

LAPORAN

PENELITIAN INTERNAL DOSEN

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains Dan Teknik



OPTIMALISASI PEMANFAATAN EMBUNG MOJOMALANG SEBAGAI SUMBER AIR BERSIH BERKELANJUTAN MELALUI TEKNOLOGI *RAINWATER HARVESTING*

Tim Peneliti:

Ir. Mushthofa, ST., MT.	07 2502 8102
Ir. Yulia Indriani, ST., MT.	07 0807 8406
M. Irfan Al Fanan	22 222 011 153

Nomor Kontrak

052 / LPPM-LIT / UB / XI / 2025

Didanai Oleh:

Universitas Bojonegoro

Periode 1 Tahun Anggaran 2025/2026

UNIVERSITAS BOJONEGORO

2026

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN PENDANAAN PERGURUAN TINGGI

1. Judul Penelitian : Analisis Kinerja Sabo Dam Leran Kabupaten Bojonegoro Dengan Kajian Hidrologi Dan Hidrolika Menggunakan Software Hec-Ras
2. Ketua Peneliti
 - a. Nama Peneliti : Ir. Mushtofa ST., MT.
 - b. NIDN : 07 2502 8102
 - c. Program Studi : Teknik Sipil
 - d. E-mail : zainmushtofa01980@gmail.com
 - e. Bidang Keilmuan : Sumber Daya Air
3. Anggota Peneliti 1
 - a. Nama (Dosen/ Mahasiswa) : Ir. Yulia Indriani, ST., MT
 - b. NIDN/NIM : 07 0807 8406
 - c. Program Studi : Teknik Sipil
 - d. E-mail : razkaaulian9@gmail.com
 - e. Bidang Keilmuan : Sumber Daya Air
- Anggota Peneliti 2
 - a. Nama (Dosen/ Mahasiswa) : Moh. Irfan Alfanan
 - b. NIDN/NIM : 22222011153
 - c. Program Studi : Teknik Sipil
 - d. E-mail :
 - e. Bidang Keilmuan :
4. Jangka Waktu Penelitian : 4 Bulan
6. Lokasi Penelitian : Embung Desa Mojomalang Kec. Parengan Kab. Tuban
7. Dana Diusulkan : Rp. 3.500.000,00

Mengetahui,
Ketua LPPM Universitas Bojonegoro

Dr. Laily Agustina Rahmawati, S.Si.,
M.Sc.
NIDN 07 2108 8601

Bojonegoro, 8 September 2025
Ketua Peneliti,


Ir. Mushtofa, ST., MT.
NIDN. 07 2502 8102

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul "Optimalisasi Pemanfaatan Embung Mojomalang Sebagai Sumber Air Bersih Berkelanjutan Melalui Teknologi Rainwater Harvesting".

Dalam penyusunan proposal penelitian ini, kami telah menerima bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Arief Januwarso, S.Sos, M.Si, Selaku Ketua Yayasan Suyitno Bojonegoro.
2. Dr. Tri Astuti Handayani, SH., MM., M.Hum., Selaku Rektor Universitas Bojonegoro
3. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM), Universitas Bojonegoro

Kami menyadari bahwa proposal penelitian ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif dari semua pihak demi perbaikan dan penyempurnaan penelitian ini di masa mendatang.

Akhir kata, kami berharap semoga proposal penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan.

Bojonegoro, 23 Februari 2026
Hormat kami,

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
RINGKASAN	xi
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II.....	5
2.1 Pengertian Embung	5
2.2 Fungsi Utama Embung.....	5
2.3 Karakteristik embung.....	6
2.4 Fungsi dan Manfaat Embung	7
2.5 Pemanenan Air Hujan (<i>Rainwater Harvesting</i>)	9
2.6 Prinsip Dasar <i>Rainwater Harvesting</i>	9
2.7 Komponen Utama Sistem <i>Rainwater Harvesting</i>	10
2.8 Jenis Sistem <i>Rainwater Harvesting</i>	10
2.9 Manfaat Pemanenan Air Hujan.....	11
2.10 Rainwater Harvesting dalam Konteks Bojonegoro	11
2.11 Kualitas Air Hujan dan Standar Air Bersih	11

2.11.1	Karakteristik dan Kualitas Air Hujan	11
2.11.2	Standar Kualitas Air Bersih	12
2.11.3	Pengelolaan dan Pengolahan Air Hujan untuk Kelayakan Air Bersih	13
2.12	Uji Kualitas Data	14
2.13	Uji Konsistensi Data (Kurva Massa Ganda).....	14
2.14	Uji Kepanggahan Data (Metode RAPS).....	15
2.15	Uji Ketiadaan Trend.....	17
2.16	Uji Persitensi.....	19
2.17	Uji Stationer F & T	19
2.18	Uji Abnormalitas (Oulier – Inlier).....	22
2.19	Analisa Curah Hujan Daerah	23
2.19.1	Metode Polygon Thiessen.....	23
2.19.2	Analisa Curah Hujan Rancangan.....	24
2.19.3	Uji Kesesuaian Distribusi	30
2.19.4	Uji Chi – Square	30
2.19.5	Uji Smirnov Kolmogorov	31
2.20	Analisa Curah Hujan Efektif.....	32
2.20.1	Metode Intensitas Durasi Frekuensi (IDF)	32
2.20.2	Metode Mononobe.....	33
2.20.3	Metode Alternating Block Method (Hujan Jam-jaman).....	34
2.20.4	Analisa Debit Banjir Rancangan.....	34
2.20.5	Daerah Non-Cekungan Air Tanah	34
2.20.6	Dampak terhadap Ketersediaan Air Bersih	35
2.20.7	Relevansi dengan Penelitian	35
2.21	Potensi Air Hujan di Kabupaten Bojonegoro	36
2.21.1	Pengertian dan Faktor Penentu Potensi Air Hujan	36

2.21.2	Kondisi Curah Hujan di Kabupaten Bojonegoro	37
2.21.3	Pemanfaatan Potensi Air Hujan untuk Kebutuhan Air Bersih	37
2.21.4	Tantangan Pemanfaatan Potensi Air Hujan	38
2.22	Kajian Penelitian Terdahulu	38
BAB III		42
3.1	Lokasi Penelitian.....	42
3.2	Data-Data Yang Digunakan	42
3.3	Alur Penelitian	42
BAB IV		44
4.1	Analisis Teknis Embung Mojomalang.....	44
4.1.1	Data Umum Embung Mojomalang.....	44
4.1.2	Spesifikasi Teknis Embung	44
4.2	Potensi Pemanfaatan untuk Kebutuhan Air Bersih pada Musim Kemarau	44
4.3	Volume Tampungan Efektif Embung Mojomalang.....	46
4.4	Kualitas Air Embung yang Dapat Diolah	46
4.5	Jarak Ke Pemukiman yang Cukup Dekat.....	46
4.6	Dukungan Kondisi Hidrogeologi Lokal.....	47
4.7	Potensi Integrasi dengan Program SPAM dan PAMSIMAS	47
4.8	Estimasi Manfaat Sosial dan Ekonomi	48
4.9	Data Hidrologi.....	48
4.9.1	Sumber Data Hujan.....	48
4.9.2	Data Hujan	48
4.9.3	Uji Konsistensi Data Hujan (Uji Kurva Massa Ganda)	49
4.9.4	Curah Hujan Daerah.....	53
4.9.5	Curah Hujan Rancangan	54
4.9.6	Uji Hujan Rancangan	54

