17.245	57.484	57.484	0.974	190 - 200	3.074
210	16.693	58.426	58.426	0.943	200 - 210	2.269
220	16.183	59.339	59.339	0.913	210 - 220	1.844

230	15.711	60.225	60.225	0.886	220 - 230	1.575
240	15.271	61.086	61.086	0.860	230 - 240	1.386
250	14.861	61.923	61.923	0.837	240 - 250	1.245
260	14.478	62.737	62.737	0.815	250 - 260	1.136
270	14.118	63.532	63.532	0.794	260 - 270	1.047
280	13.780	64.306	64.306	0.775	270 - 280	0.974
290	13.461	65.063	65.063	0.757	280 - 290	0.913
300	13.161	65.803	65.803	0.739	290 - 300	0.860
310	12.876	66.526	66.526	0.723	300 - 310	0.815
320	12.606	67.233	67.233	0.708	310 - 320	0.775
330	12.350	67.927	67.927	0.693	320 - 330	0.739
340	12.107	68.606	68.606	0.679	330 - 340	0.708
350	11.875	69.272	69.272	0.666	340 - 350	0.679
360	11.654	69.926	69.926	0.654	350 - 360	0.654

(sumber : Analisis Pribadi, 2023)

Berikut merupakan kurva dari hasil perhitungan kurva ABM.



Gambar 5.14 Kurva ABM
(sumber : Analisis Pribadi, 2023)

Selanjutnya dilakukan perhitungan infiltrasi menggunakan teori infiltrasi green-ampt seperti yang tertera pada halaman 25. Sebelum menghitung model infiltrasi Green-Ampt terlebih dahulu harus menentukan range nilai dari parameter tanah yang akan dijadikan lokasi penempatan tanki. Tiap tanah memiliki nilai yang berbeda-beda tergantung jenisnya, berikut adalah nilai dari tiap parameter dengan jenis tanah lempung.

Tabel 5.30 Parameter Tanah Lempung

Jenis Tanah	Porosity (n)	Effective Porosity (θ_e)	Effective Saturation (S_e)	Suction Head	Hydraulic Conductivity K (cm/hr)
Clay (Lempung)	0,475	0,385	0,155	31,63	0,03

(sumber : Chow et al, 1988)

Kemudian untuk mencari nilai $\Delta\theta$ menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta\theta &= (1 - S_e) \times \theta_e \\ &= (1 - 0,155) \times 0,385 \\ &= 0,325\end{aligned}$$

Hydraulic Conductivity (K) = 0,03 cm/jam = 0,005 mm/menit

Setelah mencari nilai $\Delta\theta$ selanjutnya adalah mencari nilai infiltrasi kumulatif untuk selang waktu 10 menit sebagai berikut:

a. Infiltrasi kumulatif (infiltration cumulative)

$$\begin{aligned}F(t) &= \psi\Delta\theta \ln\left(1 + \frac{F(t)}{\psi\Delta\theta}\right) + Kt \\ &= \psi\Delta\theta \ln\left(1 + \frac{F(t)}{\psi\Delta\theta}\right) + Kt \\ &= 31,63 \times 0,325 \times \ln\left(1 + \frac{F(t)}{31,63 \times 0,325}\right) + 0,005 \times 10\end{aligned}$$

$$F(t) = 10,28 \times \ln\left(1 + \frac{F(t)}{10,28}\right) + 0,05$$

Untuk nilai F(t) diasumsikan agar kedua sisi memiliki nilai yang sama, untuk asumsi F(t) yang digunakan adalah perkalian antara Hydraulic Conductivity dengan selang waktu, dengan nilai Hydraulic Conductivity sebesar 0,005 dan selang waktu 10 menit maka nilai F(t) diasumsikan sebesar 0,3.

$$0,05 = 10,28 \times \ln\left(1 + \frac{0,3}{10,28}\right) + 0,05$$

$$0,05 = 0,5066$$

$$\text{Selisih} = 0,05 - 0,5066 = -0,456 \text{ mm}$$

Karena nilai kedua sisi tidak sama maka dilakukan analisis *goal seek* untuk mencari nilai selisih menjadi 0 dan kedua sisi memiliki nilai yang sama yang dilakukan dengan mengubah nilai F(t) asumsi. Didapat nilai F(t) sebesar 0,5575.

b. Laju infiltrasi (infiltration rate)

$$f = K \left[1 + \frac{\psi \cdot \Delta\theta}{F(t)}\right]$$

$$= 0,005 \left[1 + \frac{31,63 \cdot 0,325}{0,5575} \right]$$
$$= 0,58 \text{ mm/menit}$$

Berikut merupakan tabel hasil analisis infiltrasi green-ampt selama durasi waktu hujan 6 jam atau 360 menit.

