

SKRIPSI

**PERANCANGAN PENAMPUNGAN AIR HUJAN
BAWAH TANAH UNTUK MENUNJANG
KEBUTUHAN AIR BERSIH**

Disusun dan diajukan oleh:

**A. NUR SYAHDI EKA SAPUTRA
D011 20 1093**



**PROGRAM STUDI SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

SKRIPSI

**PERANCANGAN PENAMPUNGAN AIR HUJAN
BAWAH TANAH UNTUK MENUNJANG
KEBUTUHAN AIR BERSIH**

Disusun dan diajukan oleh:

**A. NUR SYAHDI EKA SAPUTRA
D011 20 1093**



**PROGRAM STUDI SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PERANCANGAN PENAMPUNGAN AIR HUJAN BAWAH TANAH UNTUK MENUNJANG KEBUTUHAN AIR BERSIH

Disusun dan diajukan oleh

A. NUR SYAHDI EKA SAPUTRA
D011 20 1093

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 11 September 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, S.T., M.Eng
NIP. 196805292002121002

Menyetujui,
Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT.
NIP. 196410201991031002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : A. Nur Syahdi Eka Saputra

NIM : D011201093

Program Studi : Teknik Sipil

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Perancangan Penampungan Air Hujan Bawah Tanah Untuk Menunjang
Kebutuhan Air Bersih}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, Juli 2024

Yang Menyatakan


Syahdi Eka Saputra

KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala Rahmat, nikmat, karunia dan syafaat hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Perancangan Penampungan Air Hujan Bawah Tanah Untuk Menunjang Kebutuhan Air Bersih” yang merupakan salah satu persyaratan akademik untuk menyelesaikan Strata Satu pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Shalawat serta salam kami haturkan kepada baginda nabi besar Muhammad SAW yang telah diutus oleh-Nya

Penulis berterimakasih banyak kepada semua pihak yang telah mendukung dan membantu penulis selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini. Terkhusus kepada :

1. Bapak Prof Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., M.T., IPM., ASEAN.Eng. ., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. H. M Wihardi Tjaronge ST., M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, M.T. Selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa menjadi panutan dan sabar dalam membimbing penulis.
4. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan banyak ilmu, masukan dan tekanan sehingga penulis dapat banyak contoh dan belajar.
5. Bapak Ahmad Yani selaku Laboran Laboratorium Hidrolika, Ibu Tuti, dan Kak Rifaldi yang sangat banyak memberikan masukan dalam membantu penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf Laboratorium dan asisten Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua penulis, yaitu Bapak Nur Syamsul S.T., dan Ibunda St. Aisyah Umar S.T., atas segala Dukungan, Doa, Harapan, Masukan, dan Kepercayaan. Segala keringat serta air mata agar anaknya menjadi berguna di kehidupan kelak. Syahdi sangat sayang mama papa, Bahagia, sehat, dan tenang serta Panjang umur terus terus ya mama, papa
2. Adik penulis tercinta, tersayang, terlucu Syahnanda Dwi Putri yang selalu memberi semangat, harapan, doa, dukungan kepada kakanya yang sering buat kesal. Adik senantiasa bangga terhadap semua pencapaian penulis. Terimakasih banyak nandallong sayang
3. Keluarga besar Umar *family* dan keluarga C7 yang senantiasa memberi banyak dukungan baik moral, doa dan materi kepada penulis selama berkuliah di fakultas Teknik.
4. Seluruh teman seperjuangan selama berkuliah Entitas'21 Teknik Sipil Angkatan 2020 yang selama ini turut membantu dan memberikan warna baru didalam bab merah hitam kehidupan penulis. Segala kenangan, pengalaman, dan persaudaraan senantiasa akan di ingat oleh penulis. *Keep on Fighting Till The End, Now and Forever!!!*
5. Fatimahku saying yang senantiasa memberikan support, cerita, keseruan dan cinta kepada penulis yang akhirnya menjadi warna tersendiri dalam buku kehidupan penulis utamanya di perkuliahan. Bahagia terus ya sayang.
6. Teman-teman masa sekolah penulis, utamanya teman ambis Man 2 Kota Makassar, Rey, Zahe, Fikry, Dany, Yaumil, Ingry, Utami, Fathan.
7. Sahabat Residen Alauddin Mas yang penulis telah dianggap seperti saudara sendiri.
8. Posko KKNT PUPR Gowa Kelurahan bonto-bontoa dan seluruh orang yang terlibat didalamnya, terimakasih.

Penulis tidak memungkiri bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, dengan senang hati penulis berharap kritik dan saran yang membangun dari pembaca sebagai bahan sevaluasi agar kedepannya Tugas Akhir ini dapat menjadi lebih baik lagi.

Akhirnya Tugas Akhir ini telah diselesaikann dengan tepat waktu. semoga Allah SWT, melimpahkan berkat dan karunia-Nya kepada kita semua dan semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat, khususnya kepada penulis dalam bidang Teknik Sipil.

Gowa, 11 September 2024

Penulis

ABSTRAK

A. Nur Syahdi Eka Saputra *Perancangan Penampungan Air Hujan Bawah Tanah Untuk Menunjang Kebutuhan Air Bersih* (dibimbing oleh Prof. Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, M.T.)

Krisis iklim merupakan masalah serius yang disebabkan oleh perubahan iklim sehingga dapat mempengaruhi ketersediaan air bersih. Ilmu hidrologi sangat penting dalam perencanaan dan eksploitasi bangunan air untuk penggunaan air. Sebagai negara tropis, penggunaan air hujan sebagai salah satu alternatif sumber daya air bersih sangat potensial untuk diterapkan di Indonesia yang memiliki curah hujan tinggi. Air hujan memiliki potensi untuk dapat dimanfaatkan sebagai air bersih melalui konsep pemanenan air hujan. Salah satu hal penting dalam memenuhi kebutuhan air bersih adalah tampungan air hujan dan analisa jumlah air hujan yang dapat ditampung guna untuk memenuhi kebutuhan air bersih secara efektif utamanya selama musim kemarau.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil analisa jumlah air hujan yang dapat ditampung guna memenuhi kebutuhan air bersih utamanya selama musim kemarau dan mendapatkan desain penampungan air hujan bawah tanah untuk menunjang kebutuhan air bersih pada *sport hall* Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Hasil perancangan didapatkan bahwa penampungan air hujan bawah tanah dapat menunjang kebutuhan air bersih hingga 50% sebagai solusi mengoptimalkan air hujan agar dapat dimanfaatkan utamanya selama musim kemarau serta didapatkan ukuran desain untuk penampungan air hujan menggunakan data kebutuhan air minimum dengan dimensi tampungan Panjang 31 meter, lebar 30 meter dan tinggi 4 meter.

Kata Kunci : Penampungan, Air Hujan, Air Bersih

ABSTRACT

A. Nur Syahdi Eka Saputra Design of Underground Rainwater Catchment to Support Clean Water Needs (supervised by Prof. Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, M.T).

Climate crisis is a serious problem caused by climate change that can affect the availability of clean water. Hydrological science is very important in the planning and exploitation of waterworks for water use. As a tropical country, the use of rainwater as an alternative clean water resource is very potential to be applied in Indonesia which has high rainfall. Rainwater has the potential to be used as clean water through the concept of rainwater harvesting. One of the important things in meeting clean water needs is rainwater storage and analysis of the amount of rainwater that can be accommodated in order to effectively meet clean water needs especially during the dry season.

This study aims to get the results of the analysis of the amount of rainwater that can be accommodated to meet the needs of clean water especially during the dry season and get the design of underground rainwater reservoirs to support clean water needs at the sport hall of the Faculty of Engineering, Hasanuddin University. The design results obtained that underground rainwater reservoirs can support clean water needs until 50% as a solution to optimise rainwater so that it can be used especially during the dry season and obtain design sizes for rainwater reservoirs using minimum water demand data with storage dimensions 31 meters long, 30 meters wide and 4 meters high.