4.9.7	Uji Kecocokan Pola Distribusi.....	56
4.9.8	Intensitas Hujan.....	61
4.9.9	Debit Limpasan.....	62
4.10	Identifikasi Penutup Lahan Daerah Tangkapan Embung Mojomalang.....	63
4.11	Menghitung Kebutuhan Air Bersih.....	64
4.12	Analisis Keseimbangan (<i>Water Balance</i>).....	66
4.13	Potensi dan Strategi Optimalisasi Penerapan Sistem <i>Rain water Harvesting (RWH)</i>	66
4.13.1	Potensi Penerapan Sistem Rainwater Harvesting di Embung Mojomalang	66
4.14	Strategi Optimalisasi Penerapan Sistem Rainwater Harvesting	67
4.15	Implikasi terhadap Penyediaan Air Bersih Berkelanjutan	68
BAB V	70
5.1	Kesimpulan	70
5.2	Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Analisis Kurva Massa Ganda	4215
Gambar 2.2 Polygon Thiessen	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian.....	Error! Bookmark not defined. 42
Gambar 4.1 Lokasi Embung Yang Berdekatan Dengan Pemukiman Dusun Krajan Desa Mojomalang.....	47
Gambar 4.2 Kurva Masa Ganda Stasiun Sugihwaras	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.3 Kurva Masa Ganda Stasiun Tluwe	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.4 Gambar 4.3 Kurva Masa Ganda Stasiun Bojonegoro	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.5 Peta Polygon Thiessen	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.6 Daerah Tangkapan Air Desa Mojomalang	54
Gambar 4. 7 Grafik Lengkung IDF (Intensity Duration-Frequency Curve).....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Karakteristik dan Kualitas Air Hujan	12
Tabel 2.2.	Standar Kualitas Air Bersih	13
Tabel 2.3	Nilai Statistik $\frac{Qy}{\sqrt{n}}$ dan $\frac{Ry}{\sqrt{n}}$	17
Tabel 2.4	Nilai F Kritis Distribusi F dengan $\alpha = 5\%$	20
Tabel 2.5	Nilai F Kritis Distribusi F dengan $\alpha = 1\%$	21
Tabel 2.6	Nilai T Kritis Distribusi T	22
Tabel 2.7	Nilai Kn Untuk Uji Outlier-Inlier	23
Tabel 2.8	Syarat Pemilihan Distribusi Frekuensi Berdasarkan	26
Tabel 2.9	Nilai K	28
Tabel 2.10	Harga Chi-Square	31
Tabel 2.11	Harga Uji Smirnov Kolmogrof	32
Tabel 2.12.	Nilai Koefisien Limpasan	37
Tabel 2.13.	Distribusi Rata-Rata Curah Hujan Tahunan Kab. Bojonegoro Tahun 2020 – 2024	37
Tabel 2.14	Kajian Penelitian Terdahulu	39
Tabel 3.1	Langkah-langkah penelitian	43
Tabel 4.1	Data Hujan dari Stasiun hujan disekitar Lokasi penelitian	49
Tabel 4.2	Perhitungan Uji Konsistensi Pada Stasiun Sugihwaras	50
Tabel 4.3	Perhitungan Uji Konsistensi Pada Stasiun Tluwe	50
Tabel 4.4	Perhitungan Uji Konsistensi Pada Stasiun Bojonegoro	51
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah Dengan Metode Poligon Thiessen	54
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel	55
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Normal	55
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan Log Normal	55
Tabel 4.9	Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan Log Pearson III	56
Tabel 4.10	Uji Kecocokan Pola Distribusi Gumbel Dengan Metode Chi-Kuadrat	56
Tabel 4.11	Uji Kecocokan Pola Distribusi Normal Dengan Metode Chi-Kuadrat	56
Tabel 4.12	Uji Kecocokan Pola Distribusi Log Normal Dengan Metode Chi-Kuadrat	57
Tabel 4.13	Uji Kecocokan Pola Distribusi Log Pearson III Dengan Metode Chi-Kuadrat	57
Tabel 4.14	Uji Kecocokan Pola Distribusi Gumbel Dengan Metode Smirnoov-Kolmogrof	57
Tabel 4.15	Uji Kecocokan Pola Distribusi Normal Dengan Metode Smirnoov-	

	Kolmogrof	58
Tabel 4.16	Uji Kecocokan Pola Distribusi Log Normal Dengan Metode Smirnoov-Kolmogrof	58
Tabel 4.17	Uji Kecocokan Pola Distribusi Log Pearson III Dengan Metode Smirnoov-Kolmogrof	59
Tabel 4.18	Hasil Kecocokan Pola Distribusi	59
Tabel 4.19	Parameter Statistik Penentuan Distribusi	60
Tabel 4.20	Hasil Perhitungan Intensitas Curah Hujan Dengan Metode Mononobe	61
Tabel 4.21	Nilai Koefisien Limpasan Berdasarkan Penutup Lahan Daerah Tangkapan Embung Mojomalang	63
Tabel 4.22	Perhitungan Prediksi Kebutuhan Air Bersih Masyarakat Desa Mojomalang	65

RINGKASAN

Ketersediaan air bersih merupakan kebutuhan dasar masyarakat yang sering mengalami keterbatasan, terutama pada wilayah pedesaan dengan ketergantungan tinggi terhadap curah hujan musiman. Desa Mojomalang merupakan salah satu wilayah yang menghadapi permasalahan ketersediaan air bersih pada musim kemarau meskipun memiliki Embung Mojomalang sebagai infrastruktur konservasi air. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan pemanfaatan embung sebagai sumber air bersih berkelanjutan melalui penerapan sistem *rainwater harvesting*.

Metode penelitian yang digunakan meliputi analisis hidrologi, evaluasi potensi tampungan embung, analisis kebutuhan air bersih masyarakat, serta kajian konsep sistem pemanenan air hujan dan distribusi air. Data yang digunakan berupa data curah hujan, kondisi tampungan embung, serta kebutuhan air domestik masyarakat. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan neraca air untuk mengetahui keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Embung Mojomalang memiliki potensi yang cukup untuk dimanfaatkan sebagai sumber air baku alternatif. Integrasi sistem *rainwater harvesting* mampu meningkatkan ketersediaan air dan memperpanjang masa layanan embung selama musim kering. Pemanfaatan embung berbasis konservasi air hujan dapat menjadi solusi penyediaan air bersih yang berkelanjutan, ramah lingkungan, dan ekonomis bagi masyarakat pedesaan.

Penelitian ini diharapkan menjadi model pengelolaan sumber daya air skala desa yang adaptif terhadap perubahan iklim dan dapat direplikasi pada wilayah dengan karakteristik serupa.