Tabel 5.31 Hasil Analisis Infiltrasi ¹⁰² Green-Ampt

Time (min)	Rainfall			Infiltration		Excess Rainfall	
	Incremental mm	Cumulative mm	Intensity mm/menit	Rate mm/menit	Cumulative mm	Cumulative mm	Incremental mm
0		0	0		0		
10	0.67	0.67	0.067	0.5832	0.5575	0.11	0.11
20	0.69	1.36	0.068	0.1352	2.9327	-1.57	-1.68
30	0.72	2.08	0.069	0.1351	2.9331	-0.85	0.72
40	0.76	2.84	0.071	0.1352	2.9327	-0.09	0.76
50	0.79	3.63	0.073	0.1351	2.9333	0.70	0.79
60	0.84	4.47	0.075	0.1351	2.9330	1.54	0.84
70	0.89	5.36	0.077	0.1352	2.9328	2.42	0.89
80	0.94	6.30	0.079	0.1352	2.9326	3.37	0.94
90	1.01	7.31	0.081	0.1351	2.9333	4.37	1.01
100	1.09	8.40	0.084	0.1351	2.9331	5.46	1.09
110	1.19	9.58	0.087	0.1351	2.9329	6.65	1.19
120	1.31	10.90	0.091	0.1352	2.9328	7.96	1.31
130	1.47	12.37	0.095	0.1352	2.9327	9.44	1.47
140	1.70	14.06	0.100	0.1352	2.9326	11.13	1.70
150	2.03	16.09	0.107	0.1351	2.9332	13.16	2.03
160	2.60	18.69	0.117	0.1351	2.9331	15.76	2.60
170	3.86	22.55	0.133	0.1351	2.9330	19.62	3.86
180	21.18	43.73	0.243	0.1351	2.9329	40.79	21.18
190	5.50	49.23	0.259	0.1352	2.9328	46.30	5.50
200	3.07	52.31	0.262	0.1352	2.9328	49.37	3.07
210	2.27	54.57	0.260	0.1352	2.9327	51.64	2.27
220	1.84	56.42	0.256	0.1352	2.9327	53.49	1.84
230	1.57	57.99	0.252	0.1352	2.9326	55.06	1.57
240	1.39	59.38	0.247	0.1351	2.9330	56.45	1.39
250	1.25	60.62	0.242	0.1351	2.9329	57.69	1.25
260	1.14	61.76	0.238	0.1351	2.9329	58.83	1.14
270	1.05	62.81	0.233	0.1352	2.9328	59.87	1.05
280	0.97	63.78	0.228	0.1352	2.9328	60.85	0.97
290	0.91	64.70	0.223	0.1352	2.9327	61.76	0.91
300	0.86	65.56	0.219	0.1352	2.9327	62.62	0.86
310	0.81	66.37	0.214	0.1352	2.9327	63.44	0.81
320	0.77	67.15	0.210	0.1352	2.9326	64.21	0.77
330	0.74	67.88	0.206	0.1352	2.9326	64.95	0.74
340	0.71	68.59	0.202	0.1352	2.9326	65.66	0.71
350	0.68	69.27	0.198	0.1352	2.9328	66.34	0.68
360	0.65	69.93	0.194	0.1352	2.9328	66.99	0.65

(sumber : Analisis Pribadi, 2023)

142 Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa dengan curah hujan yang ada, akan terjadi genangan yang di mulai dari selang waktu 180 menit sampai 360 menit. Dengan

tinggi genangan maksimal yang akan terjadi yaitu sebesar 21,18 mm dan ukuran *infiltration tank* yaitu 1,564 m x 10,14 m x 2,05 m.