Keywords: Storage, Rainwater, Clean Water

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	1
DAFTAR ISI.....	3
DAFTAR GAMBAR	6
DAFTAR TABEL	7
DAFTAR GRAFIK	8
BAB I PENDAHULUAN	9
1.1 Latar Belakang	9
1.2 Rumusan Masalah	11
1.3 Tujuan Perancangan	11
1.4 Manfaat Perancangan	11
1.5 Asumsi Perancangan	11
1.6 Sistematika Penulisan.....	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1 Hidrologi.....	13
2.1.1 Pengertian Hidrologi.....	13
2.1.2 Siklus Hidrologi	15
2.2 Hujan	16
2.3 Sistem Pemanenan Air Hujan	19
2.3.1 Pengertian Sistem Pemanenan Air Hujan	19
2.3.2 Komponen Sistem Pemanenan Air Hujan.....	21
2.4 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rancangan	24
2.4.1 Distribusi Probabilitas.....	26
2.4.2 Pengujian Keselarasan	29
2.5 Intensitas Curah Hujan	30
2.6 Debit Rencana	32

2.7	Curah Hujan Andalan.....	35
2.8	Neraca Air	36
2.9	Hidrograf Kolam Tampung.....	37
BAB III METODOLOGI PERANCANGAN.....		38
3.1	Lokasi Perancangan.....	38
3.2	Variabel Perancangan.....	38
3.2.1	Daerah Tangkapan.....	38
3.2.2	Data Curah Hujan	39
3.2.3	Standar Perancangan.....	39
3.3	Teknik Pengumpulan Data.....	41
3.4	Teknik Analisis	42
3.5	Bagan Alir Perancangan	43
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		44
4.1	Kebutuhan Air Bersih	44
4.2	Luas Atap <i>Sport Hall</i> Fakultas Teknik.....	44
4.3	Talang Air.....	44
4.3.1	Analisis Hidrologi	45
4.3.2	Pengujian Kesesuaian Distribusi Curah Hujan.....	50
4.3.3	Curah Hujan Rencana	52
4.3.4	Intensitas Curah Hujan.....	53
4.3.5	Debit Rencana.....	56
4.3.6	Desain Talang.....	56
4.4	<i>Ground Reservoir</i>	59
4.4.1	Curah Hujan	59
4.4.2	Intensitas Curah Hujan.....	60
4.4.3	Suplai air hujan	61
4.4.4	Dimensi Penampungan.....	62
4.4.5	Simulasi Neraca Air	63
4.5	Analisis Hidrograf Tampung.....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		68
5.1	Kesimpulan	68

5.2	Saran	68
	DAFTAR PUSTAKA.....	69
	LAMPIRAN.....	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Siklus Hidrologi	15
Gambar 2. Tipe Hujan Menurut Cara Naiknya	18
Gambar 3. Lokasi Perancangan.....	38
Gambar 4. Talang Atap.....	57
Gambar 5. Drainase atas Tanah.....	57
Gambar 6. Gambaran umum skema pengaliran.....	57
Gambar 7. Layout Aliran.....	58
Gambar 8. Tampak Atas Penampungan Air Hujan Baawah Tanah	63
Gambar 9. Potongan Penampungan Air Hujan Bawah Tanah	63

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Standar Tersedia air bersih minimum.....	23
Tabel 2. Tabel Reduksi Frekuensi Gauss	27
Tabel 3. Syarat Penentuan Jenis Distribusi	29
Tabel 4. Koefisien aliran berdasarkan jenis permukaan lahan	34
Tabel 5. Ukuran Maksimum Talang pada proyeksi luas atap.....	40
Tabel 6. Ukuran perpipaan tegak air hujan berdasarkan proyeksi luas atap	41
Tabel 7. Curah Hujan Harian Maksimum	45
Tabel 8. Hasil Perhitungan Statistik untuk metode Gumbel dan Normal	46
Tabel 9. Hasil Parameter Statistik metode Log Normal dan Log Pearson.....	48
Tabel 10. Jenis Distribusi	49
Tabel 11. Perhitungan Uji Chi Kuadrat.....	51
Tabel 12. Perhitungan Uji Smirnov-Kolmonogorov	51
Tabel 13. Nilai Kala Ulang.....	53
Tabel 14. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana.....	53
Tabel 15. Perhitungan Intensitas Curah Hujan Maksimum	54
Tabel 16. Rekap Debit Rencana setiap periode ulang.....	56
Tabel 18. Intensitas Hujan Andalan	60
Tabel 19. Volume Suplai Andalan Satu Tahun	61
Tabel 20. Kebutuhan air bersih minimum tersedia setiap bulan	64
Tabel 21. Neraca Air Ground Reservoir.....	64
Tabel 22. Neraca Air Ground Reservoir Penggunaan 15 hari.....	66
Tabel 23. Analisis Hidrograf Kolam Tampung	67

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1. Intensitas Durasi Frekuensi.....	55
Grafik 2. Potensi Debit andalan yang diterima setiap bulan.....	62
Grafik 3. Grafik Ketersediaan Air pemakaian penuh.....	65
Grafik 4. Grafik Ketersediaan Air 15 hari.....	66
Grafik 5. Hidrograf Kolam Tampungan.....	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis iklim merupakan masalah serius yang disebabkan oleh perubahan iklim sehingga dapat mempengaruhi kehidupan melalui berbagai masalah. Perubahan iklim sangat berpengaruh terhadap siklus hidrologi. Bagi beberapa negara di dunia, krisis iklim berdampak pada kasus kekeringan yang sangat parah sehingga menyebabkan lebih dari 20 juta jiwa terdampak hal tersebut (Arohrawati., 2024).

Air hujan merupakan salah satu jenis air alami yang bersih dan tersedia melimpah pada musim penghujan. Terjadinya hujan tidak dapat terlepas dari proses presipitasi yang merupakan komponen siklus hidrologi. Siklus hidrologi tersebut menjaga volume air yang terdapat di dunia dalam keadaan tetap (Harto., 1993). Hal ini selaras dengan pernyataan (Zuliarti & Saptomo, 2021) bahwa hujan yang jatuh ke bumi baik langsung menjadi aliran permukaan maupun tidak langsung melalui vegetasi atau media lainnya akan membentuk siklus aliran air mulai dari tempat yang tinggi menuju ke tempat yang rendah, baik di permukaan tanah maupun di dalam tanah yang berakhir di laut. Terganggunya siklus ini dapat menyebabkan terjadinya gangguan pada sumber pemenuhan kebutuhan air.

Sebagai negara tropis, penggunaan air hujan sebagai salah satu alternatif sumber daya air sangat potensial untuk diterapkan di Indonesia dengan curah hujan yang tinggi. Berdasarkan pada meteorologi dan karakteristik geografis pemanenan air hujan, curah hujan tahunan di Indonesia mencapai 2263 mm yang cenderung terdistribusi secara merata sepanjang tahun tanpa ada perbedaan mencolok antara musim hujan dan musim kemarau (Song et al., 2009).

Air hujan memiliki potensi untuk dapat dimanfaatkan sebagai air bersih melalui konsep pemanenan air hujan. Salah satu langkah yang baik untuk mencegah kekurangan air baku yaitu dengan mewujudkan konsep sistem pemanenan air hujan (*Rainwater Harvesting*). Penerapan konsep sistem pemanenan air hujan (SPA) menjadi sangat populer dalam beberapa dekade terakhir. Konsep sistem pemanenan air hujan adalah Pengumpulan air hujan yang ditampung dalam sebuah tampungan

sehingga dapat kemudian dimanfaatkan (Silvia & Safriani, 2018). Menurut (Kurniawan et al, 2024) penggunaan air hujan melalui sistem penampungan air hujan (SPAH) dapat dimanfaatkan sebagai sumber air bersih pada musim kemarau, sehingga memberikan keuntungan finansial dalam penghematan biaya air.

Meskipun begitu, konsep pemanenan air hujan umumnya tidak diaplikasikan untuk diminum. Konsep pemanenan air hujan hanya digunakan untuk keperluan pemenuhan air bersih pada kebutuhan domestik dan non-domestik. Kelebihan air pada bak penampungan air hujan dapat disalurkan menuju sumur resapan sebagai cadangan air di waktu musim kemarau. Sistem pemanenan air hujan dari atap bangunan biasanya merujuk pada penggunaan penyiraman *water closet* (WC), penyiraman tanaman, metode sederhana dalam pengurangan kebutuhan air secara publik, dan sebagainya (Zuliarti & Saptomo, 2021).

Sebagai salah satu institusi pendidikan tinggi negeri terkemuka di Indonesia, Universitas Hasanuddin memiliki komitmen kuat untuk menerapkan konsep keberlanjutan dan lingkungan dalam berbagai aspek operasionalnya. Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang merupakan bagian dari universitas ini, saat ini sedang membangun gedung *Sport Hall* untuk pemenuhan kebutuhan olahraga mahasiswa dan memiliki kapasitas 3.800 kursi. Hingga tahun 2024 *sport hall* ini belum dapat digunakan. Gelanggang olahraga yang menampung banyak orang tentu memerlukan kebutuhan air yang cukup untuk mandi, cuci, penggelontor toilet dan lain-lain.