Kata kunci: embung, air bersih, *rainwater harvesting*, neraca air, keberlanjutan sumber daya air.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air bersih merupakan kebutuhan dasar manusia yang memiliki peran strategis dalam menunjang kualitas hidup (Khumairo et al. 2022; Rizka, R, and N 2017; Wulandari and Ilyas 2019), kesehatan masyarakat, serta keberlanjutan aktivitas sosial dan ekonomi (Imamudin 2001; Sutandi 2019; Zuhilmi et al. 2019). Ketersediaan air bersih yang memadai tidak hanya menjadi indikator kesejahteraan, tetapi juga menjadi faktor penentu dalam pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (Sustainable Development Goals), khususnya pada aspek akses air bersih dan sanitasi. Namun demikian, ketimpangan akses terhadap air bersih masih menjadi permasalahan serius di berbagai wilayah pedesaan di Indonesia, terutama pada daerah yang memiliki keterbatasan sumber air permukaan dan air tanah.

Di banyak desa, termasuk Desa Mojomalang, permasalahan ketersediaan air bersih semakin terasa pada musim kemarau. Penurunan debit sumber air, terbatasnya infrastruktur penyediaan air bersih, serta ketergantungan yang tinggi terhadap air tanah dangkal menyebabkan masyarakat rentan mengalami kekurangan air. Kondisi ini diperparah oleh dampak perubahan iklim yang memicu pergeseran pola hujan, meningkatnya intensitas kejadian ekstrem, serta penurunan curah hujan efektif tahunan. Selain itu, pertumbuhan penduduk dan meningkatnya aktivitas ekonomi lokal turut meningkatkan kebutuhan air bersih, sehingga tekanan terhadap sumber daya air yang tersedia menjadi semakin besar (Farida, Dasrizal, and Febriani 2019).

Sebagai upaya konservasi dan pengelolaan sumber daya air, pembangunan embung telah banyak diterapkan di wilayah pedesaan untuk menampung limpasan air hujan dan mengurangi kehilangan air permukaan. Embung Mojomalang merupakan salah satu infrastruktur yang dibangun dengan tujuan utama mendukung kebutuhan air pertanian melalui penyimpanan air hujan pada musim penghujan agar dapat dimanfaatkan pada musim kering (Tuhuteru et al. 2023). Meskipun demikian, pemanfaatan embung tersebut hingga saat ini masih bersifat sektoral dan terbatas, yakni lebih difokuskan pada kebutuhan irigasi pertanian, sementara potensi embung sebagai sumber air baku untuk kebutuhan air bersih masyarakat belum dimanfaatkan secara optimal.

Seiring dengan meningkatnya tekanan terhadap sumber air tanah dan kekhawatiran terhadap penurunan kualitas serta kuantitasnya, pendekatan pengelolaan air yang berkelanjutan menjadi kebutuhan mendesak. Salah satu pendekatan yang relevan adalah penerapan teknologi rainwater harvesting (RWH) atau pemanfaatan air hujan, yang dinilai ramah lingkungan, relatif sederhana, dan sesuai untuk diterapkan di wilayah pedesaan. Integrasi konsep rainwater harvesting dengan keberadaan embung berpotensi meningkatkan efisiensi pemanfaatan air hujan, memperpanjang ketersediaan air pada musim kemarau, serta mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap eksploitasi air tanah.

Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas pemanfaatan embung maupun sistem rainwater harvesting sebagai solusi konservasi air. Namun, sebagian besar kajian masih memfokuskan pada aspek teknis tampungan, irigasi pertanian, atau skala bangunan individual, tanpa mengintegrasikan analisis kapasitas embung, potensi curah hujan, dan kebutuhan air bersih masyarakat secara komprehensif dalam satu sistem pengelolaan air desa. Selain itu, kajian yang secara spesifik menempatkan embung sebagai sumber air baku berbasis rainwater harvesting untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat pedesaan masih relatif terbatas, khususnya pada wilayah dengan keterbatasan sumber air tanah.

Oleh karena itu, penelitian ini sangat penting untuk secara komprehensif menilai potensi Waduk Mojomalang sebagai sumber air bersih dengan menggunakan pemanenan air hujan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas waduk, potensi pemanenan air hujan, serta kesesuaian dan efektivitasnya dalam memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat Desa Mojomalang. Temuan penelitian diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah untuk pengembangan sistem pengelolaan air hujan terpadu yang berkelanjutan, adaptif terhadap iklim, dan berskala desa.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi analisis hidrologi curah hujan, kapasitas penyimpanan waduk, dan kebutuhan air bersih masyarakat dalam satu kerangka kerja untuk memanfaatkan waduk berbasis pemanenan air hujan sebagai sumber air baku alternatif. Pendekatan ini menempatkan waduk tidak hanya sebagai infrastruktur pendukung pertanian tetapi juga sebagai komponen strategis dari sistem keamanan air desa. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dan

praktis untuk pengembangan model pengelolaan sumber daya air pedesaan berkelanjutan yang dapat direplikasi di daerah lain dengan karakteristik serupa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan beberapa masalah seperti berikut ini:

1. Bagaimana potensi Embung Mojomalang dalam menampung dan menyimpan air hujan untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat?
2. Seberapa besar volume air hujan yang dapat dimanfaatkan melalui penerapan sistem *rainwater harvesting* di Embung Mojomalang?
3. Strategi apa yang paling efektif untuk mengoptimalkan pemanfaatan Embung Mojomalang sebagai sumber penyedia air bersih yang berkelanjutan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis potensi Embung Mojomalang dalam menampung dan menyimpan air hujan sebagai sumber air bersih bagi masyarakat sekitar.
2. Menghitung volume air hujan yang dapat dimanfaatkan melalui penerapan sistem *rainwater harvesting* di Embung Mojomalang.
3. Merumuskan strategi optimal dalam pengelolaan dan pemanfaatan Embung Mojomalang sebagai penyedia air bersih yang efisien dan berkelanjutan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. **Secara Teoritis**, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi ilmiah dalam pengembangan konsep pemanfaatan embung berbasis *rainwater harvesting* sebagai solusi penyediaan air bersih berkelanjutan di wilayah pedesaan.
2. **Secara Praktis**, penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan bagi pemerintah daerah dan masyarakat dalam merencanakan serta mengelola embung agar lebih efektif dalam memenuhi kebutuhan air bersih.
3. **Bagi Universitas Bojonegoro**, hasil penelitian ini mendukung penguatan peran universitas dalam pengembangan ilmu pengetahuan terapan di bidang sumber daya air serta menjadi bukti kontribusi nyata universitas dalam mendukung program

pembangunan berkelanjutan di tingkat lokal dan menjadi Universitas Berdampak di masyarakat.