101

5.11 Analisis Routing

Untuk memprediksi besarnya debit inflow yang masuk ke reservoir, diperlukan analisis routing. Selain itu analisis routing juga dilakukan untuk memastikan bahwa dimensi tanki infiltrasi yang direncanakan dapat merampung kelebihan air dari tanki rain water harvesting, analisis routing direncanakan menggunakan persamaan kontinuitas sebagai berikut.

Diketahui nilai intensitas terbesar adalah 0,262 m/min (tabel 5.31) yang diubah kedalam satuan m/jam yaitu sebesar $4,4 \times 10^{-6}$ m/s. Serta dimensi rencana tanki infiltrasi yaitu sebesar 1,564 m x 10,14 m x 2,05 m dan diameter pipa dari tanki rwhs menuju tanki infiltrasi berdiameter 150 mm.

$$\int \frac{d}{dt} \cdot \rho \, dv + \int \rho \, v \, dA = 0$$

$$\frac{d}{dt} (\rho \, v) + \int \rho \, v \, dA = 0$$

$$\rho \frac{dv}{dt} + v \frac{d\rho}{dt} + \int \rho \, v \, dA = 0$$

$$\rho \frac{dv}{dt} - (\rho \, v \, A)_1 - (\rho \, v \, A)_2 = 0$$

$$\frac{dv}{dt} = (v \, A)_1 - (v \, A)_2$$

$$15,86 \frac{dh}{dt} = 4,4 \times 10^{-6} \cdot \frac{1}{4} \pi \left(\frac{150}{1000} \right)^2 - (2,25 \times 10^{-6} \times 15,86)$$

$$\frac{dh}{dt} = -3,56 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

Dari hasil analisis didapat nilai perubahan tinggi terhadap waktu yaitu sebesar $-3,56 \times 10^{-5}$ m/s. Maka dapat disimpulkan bahwa dengan dimensi tanki infiltrasi yang direncanakan yaitu 1,564 m x 10,14 m x 2,05 m cukup untuk mencakup kelebihan air dari rain water harvesting.

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data yang dilakukan dan uraian pembahasan pada penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada perencanaan desain sistem RWH untuk catchment area menggunakan atap Gedung Fakultas Hukum seluas 1600,2 m². Conveyance system akan disambungkan dengan roof drain yang telah tersedia dan dialirkan menuju bak penampung dengan menggunakan pipa Galvanis berdiameter 150 mm, lalu bak air hujan sebesar 322,99 m³ menggunakan sigma tank terbuat dari Polypropylene (PP) dengan ukuran panjang 31,28 m; lebar 12,87 m; dan tinggi 0,82 m. Kemudian air dari tanki dialirkan kembali menuju saluran tiap lantai menggunakan pipa PVC diameter 76,2 mm. Penempatan bak penampung di bawah tanah tepat disisi kiri bangunan Gedung Fakultas Hukum Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Gedung Fakultas Hukum UNTIRTA kampus Sindangsari yang memiliki 610 jiwa membutuhkan air bersih sebesar 6699,21 m³/tahun. Sedangkan dengan luas atap sebesar 1600,2 m² hanya menghasilkan suplai air hujan sebanyak 922,65 m³/tahun. Sehingga dilakukan analisis kembali dan didapat jumlah kebutuhan 803,91 m³/tahun yang dapat tertutupi oleh suplai air yang ada atau sebesar 12% dari kebutuhan.
3. Berdasarkan perencanaan rain water harvesting system, potensi penghematan penggunaan air tanah di gedung Fakultas Hukum UNTIRTA Sindangsari akan berkurang sebesar 12%.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memiliki beberapa saran yang ditunjukkan kepada peneliti dimasa yang akan datang guna untuk memperoleh hasil yang lebih baik, antara lain sebagai berikut:

1. Untuk memperoleh data yang lebih baik dan akurat disarankan untuk menambah jumlah stasiun hujan dan panjang tahun yang ditinjau.
2. Membuat rencana anggaran biaya (RAB) untuk mengetahui besaran estimasi biaya apabila diterapkan pada lokasi studi.
3. Untuk Gedung lain di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa meliputi gedung fakultas ekonomi dan bisnis, gedung asrama putra, gedung perpustakaan, dan gedung perkuliahan maka penampungan air hujan dapat langsung direalisasikan mengacu kepada hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aska. (2018, May 23). *Arsitur Studio*. Retrieved from Arsitur.com: <https://www.arsitur.com/2018/05/cara-menghitung-kebutuhan-air-pada-bangunan.html>
- Ayatri, R., Fajar, M., & Zurfi, A. (2021). Perencanaan Sistem Pemanenan Air Hujan sebagai Alternatif Penyediaan Air Bersih Gedung Asrama TB 4 ITERA. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 93 - 101.
- Fajriyah, S. A., & Wardhani, E. (2020). Analisis Hidrologi untuk Penentuan Metode Intensitas Hujan di Wilayah Kecamatan Bogor Barat, Kota Bogor. *Serambi Engineering*, 900 - 913.
- Freni, G., Mannina, G., & Viviani, G. (2009). Stormwater Infiltration Trenches: a Conceptual Modelling Approach. *Water Sci Technology*, 185 - 199.
- Nadia, F., & Mardiyanto, M. A. (2016). Perencanaan Sistem Penampung Air Hujan Sebagai Salah Satu Alternatif Sumber Air Bersih di Rusunawa Penjaringan Sari Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 241 - 246.
- Noerbambang, Soufyan, & Takeo, M. (2005). *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Nurrohman, F., Paksi, S. W., Sangkawati, S., & Sugiyanto. (2015). Perencanaan Panen Air Hujan Sebagai Sumber Air Alternatif Pada Kampus Universitas Diponegoro. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 283 - 292.
- Kamadhayanti, N. R., & Helda, N. (2021). Analisis Potensi Pemanenan Air Hujan Dalam Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih di Kecamatan Banjarbaru Utara. *Jurnal Rivet*, 48 - 56.
- Robert, K., & Sugiyanto. (2002). *Banjir Beberapa Penyebab dan Metode*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.
- Rohmat, D., & Soekarno, I. (2006). Formulasi Efek Sifat Fisik Tanah terhadap Permeabilitas dan Suction Head Tanah (Kajian Empirik untuk Meningkatkan Laju Infiltrasi). *Jurnal Bionatura*, 1 - 9

- ⁶⁵ Santoso, N. D., Akmalah, E., & Irawati, I. (2017). Implementasi Konsep Green Campus di Kampus di Kampus Itenas Bandung Berdasarkan Kategori Tata Letak dan Infrastruktur. *Reka Rencana*, 139 - 150.
- ⁸⁶ Soemarto, C. (1987). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soemarto, C. D. (1995). *Hidrologi Teknik Edisi Ke - 2*. Jakarta: Erlangga.
- ²⁹ Soenarmo, S. H., Sadisun, I. A., & Saptohartono, E. (2008). Kajian Awal Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Pendugaan Potensi Tanah Longsor Berbasis Spasial di Kabupaten Bandung, Jawa Barat. *Geoaplika*, 133 - 141.
- ¹⁰⁸ Susilowati, & Hastiningrum. (2005). Prediksi Inflow Waduk Berdasarkan Outflow Menggunakan Persamaan Kontinuitas. *Media Teknik Sipil*, 79 - 84.
- ⁴⁶ Sutejo, Y., Saggaff, A., Hanafiah, I.C.Juliana, R.Dewi, A.Y.Kurnia, . . . R.K.Rustam. (2020). Penggunaan Ssistem Rain Water Harvesting (RWH) Untuk Memanen Air Hujan di era Normal Baru. *Avoer 12*, 674 - 678.
- ¹² Triatmojo, B. (1996). *Hidrolika II*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Upomo, T. C., & Kusumawardani, R. (2016). Pemilihan Distribusi Probabilitas Pada Analisa Hujan dengan Metode Goodness of Fit Test. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*, 139 - 148.
- ¹³⁶ Widarto. (1996). *Vertikultural Bercocok Tanam secara Bertingkat*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- ⁷ Akraobelittaqwa, A., Side, G. N., & Azmiyati, U. (2021). Rain Water Harvesting Sebagai Alternatif Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih. *Rain Water Harvesting Sebagai Alternatif Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih. Indonesian Journal of Engineering (IJE)*, 2(1), 52 - 64.
- ⁸¹ Cipolla, S. S., & Maglionico, M. (2018). Modelling rainwater harvesting and greywater reuse for tank size optimizations. *EPiC Series in Engineering*, 3, 460 - 469.
- ⁸ Ernawati, A. (2021). Penerapan Sumur Resapan Alir Hujan Sebagai Upaya Antisipasi Kekurangan Air Bersih di Desa Gereneng Kecamatan Sakra Timur Kabupaten Lombok Timur. *Sigma : Jurnal Teknik Sipil*, 1 - 11.
- ¹⁶ Fitriansyah, S. L., Wigati, R., & Kuncoro, H. B. (2021). Perencanaan Rainwater Harvesting System sebagai Implementasi Konsep Smart & Green Campus