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan di atas maka penulis membuat sebuah perencanaan dan disusun dalam tugas akhir dengan judul **“PERANCANGAN PENAMPUNGAN AIR HUJAN BAWAH TANAH UNTUK MENUNJANG KEBUTUHAN AIR BERSIH”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka yang menjadi rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengoptimalkan air hujan agar dapat dimanfaatkan secara efektif utamanya selama musim kemarau?
2. Bagaimana mendesain penampungan air hujan bawah tanah untuk menunjang kebutuhan air bersih pada *sport hall* Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin?

1.3 Tujuan Perancangan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, tujuan yang ingin dicapai dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis jumlah air hujan yang dapat ditampung untuk memenuhi kebutuhan air bersih secara efektif utamanya selama musim kemarau.
2. Desain penampungan air hujan bawah tanah untuk menunjang kebutuhan air bersih pada *sport hall* Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

1.4 Manfaat Perancangan

Manfaat dari Perancangan ini adalah menyediakan desain tampungan air hujan bawah tanah untuk *sport hall* Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang dapat dimanfaatkan sebagai air bersih untuk kebutuhan *sport hall* Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

1.5 Asumsi Perancangan

Untuk memastikan kelancaran dalam mencapai tujuan yang diinginkan, penelitian ini dibatasi dengan parameter sebagai berikut :

1. Kualitas air hujan tidak diperhitungkan.
2. Air hujan hanya akan dimanfaatkan sebagai *nonpotable water* (penggolontor toilet, cuci, siram tanaman).
3. Struktur tampungan air hujan bawah tanah tidak diperhitungkan.

4. Sistem perpipaan yang direncanakan hanya meliputi sistem perpipaan dari area tangkapan hujan menuju tangki penampungan air hujan.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara keseluruhan, tulisan ini di susun dalam 5 (lima) bab yang meliputi Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metode Perancangan, Hasil pengujian dan Pembahasan, serta Kesimpulan dan Saran. Berikut adalah gambaran umum mengenai kandungan yang tercakup dalam setiap bab, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini terdiri atas latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup dan diakhiri dengan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini, menyajikan Kumpulan informasi, konsep, teori, temuan penelitian sebelumnya, atau kerangka pemahaman yang menjadi dasar atau landasan bagi penelitian yang akan dilakukan

BAB III METODE PERANCANGAN

Bab ini membahas mengenai waktu dan lokasi penelitian, tahap demi tahap prosedur pelaksanaan penelitian, Teknik pengumpulan data, serta tata cara pengolahan data hasil penelitian, termasuk juga kerangka perancangan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil analisis perhitungan data-data yang diperoleh dan hasil perancangan. Serta pembahasan dari hasil perancangan yang diperoleh

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan menerangkan tentang kesimpulan serta saran yang diperlukan untuk perancangan lebih lanjut dari tugas Akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hidrologi

2.1.1 Pengertian Hidrologi

Menurut *International Glossary of Hidrologi*, 1974 dalam (Seyhan., 1977) Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan agihnya, sifat-sifatnya baik kimia dan fisika, hubungan dengan lingkungan terutama dengan makhluk hidup.

Hidrologi adalah suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran dan gerakan air di seluruh alam. Hal ini meliputi berbagai bentuk air yang menyangkut perubahan-perubahan antara keadaan cair, padat dan gas dalam atmosfer baik itu di atas dan di bawah permukaan tanah. Didalam hidrologi tercakup air laut yang merupakan sumber daya dan penyimpanan air yang mengaktifkan penghidupan di planet bumi. Ilmu hidrologi sangat penting dalam perencanaan dan eksploitasi bangunan air untuk penggunaan air, terutama yang mengatur aliran sungai, pembuatan waduk-waduk dan saluran-saluran irigasi (Soemarto., 1987)

Hidrologi merupakan ilmu yang menjadi dasar dari pengelolaan sumber daya air secara terencana yang digunakan untuk rekayasa air, irigasi, pengendalian banjir, drainase, tenaga air, dan sebagainya. Menurut Triatmodjo, B., (2008), ilmu hidrologi dapat dimanfaatkan untuk beberapa kegiatan berikut :

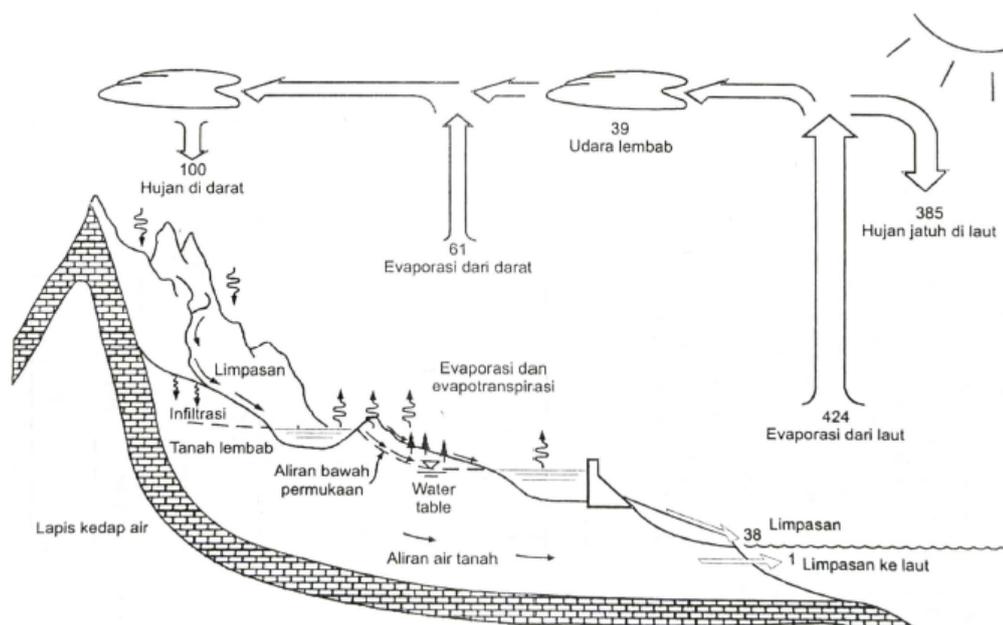
1. untuk memperkirakan besarnya banjir yang ditimbulkan hujan deras. Sehingga dapat direncanakan bangunan bangunan pengendali banjir (tanggul, saluran drainase, dsb.)
2. memperkirakan jumlah air yang dibutuhkan oleh suatu jenis tanaman, sehingga dapat direncanakan untuk memenuhi kebutuhan tanaman tersebut.
3. Memperkirakan jumlah air yang tersedia di suatu sumber air. Sehingga dapat direncanakan bangunan untuk pemanfaatan kembali (air untuk keperluan sehari-hari, industri, perdagangan, dsb).

Dalam buku (Seyhan., 1977) hidrologi memiliki hubungan dengan berbagai disiplin ilmu, diantaranya :

1. Meteorologi : Ahli hidrologi dan meteorologi berkepentingan dalam mengkaji proses proses atmosfer dalam hal ini klimatologi.
2. Rekayasa : Salah satu ilmu dasar pengelolaan air adalah hidrologi dan penerapan praktisnya (rekayasa air). Hidrometri (pengukuran kedalaman dan debit sungai) merupakan subjek yang berkaitan dengan insinyur air dan hidrologi.
3. Rekayasa pertanian : Dalam merancang, Menyusun, dan mengerjakan sistem irigasi dan drainase, perlindungan lahan pertanian terhadap erosi, pengaturan mata rantai air yang kecil dan Reklamasi lahan, hidrologi merupakan salah satu subjek yang utama bagi insinyus pertanian.
4. Ilmu tanah : Masalah-masalah dalam keragaman infiltrasi dan lengas tanah menjadi perhatian hidrolog dan ilmuwan tanah.
5. Kehutanan : Drainase tanah hutan, transpirasi, intersepsi, dan lain-lain, merupakan topik-topik yang berkaitan.
6. Geologi : Untuk penelitian-penelitian air tanah. Hidrogeologi adalah pengkaji air tanah oleh geology. Geohidrologi adalah pengkaji air tanah oleh hidrolog.
7. Geofisika : Dalam kaitannya dengan eksploirasi bawah tanah, geofisika merupakan topik penting dalam hidrologi.
8. Rekayasa penyehatan : Topik-topik seperti drainase hujan menjadi perhatian insinyur penyehatan dan hidrolog.
9. Statistik : Tempat statistik dalam hidrologi adalah yang terpenting dengan kaitannya dalam analisis statitik dan hidrolog.
10. Geografi fisika : Dimana saja pada permukaan lahan di muka buka, air menjadi bagian bentang lahan dan tampak pada sungai, danau, gletser, atau tanah dan dalam tanah (air tanah).