1.5 Batasan Masalah

Dengan memperhatikan latar belakang, maka batasan – batasan masalah dibuat seperti dibawah ini :

1. Digunakan data curah hujan dari stasiun hujan terdekat tahun 2013-2023
2. Lokasi penelitian hanya difokuskan pada wilayah Desa Mojomalang Kecamatan Parengan Kabupaten Tuban.
3. Menggunakan perhitungan debit limpasan kala ulang 2, 25, 50 dan 100 tahun.
4. Penelitian ini tidak memperhitungkan besarnya volume pekerjaan.
5. Penelitian ini tidak membahas mengenai metode pelaksanaan konstruksi.
6. Analisis dilakukan dengan menghitung volume embung yang bisa dimanfaatkan untuk Masyarakat Mojomalang sebagai pendukung kebutuhan air bersih dan berapa jumlah masyarakat yang dapat dilayani oleh embung.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Embung

Embung merupakan bangunan penampung air berbentuk kolam atau waduk kecil yang dibangun untuk menampung air hujan dan limpasan permukaan (runoff) dari daerah tangkapan air (catchment area) di sekitarnya. Embung berfungsi sebagai sarana konservasi air permukaan untuk digunakan pada saat musim kemarau ketika ketersediaan air tanah maupun aliran sungai menurun. Embung dibangun untuk mendukung kebutuhan masyarakat, terutama petani, untuk irigasi, ternak, dan keperluan rumah tangga, serta dapat berfungsi sebagai pengendali banjir dan konservasi sumber daya air.

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR, 2015), embung adalah bangunan air berupa kolam atau waduk berukuran kecil yang dibangun untuk menyimpan air dari aliran permukaan, mata air, atau curah hujan, yang selanjutnya digunakan untuk memenuhi berbagai kebutuhan masyarakat di pedesaan. Embung pada umumnya dibangun di daerah yang tidak memiliki sumber air yang cukup sepanjang tahun, seperti daerah karst, perbukitan, dan daerah tadah hujan.

2.2 Fungsi Utama Embung

Fungsi utama embung meliputi :

1. Menyimpan air: Menampung air hujan dan limpasan saat musim penghujan untuk digunakan saat musim kemarau.
2. Pendukung pertanian: Menyediakan air untuk irigasi, meningkatkan produktivitas lahan tadah hujan, dan memperpanjang masa tanam.
3. Keperluan masyarakat: Memenuhi kebutuhan air untuk penduduk, ternak, dan kebutuhan lainnya di daerah kering.
4. Pengendali banjir: Mengurangi luapan air saat musim hujan dan mencegah risiko banjir.
5. Konservasi air: Berkontribusi pada konservasi sumber daya air dan dapat meningkatkan permukaan air tanah di sekitarnya.

Dengan demikian, embung tidak hanya berperan sebagai penampung air sementara, tetapi juga sebagai infrastruktur pengelolaan sumber daya air skala mikro yang memiliki nilai strategis dalam mendukung ketahanan air, pangan, dan lingkungan di tingkat lokal.

2.3 Karakteristik embung

Embung memiliki karakteristik khusus yang membedakannya dari bendungan (*dam*) atau waduk berukuran besar. Secara umum, embung diklasifikasikan sebagai bangunan penampung air skala kecil yang berfungsi untuk konservasi dan penyediaan air di tingkat lokal (desa atau kelompok masyarakat).

Menurut Kementerian PUPR (2015) dan Pusat Litbang Sumber Daya Air (2018), karakteristik utama embung meliputi:

1. Ukuran (Skala Bangunan)

Embung merupakan bendungan atau waduk berukuran kecil, dengan kapasitas tampungan air umumnya kurang dari 500.000 m³ dan tinggi tanggul kurang dari 15 meter. Skala ini disesuaikan dengan kebutuhan masyarakat setempat dan kondisi topografi daerah tangkapan air.

2. Lokasi Pembangunan

Embung dibangun di daerah cekungan alami, lembah kecil, atau depresi topografi, yang berfungsi sebagai tempat menampung air hujan dan limpasan permukaan. Tidak seperti waduk besar yang biasanya dibangun di aliran sungai utama, embung berada di luar sistem sungai besar, sehingga tidak mengganggu aliran utama sungai dan lebih mudah dalam pembangunannya.

3. Konstruksi dan Material

Konstruksi embung umumnya menggunakan material lokal, seperti timbunan tanah, pasangan batu, atau beton bertulang, tergantung pada kondisi geoteknik dan ketersediaan material di sekitar lokasi.

- Tanggul utama berfungsi menahan air dan dapat dibuat dari tanah dengan inti kedap air (*clay core*).
- Saluran pelimpah (*spillway*) berfungsi mengalirkan kelebihan air saat hujan lebat agar tidak merusak tanggul.
- Saluran pengambilan (*outlet*) digunakan untuk mengalirkan air ke pengguna sesuai kebutuhan.

4. Fungsi Operasional

Embung berfungsi menampung air hujan dan limpasan permukaan untuk digunakan sebagai sumber air irigasi, air ternak, dan air bersih masyarakat. Selain itu, embung

juga berfungsi sebagai alat konservasi air dengan meningkatkan infiltrasi dan menjaga keseimbangan hidrologi lokal.

5. Skala Pelayanan

Skala pelayanan embung biasanya mencakup wilayah desa atau kelompok kecil masyarakat (≤ 100 ha). Oleh karena itu, embung sering disebut sebagai “infrastruktur mikro konservasi air” yang berbasis pada kebutuhan dan partisipasi masyarakat.

6. Sistem Pengelolaan

Pengelolaan embung dapat dilakukan oleh pemerintah daerah, kelompok tani, atau lembaga pengelola air desa (Poktan/Pokmas) dengan prinsip partisipatif. Keberlanjutan embung sangat bergantung pada pemeliharaan rutin, pengendalian sedimentasi, dan manajemen distribusi air yang adil.

2.4 Fungsi dan Manfaat Embung

Embung memiliki peranan penting dalam pengelolaan sumber daya air, khususnya di wilayah yang memiliki keterbatasan sumber air tanah dan curah hujan musiman. Sebagai bangunan penampung air skala kecil, embung berfungsi untuk mengonservasi dan mengatur ketersediaan air permukaan agar dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan sepanjang tahun.

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015), serta Pusat Litbang Sumber Daya Air (2018), embung mempunyai beberapa fungsi utama sebagai berikut:

1. Fungsi Hidrologi dan Konservasi Air

Embung berfungsi menampung air hujan dan aliran permukaan dari daerah tangkapan air (catchment area), sehingga:

- Mengurangi limpasan permukaan (runoff) dan potensi erosi tanah,
- Menahan sebagian air hujan agar dapat meresap ke dalam tanah (infiltrasi),
- Membantu menjaga kestabilan muka air tanah di sekitarnya,
- Mengendalikan fluktuasi debit aliran sungai kecil atau parit alami.

Dengan demikian, embung berperan sebagai instrumen konservasi sumber daya air dan pengendalian hidrologi mikro di tingkat lokal.

2. Fungsi Sosial dan Penyediaan Air Bersih

Embung menjadi sumber air utama bagi masyarakat pedesaan, terutama di wilayah yang tidak memiliki jaringan air bersih dari PDAM atau sumur dalam.

Air dari embung dapat dimanfaatkan untuk:

- Kebutuhan air rumah tangga (domestik) seperti mandi, mencuci, dan sanitasi,
- Air minum ternak di kawasan peternakan,
- Cadangan air bersih saat musim kemarau atau keadaan darurat kekeringan.