- (Studi Kasus: Gedung Fakultas Hukum, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kampus Sindangsari. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*.
- 52 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), 29-39.
- 87 Littaqwa, A. A., Side, G. N., & Azmiyati, U. (2021). Rain Water Harvesting Sebagai Alternatif Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih. *Indonesian Journal of Engineering*, 52 - 64.
- 25 Pratama, N., Gunawan, A., & Besperi, B. (2014). Pemanenan Air Hujan Untuk Konservasi Air Tanah Melalui Sumur Resapan (Studi Kasus Perumahan di Daerah Hibrida I, II, dan IV Kota Bengkulu). *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 31 - 44.
- 16 Sabri, F., Wigati, R., & Kusuma, R. I. (2021). Perencanaan Rainwater Harvesting System sebagai Implementasi Konsep Smart & Green Campus (Studi Kasus: Gedung Asrama Putri, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kampus Sindangsari. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*.
- 75 Salim, N. (2017). Kajian Sistem Distribusi Air Bersih Untuk Bangunan Bertingkat Dengan Metode Epanet (Studi kasus: Kampus B Politeknik Negeri Jember). *Prosiding Sensei*, 1(1).
- 2 Sylviana, R., & Hendriyana, D. (2018). Perencanaan Teknis Pemanenan Air Hujan Terintegrasi dengan Sumur Resapan. *Bentang: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 6(1), 93 - 107.
- 2 Untirta. (2021). *Green Untirta*. (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa) Retrieved October 25, 2022, from <https://green.untirta.ac.id/air/>
- 37 Ainurrohmah, S., & Sudarti, S. (2022). Analisis Perubahan Iklim dan Global Warming yang Terjadi sebagai Fase Kritis. *Jurnal Phi; Jurnal Pendidikan Fisika dan Terapan*, 3(3), 1 - 10.
- 68 GreenMetric, U. (2022). *Ranking by Country 2021 - Indonesia*. (Universitas Indonesia) Retrieved 11 01, 2022, from <https://greenmetric.ui.ac.id/rankings/ranking-by-country-2021/Indonesia>

Cek Plagiarisme Catherina

ORIGINALITY REPORT

32%

SIMILARITY INDEX

31%

INTERNET SOURCES

9%

PUBLICATIONS

13%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

core.ac.uk

Internet Source

2%

2

www.researchgate.net

Internet Source

2%

3

repository.ub.ac.id

Internet Source

2%

4

eprints.untirta.ac.id

Internet Source

1%

5

repository.its.ac.id

Internet Source

1%

6

123dok.com

Internet Source

1%

7

unu-ntb.e-journal.id

Internet Source

1%

8

journal.ummat.ac.id

Internet Source

1%

9

jurnal.unismabekasi.ac.id

Internet Source

1%

10	vdokumen.com Internet Source	1 %
11	sipil.upi.edu Internet Source	1 %
12	docplayer.info Internet Source	1 %
13	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	1 %
14	pdfcoffee.com Internet Source	1 %
15	www.scribd.com Internet Source	1 %
16	jurnal.untirta.ac.id Internet Source	1 %
17	repository.unhas.ac.id Internet Source	<1 %
18	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1 %
19	lib.unnes.ac.id Internet Source	<1 %
20	media.neliti.com Internet Source	<1 %
21	Submitted to Universitas Musamus Merauke Student Paper	<1 %