2.1.2 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah suksesnya tahapan yang di lalui air dari atmosfer ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer. Awan terbentuk dari evaporasi tanah atau laut lalu kondensasi membentuk awan, presipitasi, akumulasi di dalam tanah maupun tubuh air, dan evaporasi kembali. (Seyhan., 1977)



Gambar 1. Siklus Hidrologi

Sumber : (Triatmodjo, B., 2008)

Siklus hidrologi merupakan suatu rangkaian proses yang terjadi baik itu penguapan, presipitasi, infiltrasi, dan pengaliran terhadap air. Penguapan terdiri dari evaporasi dan transpirasi yang nantinya membentuk awan dan turun menjadi air hujan sebagai bentuk transpirasi. Secara alami, air mengalir dari daerah yang tinggi ke daerah yang rendah. Aliran ini disebut aliran permukaan tanah karena bergerak diatas muka tanah. Aliran air akan memasuki daerah tangkapan atau daerah aliran menuju sistem jaringan sungai sistem danau ataupun sistem waduk. (Soewarno., 2000)

Menurut (Triatmodjo. B., 2008) Air dari permukaan tanah, sungai, danau, dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak naik ke atmosfer yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air berbentuk

awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan bumi dan laut.

Daur atau siklus hidrologi adalah Gerakan air laut ke udara, yang kemudian jatuh ke permukaan tanah lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi lain dan akhirnya mengalir ke laut kembali. Intensitas dan frekuensi daur tergantung pada keadaan dan iklim yang mana hal ini merupakan akibat adanya matahari yang berubah-ubah letaknya terhadap bumi sepanjang tahun. (Soemarto., 1987)

Dalam konsep sistem, bila kita memandang suatu sistem yang mengalir yang dapat diterapkan pada suatu daerah aliran sungai, maka akan nampak bahwa struktur dari sistem ini adalah masukan lalu struktur sistem dan keluaran. Daerah aliran sungai yang merupakan lahan total dan permukaan air yang dibatasi suatu batas topografi yang dengan salah satu cara memberikan sumbangan terhadap debit suatu sungai pada suatu irisan melintang tertentu. (Seyhan., 1977)

2.2 Hujan

Hujan adalah bagian dari siklus atau daur hidrologi yang terjadi karena Gerakan air laut ke udara basah yang naik ke atmosfer kemudian jatuh lagi (Soemarto., 1987). Naiknya air sebagai akibat panas dari matahari yang prosesnya disebut sebagai penguapan. Air yang memberi hidup kepada tanaman beberapa diantaranya naik ke atas lewat akar, batang dan daunnya. Penguapan terjadi pada semua tanaman yang disebut transpirasi. Naiknya udara dapat terjadi secara siklonik, orografik dan konventif.

Presipitasi merupakan proses turunnya hujan dari atmosfer ke permukaan bumi yang bisa berupa hujan, hujan salju, kabut, embun dan hujan es. Di daerah tropis, termasuk Indonesia, yang memberikan sumbangan paling besar adalah hujan. sehingga seringkali hujan yang dianggap sebagai presipitasi. Menurut (Soemarto., 1987) Air laut menguap karena adanya radiasi matahari, dan awan yang terjadi oleh uap air yang menyebabkan awan bergerak diatas daratan dikarenakan angin.

Adanya tabrakan uap air akibat desakan angin menghasilkan presipitasi yang dapat berbentuk hujan atau salju yang jatuh ke bumi membentuk limpasan

(*run-off*) yang mengalir kembali ke laut dan sebagian masuk terinfiltrasi ke dalam tanah.

Diantara jenis presipitasi, hujan adalah yang paling biasa di ukur. Jumlah air yang jatuh ke bumi dapat di ukur dengan menggunakan alat ukur. Distribusi hujan dapat diketahui dengan mengukur hujan di beberapa Lokasi pada daerah yang ditinjau. Sedangkan distribusi waktu dapat diketahui dengan mengukur hujan sepanjang waktu (Triatmodjo. B., 2008).

Jumlah air hujan yang jatuh di permukaan bumi dapat di ukur dengan menggunakan alat penakar hujan hujan merupakan sumber dari semua air yang mengalir di sungai dan di dalam tampungan baik di atas maupun di bawah permukaan tanah (Triatmodjo. B., 2008).

Jumlah hujan yang jatuh di permukaan bumi dinyatakan dalam kedalaman air (biasanya mm), yang dianggap terdistribusi secara merata pada seluruh daerah tangkapan air. Intensitas hujan adalah jumlah curah hujan dalam suatu satuan waktu, yang biasanya dinyatakan dalam mm/jam, mm/hari, mm/minggu, mm/bulan, mm/tahun, dan sebagainya; yang berturut-turut sering disebut hujan jam-jaman, harian, mingguan, bulanan, tahunan, dan sebagainya. Durasi hujan adalah waktu yang dihitung dari saat hujan mulai turun sampai berhenti, yang biasanya dinyatakan dalam jam. Intensitas hujan rerata adalah perbandingan antara kedalaman hujan dan durasi hujan.

Ada beberapa tipe hujan dibedakan menurut cara naiknya ke atas, yaitu sebagai berikut:

a. Hujan Konvektik

Di daerah tropis pada musim kemarau, udara mengalami pemanasan intensif yang menyebabkan udara basah yang berada di dekat permukaan tanah naik ke atas dan mengalami pendinginan sehingga terjadi kondensasi yang menyebabkan hujan. Biasanya hujan konvektif bersifat setempat, durasi singkat namun mempunyai intensitas relatif tinggi.

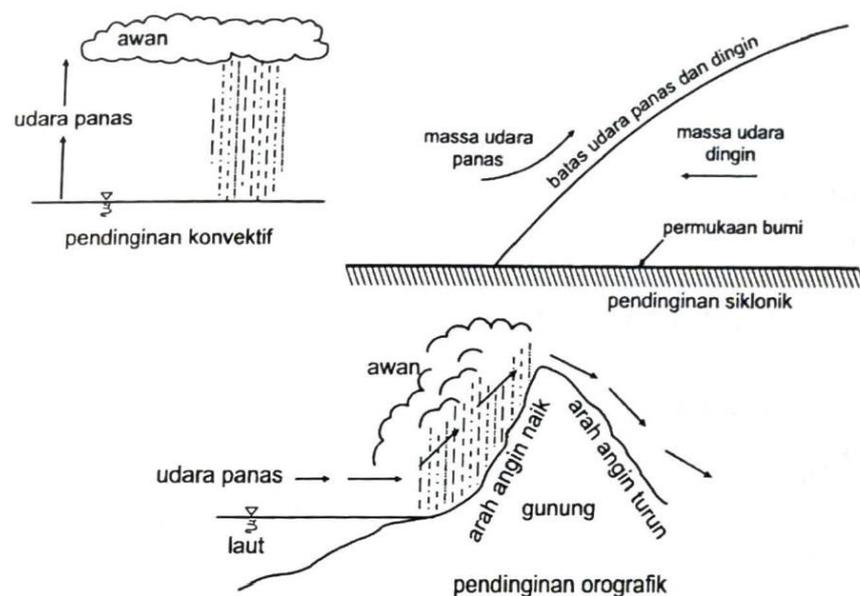
b. Hujan Siklonik

Jika massa udara dingin yang relatif lebih berat bertemu dengan massa udara panas yang relatif ringan, maka udara panas tersebut akan

bergerak di atas udara dingin. Udara panas yang bergerak keatas akan mengalami pendinginan sehingga terjadi kondensasi dan terbentuk awan dan hujan. hujan siklonik terjadi bersifat tidak terlalu lebat namun berlangsung dengan durasi lama.

c. Hujan Orografis

Udara lembab yang tertiuip angin dan melintasi daerah pegunungan akan naik dan mengalami pendinginan. Sisi gunung yang di lalui oleh udara tersebut banyak mendapatkan hujan disebut lereng hujan. sedangkan sisi belakang yang dilalui oleh udara kering (uap air telah menjadi hujan di lereng hujan) disebut lereng bayangan hujan. Daerah tersebut tidak permanen dan dapat berubah tergantung musim, hujan seperti ini terjadi di daerah pegunungan (Hulu DAS) yang merupakan pemasok air tanah, danau, bendungan, dan Sungai.