Pada wilayah seperti Tuban bagian selatan, yang merupakan daerah karst dan non-cekungan air tanah, embung memiliki nilai strategis sebagai sumber air bersih alternatif karena sulitnya memperoleh air tanah yang layak konsumsi.

3. Fungsi Irigasi Pertanian

Embung berfungsi menyuplai air untuk irigasi lahan pertanian tadah hujan, terutama pada musim kemarau. Air embung dapat dialirkan dengan sistem gravitasi atau pompa ke lahan sekitar, sehingga mendukung keberlanjutan produksi pertanian dan ketahanan pangan masyarakat setempat.

4. Fungsi Pengendalian Banjir Lokal

Pada musim penghujan, embung dapat menampung sebagian air hujan yang berlebih dan menunda aliran puncak (peak discharge) menuju sungai. Dengan demikian, embung berperan sebagai penahan sementara debit air, membantu mengurangi risiko banjir lokal, dan menjaga kestabilan ekosistem di daerah hilir.

5. Fungsi Ekologis dan Estetika

Embung juga memiliki fungsi ekologis, antara lain:

- Meningkatkan kelembaban mikroklimat di sekitarnya,
- Menjadi habitat bagi ikan, burung air, dan vegetasi riparian,
- Berpotensi dikembangkan sebagai wisata air atau ekowisata lokal, yang dapat memberikan nilai tambah ekonomi bagi masyarakat.

6. Fungsi Edukasi dan Pemberdayaan Masyarakat

Embung dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran dan pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan sumber daya air secara partisipatif. Keterlibatan masyarakat dalam pembangunan dan pemeliharaan embung akan menumbuhkan rasa tanggung jawab, kesadaran lingkungan, serta kemandirian dalam menghadapi kekeringan.

2.5 Pemanenan Air Hujan (*Rainwater Harvesting*)

Pemanenan Air Hujan (*Rainwater Harvesting*) adalah proses pengumpulan dan penyimpanan air hujan dari permukaan tangkapan seperti atap bangunan untuk digunakan kemudian sebagai sumber air bersih, terutama di daerah yang mengalami kekurangan air tanah atau masalah akses air. Sistem pemanenan air hujan meliputi beberapa komponen utama: area tangkapan air hujan (biasanya atap atau permukaan lainnya), saluran pengalir berupa talang, bak penampungan atau tangki, serta sistem filtrasi untuk menjernihkan air agar layak dikonsumsi.

Menurut World Meteorological Organization (WMO, 2012), *rainwater harvesting* didefinisikan sebagai “suatu upaya mengumpulkan dan menyimpan air hujan dari permukaan tempat jatuhnya untuk digunakan pada masa mendatang, terutama saat ketersediaan air terbatas”. Sementara itu, Kementerian PUPR (2017) menjelaskan bahwa pemanenan air hujan adalah sistem sederhana dan berbiaya rendah untuk menangkap limpasan air hujan dari atap atau permukaan tanah agar dapat digunakan untuk keperluan domestik, pertanian, maupun konservasi air tanah.

Dalam konteks daerah rawan kekeringan seperti Kabupaten Bojonegoro bagian selatan, sistem ini sangat relevan karena wilayah tersebut memiliki curah hujan musiman dan kondisi geologi karst yang menyebabkan air cepat meresap dan sulit disimpan di lapisan tanah.

2.6 Prinsip Dasar *Rainwater Harvesting*

Prinsip dasar sistem *rainwater harvesting* meliputi tiga tahap utama:

1. Penangkapan (*Catchment*):

Tahap awal di mana air hujan ditangkap melalui permukaan penangkap, seperti atap rumah, halaman, atau daerah tangkapan air di sekitar embung. Kualitas air yang dihasilkan tergantung pada kebersihan permukaan penangkap dan intensitas hujan.

2. Pengaliran dan Penyaringan (*Conveyance and Filtration*):

Air hujan yang tertangkap dialirkan melalui talang, pipa, atau saluran menuju unit penyaring. Penyaringan ini penting untuk menghilangkan kotoran, daun, dan sedimen agar air yang masuk ke penampungan lebih bersih dan layak digunakan.

3. Penyimpanan (*Storage*):

Air hujan yang telah disaring disimpan dalam tangki, bak, atau embung. Kapasitas penyimpanan disesuaikan dengan kebutuhan air dan rata-rata curah hujan tahunan.

Sistem penyimpanan ini harus tertutup rapat untuk mencegah kontaminasi dan pertumbuhan mikroorganisme.

2.7 Komponen Utama Sistem *Rainwater Harvesting*

Menurut Thomas & Martinson (2007), sistem pemanenan air hujan terdiri atas beberapa komponen pokok sebagai berikut:

1. Daerah tangkapan air (*catchment area*):

Permukaan tempat air hujan jatuh dan dikumpulkan, misalnya atap rumah, lahan terbuka, atau daerah sekitar embung.

2. Sistem pengalir (*conveyance system*):

Terdiri atas talang, pipa, atau saluran yang berfungsi mengalirkan air dari permukaan tangkapan ke tempat penampungan.

3. Unit penyaring (*filtration unit*):

Berfungsi menyaring kotoran, daun, debu, dan partikel lainnya. Jenis filter yang umum digunakan antara lain saringan pasir, batu kerikil, arang aktif, atau *first flush system* (sistem pembuangan air hujan awal).

4. Tempat penampungan (*storage system*):

Wadah tempat menyimpan air hujan yang telah disaring, bisa berupa tangki beton, fiberglass, drum plastik, atau embung skala desa.

5. Sistem distribusi (*distribution system*):

Jaringan pipa atau saluran yang mengalirkan air dari penampungan ke titik pemanfaatan, seperti rumah tangga, lahan pertanian, atau kandang ternak.

2.8 Jenis Sistem *Rainwater Harvesting*

Sistem pemanenan air hujan dapat dibedakan berdasarkan lokasi dan skala penerapannya, yaitu:

1. Sistem Atap (*Rooftop Rainwater Harvesting*):

Mengumpulkan air hujan dari permukaan atap rumah atau bangunan untuk digunakan sebagai air bersih rumah tangga. Sistem ini umum diterapkan di daerah perkotaan maupun pedesaan.

2. Sistem Permukaan Tanah (*Surface Runoff Harvesting*):

Mengumpulkan limpasan air hujan dari permukaan tanah, halaman, atau jalan, kemudian disalurkan ke kolam penampungan, sumur resapan, atau embung. Sistem ini efektif untuk daerah pertanian dan konservasi air tanah.

3. Sistem Embung (*Pond Rainwater Harvesting*):

Merupakan skala besar dari *rainwater harvesting*, di mana embung berfungsi menampung air hujan dari area tangkapan yang luas. Air yang ditampung dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan, baik pertanian, peternakan, maupun air bersih masyarakat.

2.9 Manfaat Pemanenan Air Hujan

Beberapa manfaat dari penerapan sistem *rainwater harvesting* antara lain:

1. Menambah cadangan air bersih pada musim kemarau.
2. Mengurangi ketergantungan terhadap air tanah dan membantu mencegah penurunan muka air tanah.
3. Mengurangi limpasan permukaan (*runoff*) dan potensi banjir lokal.
4. Memperbaiki keseimbangan hidrologi di daerah tangkapan air.
5. Meningkatkan kemandirian masyarakat dalam pengelolaan sumber air.
6. Mendukung konservasi sumber daya air secara berkelanjutan.