22	dspace.uii.ac.id Internet Source	<1 %
23	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
24	www.kompas.com Internet Source	<1 %
25	ejournal.unib.ac.id Internet Source	<1 %
26	repository.umsu.ac.id Internet Source	<1 %
27	ejournal.uki.ac.id Internet Source	<1 %
28	repository.unej.ac.id Internet Source	<1 %
29	digilibadmin.unismuh.ac.id Internet Source	<1 %
30	teras.unimal.ac.id Internet Source	<1 %
31	digilib.uinsby.ac.id Internet Source	<1 %
32	jurnal.utu.ac.id Internet Source	<1 %
33	Submitted to Universitas Pamulang Student Paper	<1 %

34	elconindotechnicsolusi.id Internet Source	<1 %
35	Submitted to Trisakti University Student Paper	<1 %
36	lib.ui.ac.id Internet Source	<1 %
37	etd.repository.ugm.ac.id Internet Source	<1 %
38	lontar.ui.ac.id Internet Source	<1 %
39	repo.bunghatta.ac.id Internet Source	<1 %
40	questionnaire.greenmetric.ui.ac.id Internet Source	<1 %
41	Submitted to Universitas Pancasila Student Paper	<1 %
42	green.radenintan.ac.id Internet Source	<1 %
43	Puji Utomo, Annisa Mu'awanah Sukmawati, Algazt Aryad Masagala. "IMPLEMENTASI TEKNOLOGI PEMANENAN AIR HUJAN SEBAGAI ALTERNATIF PENYEDIAAN AIR BERSIH DI SD NEGERI LANTENG BARU", SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan, 2023	<1 %

44 eprints.itenas.ac.id <1 %
Internet Source

45 journal.unismuh.ac.id <1 %
Internet Source

46 ejournal.ft.unsri.ac.id <1 %
Internet Source

47 sorotan24.com <1 %
Internet Source

48 ejurnal.itenas.ac.id <1 %
Internet Source

49 repositori.unsil.ac.id <1 %
Internet Source

50 Cholilul Chayati, Dani Andhika P. <1 %
"PENGOLAHAN AIR HUJAN UNTUK
KEBUTUHAN AIR BERSIH DENGAN METODE
RAINWATER HARVESTING DI KAMPUNG
KRANGKENG KABUPATEN SUMENEP",
NAROTAMA JURNAL TEKNIK SIPIL, 2019
Publication

51 Submitted to Universiti Teknologi Petronas <1 %
Student Paper

52 ejurnal.bppt.go.id <1 %
Internet Source

53 Submitted to Universitas Bung Hatta

<1 %

54

iptek.its.ac.id

Internet Source

<1 %

55

jsal.ub.ac.id

Internet Source

<1 %

56

saintek.radenfatah.ac.id

Internet Source

<1 %

57

e-journal.uajy.ac.id

Internet Source

<1 %

58

e-journals.unmul.ac.id

Internet Source

<1 %

59

ejournal.unsrat.ac.id

Internet Source

<1 %

60

ft.unri.ac.id

Internet Source

<1 %

61

Muchamad Arif Budiyanto, Agung Prasetyo.
"EVALUASI KINERJA EMBUNG SONG BOLONG
SELOPAMIORO IMOIRI, BANTUL", CivETech,
2020

Publication

<1 %

62

pt.scribd.com

Internet Source

<1 %

63

repositori.buddhidharma.ac.id

Internet Source

<1 %

64	repository.ubb.ac.id Internet Source	<1 %
65	iopscience.iop.org Internet Source	<1 %
66	Dea Evantri, Muh. Yanuar J. Purwanto, Nora Pandjaitan, Roh Santoso Budi Waspodo. "The Dynamic Model of Water Balance in A Sub-Basin", Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering), 2023 Publication	<1 %
67	journal.admi.or.id Internet Source	<1 %
68	journal.iainkudus.ac.id Internet Source	<1 %
69	jurnal.likmi.ac.id Internet Source	<1 %
70	Dwisvimiar Dwisvimiar, Sulasno Sulasno. "Pendampingan Pengajuan Proses Permohonan Pendaftaran Kekayaan Intelektual (KI) Pada UKM Rosalie Shoes di Desa Sindangsari, Kecamatan Pabuaran Kabupaten Serang", BANTENESE : JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT, 2023 Publication	<1 %
71	ejurnal.its.ac.id Internet Source	<1 %