Gambar 2. Tipe Hujan Menurut Cara Naiknya

(Sumber : Triatmodjo, B., 2008)

2.3 Sistem Pemanenan Air Hujan

2.3.1 Pengertian Sistem Pemanenan Air Hujan

Sistem pemanenan air hujan (*rainwater harvesting*) merupakan sebuah upaya untuk memanfaatkan air hujan yang ada untuk kebutuhan lainnya. Dalam siklus hidrologi saat air hujan jatuh ke permukaan bumi, sebagian masuk ke dalam tanah, sebagian menjadi aliran permukaan (*run-off*) dan sebagian besar masuk ke sungai yang akhirnya bermuara ke laut. Sistem pemanenan air hujan (PAH) merupakan teknologi dengan prinsip dasar mengalirkan air hujan yang berasal dari atap bangunan melalui talang air untuk ditampung kedalam tangki penampung sebagai media tampungan sehingga nanti dapat dimanfaatkan kembali (Sylviana Rika & Dede Hendriyana, 2018).

Prinsip dasar konservasi air adalah mencegah atau meminimalisir air yang hilang sebagai aliran permukaan (*run-off*) dan menyimpannya semaksimal mungkin ke dalam tubuh bumi. Atas dasar prinsip ini maka curah hujan yang berlebihan pada musim hujan tidak dibiarkan mengalir ke sungai, tanah, atau laut. Akan tetapi ditampung kembali dalam suatu wadah yang memungkinkan air dapat dimanfaatkan kembali. Pemanfaatan air hujan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain curah hujan dan luas atap bangunan.

Dilihat dari ruang lingkup implementasinya, teknik ini dapat digolongkan menjadi 2 (dua) kategori, yaitu :

1. Teknik pemanenan air hujan (PAH) dengan atap bangunan (*rooftop rain water harvesting*). dan
2. Teknik pemanenan air hujan (dan aliran permukaan) dengan bangunan reservoir seperti dam, parit, embung, kolam, waduk, dan sebagainya.

Perbedaan dari kategori tersebut terdapat pada lingkup implementasinya, dimana kategori atap implementasinya adalah pada skala kecil seperti rumah dan gedung. Sedangkan kategori yang kedua skalanya lebih luas, biasanya untuk suatu lahan pemukiman atau perkotaan baik dalam satu daerah aliran sungai (DAS) ataupun sub das. Sistem pemanenan air hujan (SPA) dengan memanfaatkan atap

bangunan umumnya merupakan alternatif dalam memperoleh sumber air bersih yang berguna untuk kebutuhan manusia. (Embongbulan et al., 2023)

Sistem *Rainwater Harvesting* umumnya terdiri dari 3 (tiga) komponen dasar yaitu atap sebagai media penangkap air hujan, talang sebagai penyalur air hujan dari atap, dan bak penyimpanan (*Reservoir*) sebagai tangki air untuk menyimpan air hingga terpakai. Suplai air hujan untuk kebutuhan dipengaruhi Jumlah air yang dapat ditampung oleh atap bangunan sebagai area tangkapan.

Di Singapura tepatnya pada Nanyang Technological University Campus penggunaan air bersih dapat ditekan sebesar 12,4 % karena air bersih untuk penyiraman toilet digantikan oleh air hujan. sedang studi di beberapa kota di Australia menyebutkan penggunaan air hujan dapat menghemat air bersih sampai 29,9 % (Perth) dan 32% (Sydney) (Zang et al., 2009). Di Jordan Pemanfaatan air hujan oleh penduduk sebagai alternatif sumber air bersih dapat mengurangi pemakaian air (*potable water*) hingga 19,7%. Selain itu, air hujan digunakan untuk keperluan minum, masak, perawatan taman, kebersihan di dalam dan di luar rumah. Untuk keperluan makan dan minum tentu membutuhkan pengolahan lebih lanjut walaupun tidak terlalu rumit (Abdulla et al., 2009).

Menurut (Isfandyari & Astuti, 2013) ada beberapa kelebihan dan kekurangan pemanfaatan air hujan antara lain sebagai berikut:

- a) Kelebihan dalam pemanfaatan air hujan yaitu:
 1. Menyediakan ketersediaan air bersih atau cadangan air untuk kebutuhan utamanya pada musim kemarau.
 2. Mengurangi limpasan yang terjadi agar tidak terjadi genangan di area yang mengakibatkan banjir.
 3. Dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari.
- b) Kekurangan dalam system pemanenan air hujan.
 1. Biaya pembuatan cukup mahal.
 2. Perlu dilakukan perawatan secara berkala agar kualitas air hujan sesuai kebutuhan yang diinginkan
 3. Melakukan perawatan pada talang agar tidak terjadi hambatan saat air hujan.

2.3.2 Komponen Sistem Pemanenan Air Hujan

Sistem penampungan air hujan (SPA) merupakan salah satu bagian dari konservasi sumber daya air. Tujuan konservasi sumber daya air yaitu untuk mencegah banjir dan kekeringan, erosi, sedimentasi, banjir dan kuantitas air tanah. Sistem penampungan air hujan (SPA) umumnya terdiri dari beberapa sistem, yaitu tempat menangkap hujan (*collection area/catchment area*), saluran air hujan yang mengalirkan air hujan dari tempat menangkap hujan ke tangki penyimpanan (*conveyance*), tampungan penyimpanan (*reservoir*), saluran pembuangan, dan pompa (Abdulla et al., 2009).

Menurut Maryono, A., (2016) dalam (Silvia, C., 2018) perhitungan suplai air hujan diperlukan untuk mengetahui volume air hujan yang bisa ditampung dengan rumus:

$$Q = A \times R_{24} \times F$$

Dimana :

S = Suplai air hujan yang dapat diterima (m³)

A = Luas atap bangunan (m²)

R₂₄ = Tinggi curah hujan (mm)

F = Koefisien (0,95)

a. Talang

Talang air adalah suatu bagian yang mempunyai fungsi sebagai media aliran air yang terdapat disekitar atap. Talang air mempunyai banyak bentuk dan aliran yang berbeda, sehingga pemakaiannya tergantung kebutuhan dan kondisi. Talang air mempunyai banyak bentuk dan aliran yang berbeda, sehingga pemakaiannya tergantung kebutuhan dan kondisi. Talang air penampang terbuka dapat berbentuk persegi, trapesium dan setengah lingkaran.

Berdasarkan bahan yang dipakai, talang air bisa dibedakan menjadi :

1. Seng

Seng merupakan bahan yang banyak digunakan sebagai talang. Selain mudah untuk dibentuk, seng juga memiliki ketahanan yang cukup baik dengan harga yang relatif terjangkau.

2. Beton

Beton merupakan campuran dari agregat, air dan semen yang membentuk konstruksi rapat sehingga tahan terhadap air. Dengan sifatnya yang kokoh, membuat beton kerap menjadi pilihan bahan talang air. Namun dalam pembuatannya perlu pengawasan yang ketat, serta memperkirakan berat talang pada atap.

3. Pipa

Pipa menjadi pilihan umum sebagai talang sebab bentuk dan fungsi sebagai pengalir air yang diketahui orang. dengan harga dan Panjang yang cukup sehingga jadi pilihan.

Koefisien *runoff* didefinisikan sebagai nisbah aliran antara puncak limpasan terhadap intensitas hujan. Faktor utama yang memengaruhi koefisien aliran adalah laju infiltrasi tanah atau persentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan (Henri dan Achmad 2015). Koefisien *runoff* menyumbang kehilangan air akibat benturan, penguapan, kebocoran, dan meluap. Menurut McCuen (1998) didalam (Zuliarti & Saptomo., 2021) koefisien *runoff* pada atap berkisar antara 0,75 – 0,95.

b. Ground Reservoir

Ground Reservoir adalah tampungan air yang dibangun di bawah permukaan tanah. *Ground reservoir* berfungsi menampung air hujan yang dialirkan oleh talang sebagai pengalir. Perencanaan volume bak penampung ditentukan dengan kesetimbangan antara daerah tangkapan air (*catchment area*) dan tinggi curah hujan sebagai suplai. Jenis penampungan air hujan bawah tanah yang umum digunakan adalah *concrete tank* karena Jenis ini memiliki sifat tahan lama dan permanen tetapi memiliki perawatan yang cukup rumit (Krishna., 2005).