2.10 Rainwater Harvesting dalam Konteks Bojonegoro

Kabupaten Bojonegoro memiliki pola curah hujan musiman dengan periode basah hanya sekitar 4–5 bulan per tahun. Di wilayah selatan yang berupa perbukitan kapur (*karst*), air hujan cepat meresap ke dalam tanah tanpa tersimpan dalam akuifer dangkal. Kondisi ini menyebabkan keterbatasan sumber air bersih pada musim kemarau.

Dengan memanfaatkan embung sebagai wadah utama penampungan air hujan dan mengintegrasikannya dengan sistem *rainwater harvesting* skala rumah tangga, masyarakat dapat memperoleh pasokan air bersih yang lebih berkelanjutan. Sistem ini juga mendukung pengelolaan air berbasis masyarakat dan prinsip konservasi sumber daya air di daerah non-cekungan air tanah.

2.11 Kualitas Air Hujan dan Standar Air Bersih

2.11.1 Karakteristik dan Kualitas Air Hujan

Air hujan merupakan salah satu sumber air alami yang relatif murni pada saat jatuh dari atmosfer, namun kualitasnya dapat berubah tergantung pada kondisi atmosfer,

tingkat polusi udara, serta lingkungan tempat pengumpulannya. Menurut Sutrisno (2018), air hujan secara alami memiliki pH antara 5,6–6,5, yang sedikit asam akibat adanya karbon dioksida (CO_2) yang larut membentuk asam karbonat lemah (H_2CO_3). Di daerah industri atau kawasan dengan polusi udara tinggi, pH air hujan dapat turun hingga di bawah 5,0 karena adanya senyawa sulfur dioksida (SO_2) dan nitrogen oksida (NO_x) yang membentuk asam kuat seperti H_2SO_4 dan HNO_3 .

Namun demikian, di wilayah pedesaan seperti Kabupaten Bojonegoro yang relatif jauh dari pusat industri besar, kualitas air hujan umumnya masih tergolong baik dan layak untuk dimanfaatkan setelah melalui proses penampungan dan penyaringan sederhana. Secara umum, parameter kualitas air hujan dapat ditinjau dari beberapa aspek berikut:

Tabel 2.1. Karakteristik dan Kualitas Air Hujan

Parameter	Kisaran Umum Air Hujan di Indonesia	Keterangan
pH	5,5 – 6,5	Sedikit asam karena pengaruh CO_2 atmosfer
TDS (<i>Total Dissolved Solids</i>)	10 – 50 mg/L	Rendah, tergantung polutan udara
Kekeruhan (<i>Turbidity</i>)	< 5 NTU	Meningkat jika penampungan tidak bersih
Kesadahan (<i>Hardness</i>)	< 50 mg/L CaCO_3	Umumnya sangat rendah
Zat Besi (Fe)	< 0,1 mg/L	Dapat meningkat jika tangki penampung logam
Bakteri Koliform	0 – 50 CFU/100 ml	Tergantung kebersihan saluran dan wadah penampung

(Sumber: Kemenkes RI, 2017; BPPT, 2020; Pusat Litbang SDA, 2021)

Berdasarkan parameter tersebut, air hujan pada dasarnya termasuk air lunak dan rendah mineral, sehingga cocok untuk kebutuhan rumah tangga, namun perlu dilakukan proses penyaringan, sedimentasi, dan disinfeksi sederhana (misalnya dengan klorinasi atau sinar UV) agar memenuhi syarat sebagai air bersih yang aman dikonsumsi.

2.11.2 Standar Kualitas Air Bersih

Untuk menentukan kelayakan air hasil pemanenan hujan (rainwater harvesting) sebagai air bersih, acuan yang digunakan adalah Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum. Berdasarkan peraturan tersebut, air bersih didefinisikan sebagai air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan dapat diminum setelah dimasak, dengan parameter utama sebagai berikut:

Tabel 2.2. Standar Kualitas Air Bersih

Parameter	Satuan	Baku Mutu Maksimum	Keterangan
Warna	TCU	≤ 50	Tidak berwarna mencolok
Kekeruhan (Turbidity)	NTU	≤ 25	Air tampak jernih
Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	≤ 1000	Tidak meninggalkan endapan
pH	-	6,5 – 8,5	Netral
Kesadahan (Hardness)	mg/L CaCO ₃	≤ 500	Tidak menimbulkan kerak
Besi (Fe)	mg/L	≤ 1,0	Tidak menimbulkan rasa logam
Mangan (Mn)	mg/L	≤ 0,5	Aman untuk kulit dan pencernaan
Klorida (Cl ⁻)	mg/L	≤ 250	Tidak terasa asin
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/L	≤ 400	Tidak menyebabkan diare
Koliform Total	CFU/100 mL	0	Aman dari kontaminasi bakteri
E. coli	CFU/100 mL	0	Tidak mengandung patogen

(Sumber: Permenkes RI No. 2 Tahun 2023)

Dengan membandingkan hasil kualitas air hujan terhadap baku mutu tersebut, dapat dinilai kelayakan air hasil panen hujan dari embung atau sistem *rainwater harvesting* untuk digunakan sebagai sumber air bersih masyarakat.

2.11.3 Pengelolaan dan Pengolahan Air Hujan untuk Kelayakan Air Bersih

Agar air hujan dapat memenuhi standar air bersih, beberapa tahapan pengelolaan teknis perlu diterapkan, yaitu:

1. Tahap Penangkapan Awal (*First Flush*):

Air hujan pertama yang turun umumnya mengandung debu dan polutan dari atap atau udara. Oleh karena itu, sistem penampung harus dilengkapi dengan *first flush diverter* untuk membuang sekitar 1–2 mm hujan pertama sebelum air dialirkan ke tangki utama.

2. Penyaringan dan Sedimentasi:

Gunakan saringan kasar (kerikil, pasir, ijuk) atau filter membran sederhana untuk menyaring partikel padat dan sedimen.

3. Desinfeksi:

Air yang telah disaring dapat didesinfeksi dengan penambahan klorin (NaOCl) dalam konsentrasi rendah (0,2–0,5 mg/L) atau paparan sinar ultraviolet (UV sterilizer) untuk membunuh mikroorganisme patogen.

4. Penyimpanan dalam Tangki Tertutup:

Tangki penampung harus tertutup rapat untuk mencegah kontaminasi debu, serangga, atau hewan kecil. Material tangki sebaiknya berbahan plastik food-grade atau beton berlapis kedap air.

5. Pemeliharaan Rutin:

Saluran penyalur, atap penangkap, dan filter perlu dibersihkan secara berkala untuk menjaga kualitas air dan mencegah pertumbuhan lumut atau bakteri.

2.12 Uji Kualitas Data

Setelah kegiatan pengukuran selesai dilakukan, data hidrologi umumnya dikirimkan ke Pusat Pengolahan Data untuk dilakukan proses pengumpulan, verifikasi, penyimpanan, dan pengolahan lebih lanjut agar menjadi data yang siap digunakan. Proses pengiriman data ini dapat dilakukan secara konvensional, misalnya melalui jasa pos, maupun dengan metode modern seperti melalui sambungan telepon, radio, telex, faksimile, satelit, atau sarana komunikasi lainnya.