72	repo.polinpdg.ac.id Internet Source	<1 %
73	Submitted to Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Student Paper	<1 %
74	ejournal.lppmsttpagaralam.ac.id Internet Source	<1 %
75	repository.unmuhjember.ac.id Internet Source	<1 %
76	repository.usu.ac.id Internet Source	<1 %
77	serangkota.bps.go.id Internet Source	<1 %
78	repo.itera.ac.id Internet Source	<1 %
79	slideplayer.info Internet Source	<1 %
80	journal.unmasmataram.ac.id Internet Source	<1 %
81	Submitted to De Montfort University Student Paper	<1 %
82	Mickhael Franata Saragih. "Simulasi Pengendali Kecepatan Motor DC Seri Dengan	<1 %

Menggunakan Penyearah Terkendali Penuh Berbasis PSIM", Jurnal Minfo Polgan, 2022

Publication

83

repository.ar-raniry.ac.id

Internet Source

<1 %

84

repository.ump.ac.id

Internet Source

<1 %

85

repository.usd.ac.id

Internet Source

<1 %

86

rudyct.com

Internet Source

<1 %

87

Aria Dirawan, Wardatul Jannah. "Analisis Daya Dukung Ketersediaan Sumber Daya Air di Kawasan Desa Wisata Labuhan Aji Pulau Moyo Kab. Sumbawa", Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah, 2023

Publication

<1 %

88

Mega Arisia Dewi. "Pentingnya Financial Education dan Financial Knowledge terhadap Inklusi Keuangan Pada Era Fintech di Indonesia", Owner, 2022

Publication

<1 %

89

es.scribd.com

Internet Source

<1 %

90

journal.unilak.ac.id

Internet Source

<1 %

91	journal.widyatama.ac.id Internet Source	<1 %
92	repositori.uin-alauddin.ac.id Internet Source	<1 %
93	taratekkima.blogspot.com Internet Source	<1 %
94	Submitted to SDM Universitas Gadjah Mada Student Paper	<1 %
95	informatika.uc.ac.id Internet Source	<1 %
96	pdfcookie.com Internet Source	<1 %
97	repository.uma.ac.id Internet Source	<1 %
98	www.freepatentsonline.com Internet Source	<1 %
99	www.neliti.com Internet Source	<1 %
100	adoc.pub Internet Source	<1 %
101	docobook.com Internet Source	<1 %
102	it.scribd.com Internet Source	<1 %

103	savana-cendana.id Internet Source	<1 %
104	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	<1 %
105	Yusuf A. Adenle, Edwin H.W. Chan. "Exploring the utilisation of theoretical basis in existing campus sustainability appraisal tools", International Journal of Higher Education and Sustainability, 2021 Publication	<1 %
106	eprints.ubhara.ac.id Internet Source	<1 %
107	id.123dok.com Internet Source	<1 %
108	jurnal.narotama.ac.id Internet Source	<1 %
109	nurulfahimah23.blogspot.com Internet Source	<1 %
110	winarnisupardi.blogspot.com Internet Source	<1 %
111	www.arsitur.com Internet Source	<1 %
112	Submitted to Southville International School and Colleges Student Paper	<1 %

113	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	<1 %
114	Submitted to University of Malaya Student Paper	<1 %
115	Submitted to University of West Florida Student Paper	<1 %
116	repo.palcomtech.ac.id Internet Source	<1 %
117	eprints.umm.ac.id Internet Source	<1 %
118	eprints.ums.ac.id Internet Source	<1 %
119	repository.binadarma.ac.id Internet Source	<1 %
120	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
121	Rahmi Dianita, Afriani H, Henny H, A. Rahman Sy., Firmansyah Firmansyah. "Pengenalan Kelor (Moringa Oleifera) sebagai Sumber Pangan dan Pakan Fungsional di Kwt Melati Muaro Jambi, Jambi", Jurnal Kreativitas Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM), 2023 Publication	<1 %
122	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	<1 %