Kebutuhan air yang dipergunakan untuk keperluan (*demand*) adalah suplai air hujan yang ditentukan dengan rumus penentuan volume air hujan. Penentuan

total kebutuhan air bulanan dapat dijadikan dasar sebagai penentuan volume tampungan. menggunakan rumus :

$$Dm = n \times Dd \times Nm$$

Dimana :

Dm = Total kebutuhan air bulanan (Liter)

n = Jumlah Pengguna air

Dd = Kebutuhan air bersih harian (Liter/kursi)

Nm = Jumlah hari tiap bulan

Menurut SNI 03-7065-2005 tentang persyaratan kualitas air bersih minimum berdasarkan penggunaan gedung adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Standar Tersedia air bersih minimum

NO	Penggunaan Gedung	Pemakaian Air	Satuan
1	Rumah Tinggal	120	Liter/penghuni/hari
2	Rumah Susun	100	Liter/penghun/hari
3	Asrama	120	Liter/Penghuni/hari
4	Rumah sakit	500	Liter/tempat tidur pasien/hari
5	Sekolah dasar	40	Liter/siswa/hari
6	SLTP	50	Liter/siswa/hari
7	SMU/SMK/lebih tinggi	80	Liter/siswa/hari
8	Ruko/Rukan	100	Liter/penghuni/hari
9	Kantor/Pabrik	50	Liter/pegawai/hari
10	Restoran	15	Liter/kursi
11	Hotel/Penginapan	250	Liter/tempat tidur/hari
12	Gedung pertunjukan	10	Liter/kursi
13	Gedung Serba guna	25	Liter/kursi
14	Stasiun, Terminal	3	Liter/penumpang
15	Peribadatan	5	Liter/orang

Sumber : (SNI 03-7065-2005)

Kebutuhan air minimum diperkirakan dengan menggunakan nilai pemakaian air per hari per orang sesuai dengan penggunaan gedung yang

direncanakan. Menentukan volume bak penampungan harus seimbang antara kebutuhan pengguna, dan suplai air hujan. Perhitungan volume bak penampungan dapat dilakukan menggunakan persamaan :

$$V = S - B$$

Dimana :

V = Volume bak penampungan (m³)

S = Suplai air hujan yang dapat ditangkap (m³)

B = Kebutuhan air minum dalam satu bulan (m³)

Adapun jenis penampungan yang umum digunakan untuk penampungan air hujan, yaitu *Concrete tank*/ferro semen, jenis ini memiliki sifat tahan lama dan permanen tetapi memiliki perawatan yang cukup rumit, pemasangan bata tidak memerlukan biaya yang cukup mahal, pengerjaan lama, mudah dibuat, cenderung boros dalam penggunaan material perekatnya, menyerap panas saat panas dan menyerap dingin saat dingin.

Selain itu ada *Fiberglass Reinforced Plastic*, jenis ini memiliki sifat yang mempunyai daya tahan yang cukup lama, dan jenis tanki ini cukup kuat terhadap korosi, kekurangannya yaitu jenis ganggang akan lebih mudah bertumbuh didalam bak. Untuk konstruksi dudukan tanki jenis fibreglass dapat ditempatkan diatas konstruksi besi dan konstruksi beton. (Isfandyari & Astuti., 2013).

2.4 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rancangan

Analisis frekuensi adalah suatu analisis data hidrologi dengan menggunakan statistika yang bertujuan untuk memprediksi suatu besaran hujan atau debit dalam kala ulang tertentu. Frekuensi hujan adalah besaran hujan atau debit disamai atau dilampaui (Harto., 1993).

Sedangkan kala ulang (*return periode*) diartikan sebagai waktu dimana hujan dengan suatu besaran tertentu dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut. Dalam hal ini tidak berarti selama jangka waktu ulang tertentu hanya sekali terjadi kejadian yang menyamai atau melampaui tahun tersebut (misal T tahun). Tetapi merupakan

perkiraan bahwa hujan atau debit tersebut akan disamai atau dilampaui K kali dalam jangka waktu X tahun, Dimana K/X kira-kira sama dengan 1/T (Harto., 1993).

Analisis Frekuensi dapat diterapkan untuk debit Sungai atau data hujan. data yang digunakan adalah data debit atau data hujan terbesar (maksimum) yang terjadi selama satu tahun terukur selama beberapa tahun. Analisis frekuensi dilakukan pada seri data yang berasal dari curah hujan. secara sistematis, tahapan analisis frekuensi diurut dengan menganalisa parameter statistik, distribusi probabilitas kontinyu atau jenis sebaran, dan pengujian kecocokan sebaran. Pengukuran disperse meliputi perhitungan nilai rata-rata, standar deviasi, koefisien kemencengan, koefisien kurtosis, dan koefisien variasi (Gunawan et al., 2023).

Parameter statistik untuk menentukan macam analisa frekuensi yang dipakai adalah:

- a. Standar Deviasi (Sd)

$$S = \sqrt{\frac{\sum(Xi - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Dimana :

S = Standar deviasi

Xi = Nilai Varian ke i

\bar{X} = Nilai rata-rata Varian

n = Jumlah data

- b. Koefisien Kemencengan/Skewness (Cs) dihitung menggunakan persamaan:

$$Cs = \sqrt{\frac{n \sum(x - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)sd^3}}$$

Dimana :

Cs = Koefisien Skewness

Sd = Standar Deviasi

Xi = Nilai varian ke i

X = Nilai rata-rata Varian

n = Jumlah data

- c. Koefisien kepuncakan/curtosis (Ck)

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

Dimana :

C_k = Koefisien Kurtosis

S = Deviasi Standar

X_i = Nilai Varian ke i

X = Nilai rata rata varian

n = Jumlah data

d. Koefisien Variasi (C_v)

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}}$$

Dimana :

S = Standar deviasi

\bar{X} = Hujan rerata (mm)

C_v = Koefisien Variasi

2.4.1 Distribusi Probabilitas

Distribusi probabilitas dilakukan untuk menganalisis kecocokan distribusi frekuensi dari data yang diperkirakan dapat memberi gambaran distribusi frekuensi telah mewakili diperlukan pengujian parameter. Berdasarkan ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi yang digunakan dalam penentuan jenis sebaran dalam bidang hidrologi :

a. Metode Normal

Metode normal dapat disebut distribusi Gauss. Dalam Analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode distribusi normal persamaan sebagai berikut (Soewarno., 1995).

$$X_t = \bar{X} + K_t \times S_d$$

Dimana :

X_t = Besarnya curah hujan dengan periode ulang T tahun

\bar{X} = Curah hujan rata rata (mm)

S_d = Standar Deviasi data hujan curah harian Maksimum

K_t = Standar Variable untuk periode ulang t tahun berdasarkan tabel reduksi frekuensi Gauss (dapat dilihat pada tabel dibawah)

Tabel 2. Tabel Reduksi Frekuensi Gauss

P	Tr	KTr
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,010	0,990	-2,33
1,050	0,950	-1,64
1,110	0,900	-1,28
1,250	0,800	-0,84
1,330	0,750	-0,67
1,430	0,700	-0,52
1,670	0,600	-0,25
2,000	0,500	0
2,500	0,400	0,25
3,330	0,300	0,52
4,000	0,250	0,67
5,000	0,200	0,84
10,000	0,100	1,28
20,000	0,050	1,64
50,000	0,020	2,05
100,000	0,010	2,33
200,000	0,005	2,58
500,000	0,002	2,88
1.000,000	0,001	3,09

Sumber : (Soewarno., 1995)

b. Metode Log Normal

Distribusi Log Normal digunakan apabila variabel acak (X) suatu data tidak mengikuti distribusi normal. Persamaan distribusi log normal dapat ditulis sebagai berikut.

$$\text{LogXt} = \text{LogX} + \text{Kt} \times \text{SLogX}$$

Dimana :

X_t = Besarnya curah hujan dengan periode ulang T tahun

$\overline{\text{Log } X}$ = Rata-rata nilai logaritma data X hasil (mm)

$\text{Slog}X$ = Standar Deviasi

K_t = Standar Variable untuk periode ulang t tahun berdasarkan table reduksi frekuensi Gauss

c. Distribusi Log Pearson Tipe III

Pearson telah mengembangkan banyak model matematik fungsi distribusi untuk membuat persamaan empiris dari suatu distribusi. Ada 12 tipe distribusi pearson, namun hanya distribusi log pearson tipe III yang banyak digunakan dalam hidrologi terutama dalam analisis data maksimum (Triatmodjo. B., 2008)