Data yang telah diterima oleh Pusat Pengolahan Data selanjutnya disusun berdasarkan urutan waktu sehingga membentuk deret waktu (*time series*). Deret data tersebut kemudian diuji atau dianalisis lebih lanjut untuk kepentingan evaluasi dan validasi data hidrologi.

2.13 Uji Konsistensi Data (Kurva Massa Ganda)

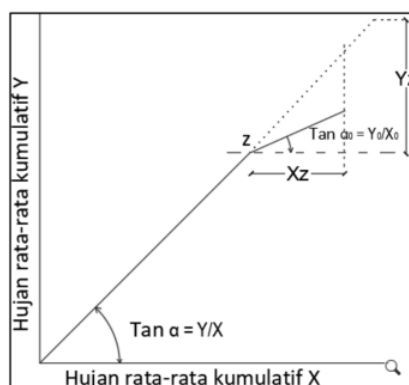
Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa tidak terdapat kesalahan dalam proses pengukuran data hujan di lapangan. Untuk keperluan tersebut digunakan metode kurva massa ganda, yakni metode grafis yang dipakai untuk menilai konsistensi dan kesesuaian data hidrologi pada suatu pos pengamatan. Perubahan kemiringan pada kurva massa ganda dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti perubahan dalam prosedur pengukuran, metode pengolahan data, maupun perpindahan lokasi pos pengamatan.

Dalam penerapannya, analisis kurva massa ganda dilakukan dengan membandingkan secara visual data kumulatif dari pos hujan yang sedang diuji (misalnya pos A) terhadap data acuan dari pos pembanding (misalnya pos B). Data dari pos B merupakan nilai rata-rata dari beberapa pos hujan di sekitar pos A yang memiliki kondisi topografis dan iklim serupa. Agar hasil analisis valid, data yang digunakan minimal mencakup rentang waktu selama 10 tahun secara berurutan.

Pada grafik aritmatika, data kumulatif dari pos A diplot pada sumbu vertikal (*ordinat*), sedangkan data dari pos B diplot pada sumbu horizontal (*absis*). Melalui pengamatan terhadap pola hubungan antara kedua data tersebut, dapat ditentukan tingkat konsistensi data dari pos A. Apabila hasil grafik menunjukkan garis lurus tanpa adanya

perubahan arah, maka data dari pos A dianggap konsisten. Sebaliknya, jika terdapat patahan arah pada garis tersebut, maka koreksi terhadap data perlu dilakukan.

Tingkat koreksi dihitung berdasarkan perubahan kemiringan garis lurus. Apabila kemiringan garis sebelum dan sesudah perubahan masing-masing adalah b dan a , maka data curah hujan dari pos A sebelum perubahan harus disesuaikan dengan mengalikan nilai data dengan faktor koreksi berupa perbandingan a/b . Koreksi ini diperlukan agar data lama tetap sejalan dengan data terbaru yang lebih akurat dan mencerminkan kondisi sebenarnya.



Gambar 2. 1 Grafik Analisis Kurva Massa Ganda
Sumber: Soewarno (2000)

Berikut persamaan dari perhitungan grafik diatas :

$$C = Fk \times C' \quad (2.1)$$

$$Fk = \left(\frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_c} \right) \quad (2.2)$$

Dimana:

C = Data hujan yang diperbaiki (mm)

C' = Data hujan hasil pengamatan (mm)

$\tan \alpha$ = Kemiringan sebelum ada perubahan ($^{\circ}$)

$\tan \alpha_c$ = Kemiringan setelah ada perubahan ($^{\circ}$)

2.14 Uji Kepanggahan Data (Metode RAPS)

Pengujian konsistensi data curah hujan dilakukan untuk memastikan keakuratan data hasil pengamatan di lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan dalam proses pengukuran maupun pengiriman data. Salah satu metode yang lazim digunakan dalam pengujian konsistensi data curah hujan adalah metode *Rescaled Adjusted Partial Sums*

(RAPS). Metode ini digunakan secara individual pada setiap stasiun pengamatan (*stand alone station*), tanpa membandingkan dengan data dari stasiun lain.

Uji konsistensi ini bertujuan untuk mendeteksi adanya ketidaksesuaian atau perubahan pola dalam data dari satu stasiun yang sama, dengan cara mengamati adanya pergeseran nilai rata-rata secara statistik. Pengujian dilakukan dengan menganalisis penyimpangan kumulatif terhadap nilai rata-rata, yang dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Sk^*_0 = 0$$

$$Sk^* = \sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X}) \quad (2.3)$$

$$Dy^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n} \quad (2.4)$$

$$Sk^{**} = \frac{Sk^*}{Dy} \quad (2.5)$$

Dimana:

X_i = Data hujan ke- i

\bar{X} = Rerata curah hujan

n = Jumlah data

k = 1,2,3,...,n.

Untuk data curah hujan yang bersifat konsisten atau homogen, nilai Sk^* akan berada pada kisaran yang mendekati nol. Grafik kumulatif digunakan untuk mengidentifikasi titik perubahan, yakni saat grafik memperlihatkan adanya pergeseran yang nyata. Dalam metode ini, nilai maksimum dari Sk^* berfungsi sebagai indikator untuk menunjukkan posisi titik perubahan tersebut.

Nilai RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) diperoleh dengan membagi nilai Sk^* terhadap simpangan baku Dy , sehingga diperoleh nilai yang telah dinormalisasi dan dapat digunakan sebagai dasar untuk menilai konsistensi data secara statistik.

Pengujian konsistensi data dengan menggunakan data dari stasiun itu sendiri dilakukan melalui pendekatan kumulatif penyimpangan terhadap rata-rata, yang dibagi dengan akar dari kumulatif rerata penyimpangan kuadrat terhadap rata-rata. Nilai statistic Q_y dan R_y dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Q_y = \text{Maks } |Sk^{**}| \quad (2.6)$$

$$Ry = \text{Maks } |Sk^{**}| - \text{Min } |Sk^{**}| \quad (2.7)$$

Dimana:

Sk^*_0 = Simpangan awal

Sk^* = Simpangan mutlak

Sk^{**} = Nilai konsistensi data

Q = Nilai statistik untuk $0 \leq k \leq n$

n = Jumlah data

Dy = Simpangan rata-rata

R = Statistik *range*

Berdasarkan nilai-nilai statistik tersebut, selanjutnya dapat dihitung rasio $\frac{Qy}{\sqrt{n}}$ dan $\frac{Ry}{\sqrt{n}}$. Hasil perhitungan ini kemudian dibandingkan dengan nilai ambang syarat. Apabila hasilnya lebih kecil dari batas yang ditetapkan, maka data tersebut dinyatakan masih berada dalam batas konsistensi. Nilai ambang statistic Q dan R dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini :

Tabel 2. 3 Nilai Statistik $\frac{Qy}{\sqrt{n}}$ dan $\frac{Ry}{\sqrt{n}}$

Banyak Data	$\frac{Qy}{\sqrt{n}}$			$\frac{Ry}{\sqrt{n}}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
n						
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.1	1.22	1.42	1.34	1.43	1.6
30	1.12	1.24	1.46	1.4	1.5	1.7
40	1.13	1.26	1.5	1.42	1.53	1.74
50	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.5	1.62	1.86
infinite	1.22	1.36	1.63	1.62	1.75	2

Sumber : Harto (1993)

2.15 Uji Ketiadaan Trend

Dalam analisis runtun waktu (time series), nilai pada suatu titik waktu tertentu dapat menunjukkan penyimpangan yang bersifat konsisten, yang mengindikasikan adanya perubahan kecenderungan atau tren. Apabila hal ini terjadi, maka runtun waktu tersebut tidak lagi bersifat homogen dan tidak seluruhnya layak digunakan dalam analisis hidrologi.