123	cantilever.unsri.ac.id Internet Source	<1 %
124	lsej.org.ua Internet Source	<1 %
125	mpba.ugm.ac.id Internet Source	<1 %
126	Suhermanto Agung Wibowo, I Dewa Made Subrata, Anjar Suprpto, Lisyanto Lisyanto. "DISAIN DAN PENGUJIAN SISTEM KENDALI SUHU ASAP KAYU KARET UNTUK MENINGKATKAN EFEKTIVITAS PEMBUATAN KARET SIT ASAP BERBASIS MIKROKONTROLLER", Jurnal Penelitian Karet, 2018 Publication	<1 %
127	ayu_ws.staff.gunadarma.ac.id Internet Source	<1 %
128	ejournal.unp.ac.id Internet Source	<1 %
129	ejurnal.untag-smd.ac.id Internet Source	<1 %
130	klikhijau.com Internet Source	<1 %
131	proceeding.sentrinov.org Internet Source	<1 %

132	repository.ukwms.ac.id Internet Source	<1 %
133	sumberbisnisdollar.blogspot.com Internet Source	<1 %
134	www.crownhill.co.uk Internet Source	<1 %
135	www.umsb.ac.id Internet Source	<1 %
136	Anindya Nailaiffa Aulia, Ova Candra Dewi. "Wastewater management optimization in the integrated teaching laboratory building", AIP Publishing, 2022 Publication	<1 %
137	Muhamad Yamin. "Analisis Kebutuhan Air Bersih di Kecamatan Narmada Lombok Barat", SainsTech Innovation Journal, 2021 Publication	<1 %
138	Submitted to Universitas Bangka Belitung Student Paper	<1 %
139	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
140	ft-sipil.unila.ac.id Internet Source	<1 %
141	insgreeb.ft.ugm.ac.id Internet Source	<1 %

142	repository.utu.ac.id Internet Source	<1 %
143	sipkp.ciptakarya.pu.go.id Internet Source	<1 %
144	www.essays.se Internet Source	<1 %
145	Fajar Hendrasto, Lambok Hutasoit, Syahril Badri Kusuma, Benyamin Sapiie. "PENERAPAN MODEL NRECA PADA DAERAH RESAPAN LAPANGAN PANASBUMI WAYANG WINDU, JAWA BARAT", Riset Geologi dan Pertambangan, 2018 Publication	<1 %
146	blogsainulh.wordpress.com Internet Source	<1 %
147	digilib.its.ac.id Internet Source	<1 %
148	idoc.pub Internet Source	<1 %
149	Budi Habibi, K Purne, M N Sultan, F Haidi, R Efendi, Dikpride Despa, Suharno Suharno. "KAJIAN KETERSEDIAAN AIR BAKU WAY ANDENG DI KECAMATAN BAKAUHENI, KABUPATEN LAMPUNG SELATAN", Jurnal Rekayasa Lampung, 2022 Publication	<1 %

150	<p>Eri Prawati, Leni Wulandari. "OPTIMASI DAERAH IRIGASI KB 6 DESA ADIREJO DAN SIDODADI KECAMATAN PEKALONGAN MENGGUNAKAN PROGRAM LINIER", TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi) : Jurnal Program Studi Teknik Sipil, 2023</p> <p>Publication</p>	<1 %
151	<p>Firza Amri, - Nurhayati. "KAJIAN PENYEDIAAN AIR BERSIH UNTUK MASYARAKAT TEPIAN SUNGAI KAPUAS DI KOTA PONTIANAK", Jurnal Teknik Sipil, 2017</p> <p>Publication</p>	<1 %
152	<p>Imas Gandasari, Oot Hotimah, Mieke Miyarsah. "Green Campus As a Concept in Creating Sustainable Campuses", KnE Social Sciences, 2020</p> <p>Publication</p>	<1 %
153	<p>Novia Nur Rohma. "Pendugaan Metode Ordinary Kriging", Jurnal Penelitian Ilmu Sosial dan Eksakta, 2022</p> <p>Publication</p>	<1 %
154	<p>repository.unpas.ac.id</p> <p>Internet Source</p>	<1 %