Distribusi log Pearson III digunakan apabila parameter C_s dan C_k mempunyai nilai selain dari parameter statistik untuk distribusi lain.

d. Metode Gumbell

Distribusi Gumbell banyak digunakan dalam analisis frekuensi curah hujan. persamaan yang digunakan adalah :

$$X_T = \bar{x} + \frac{Y_{Tr} - Y_n}{s_n} \times S$$

Dimana :

X_t = Besar Variable dengan kala ulang tahun

\bar{x} = nilai rata rata

S = Standar Deviasi

K = Faktor Reduksi dari Gumbel

Y_n = *Reduced mean* yang tergantung jumlah sampel

S_n = *Reduced* standar deviasi (Tergantung jumlah sampel)

Y_{tr} = Variasi Reduksi

Penentuan jenis distribusi yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dengan syarat masing-masing jenis distribusi (Triatmodjo, B., 2008). Tabel parameter Statistik untuk menentukan jenis distribusi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. Syarat Penentuan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$
2	Log Normal	$C_s = CC_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

Sumber : (Triatmodjo, B., 2008)

2.4.2 Pengujian Keselarasan

Setelah didapatkan distribusi yang memenuhi syarat sesuai dengan data statistik, selanjutnya dilakukan uji kecocokan distribusi. Pengujian kecocokan distribusi dipakai untuk menguji data hidrologi yang digunakan mengestimasi debit menggunakan analisis frekuensi (Mayasari., 2017).

a. Uji Chi Kuadrat (*Chi Square Test*)

Uji *Chi Square* dilakukan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang di analisis. Parameter X_h^2 merupakan variabel acak. Parameter X^2 yang digunakan dapat dihitung dengan rumus :

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Dimana

X_h^2 = Nilai *Chi Square*

E = Frekuensi yang diharapkan ke-i

O = Frekuensi terbaca pada kelas-i

n = Banyaknya data

b. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov dilakukan untuk menguji sampai mana sebaran data tersebut berdasarkan hipotesis. Tes dalam uji ini adalah tes untuk mengukur tingkat kesesuaian antara distribusi serangkaian sampel (data observasi) dengan distribusi teoritis tertentu (Mayasari., 2017).

Prosedur uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorov* adalah sebagai berikut:

1. Urutkan data dari terkecil ke terbesar atau sebaliknya, dan tentukan besarnya nilai masing-masing data tersebut.
2. Hitung probabilitas menggunakan rumus *Weibull* :

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

Dimana :

P = Probabilitas (100%)

m = Nomor urut data

n = Jumlah data

3. Dari kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih terbesarnya antara nilai actual dan nilai prediksi lalu bandingkan dengan nilai kritis. Nilai kritis untuk uji Smirnov-kolmogorov dapat dilihat oleh tabel pada lampiran.

2.5 Intensitas Curah Hujan

Curah hujan yang tertampung pada penampang tertentu dalam satuan waktu disebut intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan dipengaruhi oleh durasi hujan dan frekuensi kejadian curah hujan. Untuk mendapatkan intensitas curah hujan pada durasi tertentu dapat menggunakan metode Mononobe (Gunawan et al., 2023).

Intensitas (i) adalah laju hujan sama dengan tinggi air per satuan waktu yang sering dinyatakan dalam mm/menit, mm/jam, mm/hari. Lama waktu (t) adalah lamanya curah hujan (durasi) dalam menit atau jam. Dalam merencanakan bangunan air yang harus ditentukan adalah besar debit yang harus diperhitungkan yang lazim disebut debit (banjir rencana) (Soemarto., 1987).

Menurut (Triatmodjo, B., 2008), pencatatan hujan biasanya dalam bentuk hujan harian, jam-jaman, atau menitan. Pencatatan dilakukan dengan interval waktu pendek agar distribusi hujan selama terjadinya hujan dapat diketahui. Beberapa metode yang digunakan adalah metode Tadashi Tanimoto, Mononobe, dan *Alternating Block Method* (ADM).

Metode Mononobe menggunakan data hujan harian dan tidak terdapat data hujan jangka pendek. Intensitas hujan dapat dihitung menggunakan rumus Mononobe :

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

Dimana

I = Intensitas hujan (mm/jam)

T = Lamanya hujan

R24 = Curah hujan maksimum harian (mm)

Analisis IDF dilakukan untuk memperkirakan debit puncak di daerah tangkapan kecil, seperti dalam perencanaan drainase kota, gorong-gorong dan jembatan. Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF) biasanya diberikan dalam bentuk kurva yang memberikan hubungan antara intensitas hujan sebagai ordinat, durasi hujan sebagai absis dan beberapa grafik yang menunjukkan frekuensi atau periode ulang.

Pada umumnya, makin besar waktu (t) maka intensitas hujan semakin kecil (Soemarto., 1987) pada daerah tangkapan yang kecil, hujan deras dengan durasi singkat (intensitas hujan dengan durasi singkat adalah sangat tinggi) yang jatuh di berbagai titik diseluruh daerah tangkapan hujan. dapat terkonsentrasi di titik kontrol yang ditinjau dalam waktu yang bersamaan, yang dapat menghasilkan debit puncak. Hujan deras dengan durasi singkat (5,10, atau 15 menit) dapat diperoleh dari kurva IDF yang berlaku untuk daerah yang ditinjau.

Pembuatan kurva IDF dapat dilakukan dengan prosedur berikut ini:

1. Ditetapkan durasi hujan tertentu, misalnya 5, 10, 15, ... menit.
2. Dari data pencatatan otomatis yang menunjukkan jumlah kumulatif hujan terhadap waktu, dicatat kedalaman hujan deras dengan berapa durasi

tersebut. Selanjutnya dipilih kedalaman hujan maksimum untuk masing-masing tahun pencatatan.

3. Kedalaman hujan yang diperoleh dapat dikonversi menjadi intensitas hujan dengan menggunakan hubungan $i=60 p/t$ dimana p adalah kedalaman hujan dan t adalah durasi (5, 10, 15, ... menit)
4. Dihitung intensitas hujan ekstrim untuk beberapa periode ulang
5. Dibuat kurva hubungan antara intensitas hujan dan durasi hujan untuk beberapa periode ulang, sehingga didapatkan kurva IDF

Periode ulang adalah waktu hipotetik di mana debit atau hujan rerata dengan satuan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut (T tahun). Periode ulang (*return period*) dapat diperkirakan berdasarkan data hujan atau debit beberapa tahun pengamatan. Misalnya apabila $T = 50$ tahun, maka debit hujan tersebut diharapkan dilampaui rata-rata satu kali dalam 50 tahun. Periode ulang diperkirakan dari analisa frekuensi sehingga dapat menunjukkan interval waktu antara probabilitas kejadian (Soemarto., 1987)

2.6 Debit Rencana

Apabila intensitas hujan yang jatuh di sebuah DAS melebihi kapasitas infiltrasi, setelah laju infiltrasi terpenuhi maka air akan mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Setelah cekungan-cekungan tersebut penuh, selanjutnya air akan mengalir (melimpas) di atas permukaan tanah. Limpasan ini lah yang merupakan air hujan mengalir dalam bentuk lapisan-lapisan tipis di atas permukaan lahan yang akan masuk ke parit-parit dan selokan-selokan yang kemudian bergabung menjadi anak sungai dan akhirnya berkumpul menjadi aliran sungai (Triatmodjo, B., 2008)

Menurut (Triatmodjo, B., 2008) dengan mengetahui data debit dan data curah hujan di stasiun penakar hujan yang berpengaruh pada DAS yang ditinjau, maka dapat dicari hubungan antara hujan yang jatuh dan debit aliran yang terjadi. Pengalih ragaman dari data hujan menjadi debit aliran dapat dibedakan untuk debit banjir dan debit rendah. Untuk pengalihragaman dapat menggunakan metode

rasional, hidrograf, hidrograf satuan sintetis (Snyder, Gama I, Nakayusu, dsb). Dalam analisis debit puncak, metode rasional digunakan pada DAS kecil, sedangkan analisis hidrograf umumnya digunakan untuk DAS sedang sampai besar.

Untuk memperkirakan debit rencana diperlukan masukan hujan rencana dalam suatu sistem DAS. Hujan rencana dapat berupa kedalaman hujan di suatu titik hujan rencana yang merupakan distribusi hujan dalam waktu. Perencanaan bangunan air didasarkan pada debit banjir rencana yang diperoleh dari analisis hujan-aliran tersebut. Debit rencana dapat dihitung dari kedalaman hujan titik. Dalam penggunaan metode rasional ini digunakan apabila daerah tangkapan air kecil (Triatmodjo B., 2008).

Menurut (Soemarto., 1987) Metode rasional adalah cara tertua untuk menghitung debit banjir rencana dari curah hujan. dalam daerah-daerah perkotaan yang tidak begitu luas, $c < 1$ dan kecilnya waktu konsentrasi maka debit keseimbangan cepat dicapai. Untuk luas daerah pengaliran yang relatif kecil, rumus rasional ini masih layak digunakan untuk menghitung debit rencana.

Menurut (Ponce, 1989) dalam (Triatmodjo, B., 2008) metode rasional digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan deras pada daerah tangkapan (DAS) kecil. Beberapa ahli memandang bahwa luas daerah tangkapan kurang dari 2,5 km² dapat dianggap sebagai DAS kecil.

Debit rencana dinyatakan dalam volume atau debit. Satuan dari volume limpasan adalah meter kubik (m³). Sedangkan debit adalah volume per satuan waktu yang melalui luasan tertentu dan dinyatakan dalam meter kubik per detik (m³/det) (Triatmodjo, B., 2008)

Menurut (Seyhan., 1977) Metode rasional adalah rumus mulvanei (1850) yang merupakan suatu rumus banjir yang mewakili dan telah menjadi populer. Rumus ini digunakan pada Kawasan-kawasan dengan luas maksimum 0,8 km².

Metode ini memberi Batasan limpasan permukaan maksimum sebagai :

$$Q = (0,278) \times C \times I \times A$$

Dimana :

$$Q = \text{Debit Banjir Rencana (m}^3\text{/detik)}$$

C = Koefisien aliran yang tergantung pada jenis permukaan lahan, yang nilainya diberikan pada tabel

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas Daerah Pengaliran (km²)

Tabel 4. Koefisien aliran berdasarkan jenis permukaan lahan

Tipe daerah aliran	Koefisien (C)
Rerumputan	
- Tanah pasir, datar (2%)	0,50-0,10
- Tanah pasir, sedang (2-7%)	0,10-0,15
- Tanah pasir, curam (7%)	0,15-0,20
- Tanah gemuk, datar (2%)	0,13-0,17
- Tanah gemuk, sedang (2-7%)	0,18-0,22
- Tanah gemuk, curam (7%)	0,25-0,35
Perdagangan	
- Daerah kota lama	0,75-0,95
- Daerah pinggiran	0,50-0,70
Perumahan	
- Daerah single family	0,30-0,50
- Multi unit terpisah	0,40-0,60
- Multi unit tertutup	0,60-0,75
- Suburban	0,25-0,40
Daerah apartemen	0,50-0,70
Industri	
- Daerah ringan	0,50-0,80
Daerah berat	0,60-0,90
Taman, Kuburan	0,10-0,25
Tempat bermain	0,20-0,35
Halaman kereta api	0,20-0,40
Daerah tidak dikerjakan	0,10-0,30

Jalan :	
- beraspal	0,70-0,95
- Beton	0,80-0,95
- Batu	0,70-0,85
Atap	
	0,75-0,95

Sumber : (Triatmodjo, B., 2008)

2.7 Curah Hujan Andalan

Menurut (Sosrodarsono, 1980) curah hujan andalan adalah curah hujan yang jatuh di suatu daerah dan dapat digunakan. Curah hujan tersebut merupakan curah hujan wilayah yang harus diperkirakan dari titik pengamatan dan dinyatakan dalam milimeter. Penentuan curah hujan efektif didasarkan pada curah hujan bulanan dengan menggunakan R_{80} yang berarti kemungkinan terjadinya 20%.

Perhitungan hujan andalan dilakukan melalui pengolahan data curah hujan bulanan yang ada, dengan minimal data 10 tahun. Dengan mengurutkan peringkat data debit rerata tahunan dari nilai tertinggi ke nilai terendah berdasarkan besar curah hujan rata-rata tahunan. R_{80} dapat diurutkan dengan rumus Harza :

$$P_{80} = \frac{m}{n} \times 100\%$$

Dimana :

P_{80} = curah hujan andalan

m = data tahun pengamatan

n = Jumlah tahun pengamatan

Menurut Direktorat Irigasi (1980) dalam (Triatmodjo. B., 2008) ketersediaan air adalah jumlah debit yang diperkirakan terus menerus ada di suatu lokasi (bangunan air) dengan jumlah tertentu dan dalam jangka waktu (periode) tertentu. Air yang tersedia dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan baik kebutuhan domestik, non domestik, industri, peternakan, perikanan, irigasi, pembangkit listrik tenaga air (PLTA).

a. Debit andalan berdasarkan data debit

Prosedur analisis debit andalan sangat terpengaruh oleh ketersediaan data, data debit yang tersedia dalam jangka waktu yang panjang dapat dilakukan analisis frekuensi terhadap data debit tersebut. Pada analisis debit andalan berdasarkan data debit, diperlukan ketersediaan data debit aliran yang bersifat runtut waktu (*time series*), misalnya data debit harian sepanjang tahun selama beberapa tahun.

Debit andalan dapat ditentukan dengan menggunakan kurva massa debit yang dibentuk dengan menyusun data debit, dari debit maksimum hingga debit minimum. Susunan data dapat dinyatakan dalam bentuk tabel. Pada kurva massa debit, ordinat adalah debit aliran sedang waktu (hari) atau persentase (%) sebagai absis.

b. Debit andalan berdasarkan data hujan

Apabila data debit tidak tersedia, analisis ketersediaan air dapat dilakukan menggunakan model hujan aliran. Di suatu daerah aliran Sungai, pada umumnya data debit tersedia pendek sedang data hujan tersedia dalam waktu Panjang.

2.8 Neraca Air

Neraca air adalah neraca yang berisi masukan dan keluaran air disuatu tempat pada periode tertentu sehingga dapat diketahui jumlah air tersebut kelebihan atau kekurangan. Dari analisis neraca air dapat digunakan sebagai dasar pembuatan bangunan penyimpanan dan pembagi air serta saluran-salurnya, sebagai dasar pembuatan saluran drainase, teknik pengendalian banjir, dan dasar pemanfaatan air alam untuk berbagai keperluan (Isfandyari & Astuti, 2013).

Persamaan neraca air dapat menggambarkan bahwa didalam suatu sistem hidrologi (DAS, waduk, danau, aliran permukaan, dsb.) dapat dievaluasi air yang masuk dan yang keluar dari system tersebut dalam suatu periode waktu tertentu. (Triatmodjo, B., 2008)

Hal ini sejalan dengan (Seyhan., 1977) penafsiran kuantitatif dari daur hidrologi juga dicapai dengan suatu persamaan umum yang disebut 'Persamaan Neraca Air'. Persamaan neraca air merupakan persamaan yang menggambarkan

prinsip bahwa dalam selang waktu tertentu, suplai air total pada suatu ruang (*reservoir*) harus sama dengan pengeluaran total ditambah perubahan bersih cadangan.

2.9 Hidrograf Kolam Tampung

Analisis hidrograf kolam tampung dilakukan untuk mengetahui volume kumulatif kolam tampung. Perhitungan yang dilakukan dalam membuat unit hidrograf kolam tampung di paparkan dalam (Yanti & Irawan, 2021) sebagai berikut:

$$Q_{inflow} = \frac{t_n}{t_c} \times Q$$

$$Vol. Inflow = \frac{1}{2} \times (t_n - t_{(n-1)}) \times (Q_{inflow_n} + Q_{inflow_{(n-1)}})$$

$$Vol. Kumulatif = Volume Inflow_n + Volume Kumulatif_{(n-1)}$$

$$Kedalaman = \frac{vol.kumulatif}{luas kolam}$$

Dimana :

Q inflow = Debit limpasan yang masuk kedalam kolam tampung (m³/dtk)

t_n = Waktu ke-n pada waktu konsentrasi (jam)

t_c = Waktu konsentrasi (jam)

Q = Debit limpasan dari saluran menuju kolam (m³/dtk)

Vol. inflow = Volume debit limpasan yang masuk kedalam penampungan (m³)

Vol. kumulatif = Akumulasi vol. inflow dan vol. kumulatif data ke-(n-1) (m³)

Kedalaman = Kedalaman kolam tampung (m)

Luas kolam = Luasan kolam tampung rencana (m²)