Runtun waktu atau deret berkala yang menunjukkan pola perubahan jangka panjang dengan arah yang cenderung tetap - baik meningkat maupun menurun - disebut sebagai tren (trend). Umumnya, pola ini terlihat pada data dengan rentang waktu lebih dari sepuluh tahun. Sementara itu, tren musiman atau variasi musiman (seasonal trend atau seasonal variation) menggambarkan pola perubahan dalam jangka waktu satu tahun.

Untuk deret berkala dengan data kurang dari sepuluh tahun, identifikasi tren sering kali sulit dilakukan. Hal ini disebabkan oleh kemungkinan bahwa pola yang teramati hanya mencerminkan satu siklus (cyclical time series), bukan suatu tren yang berulang. Siklus sendiri merupakan pola pergerakan yang tidak teratur dari suatu tren.

Apabila dalam suatu deret berkala terdapat indikasi tren, maka data tersebut sebaiknya tidak digunakan untuk beberapa analisis hidrologi seperti analisis peluang atau simulasi. Jika tetap digunakan, maka analisis tersebut harus memperhitungkan dan mengikuti garis tren yang terbentuk.

Keberadaan atau ketiadaan tren dalam suatu deret berkala dapat diuji melalui berbagai pendekatan. Secara visual, tren dapat diamati dengan memetakan data pada kertas grafik aritmetika. Di sisi lain, tren juga dapat dianalisis sebagai bentuk hubungan atau korelasi antara variabel waktu dan variabel hidrologi. Oleh karena itu, koefisien korelasi dapat digunakan untuk menguji keberadaan tren dalam data. Salah satu metode yang umum digunakan untuk tujuan ini adalah Metode Spearman Rank Correlation, yang dirumuskan oleh Soewarno (1995):

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{n^3 - n} \quad (2.8)$$

$$t = KP \left| \frac{n-2}{1-KP^2} \right|^{\frac{1}{2}} \quad (2.9)$$

Dimana:

Kp = Koefisien korelasi peringkat Spearman.

n = Jumlah data.

dt = $R_t - T_t$.

Tt = Peringkat waktu.

Rt = Peringkat dari variabel hidrologi dalam deret berkala.

t = Nilai distribusi t, pada derajat kebebasan (n-2) untuk derajat kepercayaan tertentu.

2.16 Uji Persistensi

Persistensi mempunyai arti ketidaktergantungan dari setiap nilai dalam deret berkala. Dalam pengujian persistensi diperlukan perhitungan besar koefisien korelasi serial terlebih dahulu. Salah satu metode yang dapat digunakan yaitu metode Spearman yang dapat dirumuskan sebagai berikut (Soewarno, 1995, p.99):

$$KS = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (di)^2}{m^3 - m} \quad (2.10)$$

$$t = KS \left| \frac{m-2}{1-KS^2} \right|^{\frac{1}{2}} \quad (2.11)$$

Dimana:

KS = Koefisien korelasi serial

n = Jumlah data

m = n - 1

di = Perbedaan nilai antara peringkat data ke X_i dan ke X_{i+1}

t = nilai dari distribusi-t pada derajat kebebasan $m = 2$ dan derajat kepercayaan tertentu

Anggapan bahwa data berasal dari sampel acak harus diuji, yang umumnya merupakan persyaratan dalam analisis distribusi peluang. Persistensi (*Persistence*) adalah ketidaktergantungan dari setiap nilai dalam deret berkala. Untuk melaksanakan pengujian persistensi harus dihitung besarnya koefisien korelasi serial. Salah satu metode untuk menentukan koefisien korelasi serial adalah dengan metode Spearman.

2.17 Uji Stationer F & T

Setelah dilakukan pengujian terhadap keberadaan tren dan diketahui bahwa deret berkala tidak menunjukkan adanya tren, maka sebelum data digunakan dalam analisis lanjutan perlu dilakukan uji stasioneritas. Sebaliknya, apabila data menunjukkan adanya tren, maka analisis dapat dilanjutkan berdasarkan pola garis tren yang terbentuk.

Pemilihan model matematis dalam analisis regresi bergantung pada bentuk atau kecenderungan garis tren tersebut. Uji stasioneritas bertujuan untuk mengevaluasi kestabilan nilai rata-rata dan varians dalam deret berkala, serta untuk mengetahui apakah data bersifat homogen atau tidak (Soewarno, 1995).

Pengujian terhadap varians dalam deret berkala dapat dilakukan dengan Uji F, yaitu dengan membagi data deret berkala ke dalam dua atau lebih kelompok, lalu melakukan pengujian antar dua kelompok tersebut. Apabila hasil uji menunjukkan bahwa hipotesis nol ditolak, maka varians antar kelompok tidak sama atau tidak homogen. Dengan demikian, deret berkala dinyatakan tidak stasioner dan tidak perlu dilanjutkan ke pengujian berikutnya. Sementara itu, untuk menguji kestabilan nilai rata-rata, dapat digunakan Uji-t (Soewarno, 1995).

1. Uji Kestabilan Varian (Uji-F)

$$F = \frac{N1.S1^2(N2-1)}{N2.S2^2(N1-1)} \quad (2.12)$$

Dimana:

F = Fungsi distribusi F

N1 = Jumlah sampel kelompok sampel ke-1

N2 = Jumlah sampel kelompok sampel ke-2

S1 = Standar deviasi kelompok sampel ke-1

S2 = Standar deviasi kelompok sampel ke-2

Tabel 2. 4 Nilai F Kritis Distribusi F dengan $\alpha = 5\%$

dk2 = V2	dk1 = V1								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,18
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,08	3,03
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30

dk2 = V2	dk1 = V1								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96
∞	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88

Sumber: Soewarno (1995)

Tabel 2. 5 Nilai F Kritis Distribusi F dengan $\alpha = 1\%$

dk2 = V2	dk1 = V1								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	241,9	243,9	245,9	248,0	249,1	250,1	251,1	252,2	253,3
2	19,40	19,41	19,43	19,45	19,45	19,46	19,47	19,48	19,49
3	8,79	8,74	8,70	8,66	8,64	8,62	8,59	8,57	8,55
4	5,96	5,91	5,86	5,80	5,77	5,75	5,72	5,69	5,66
5	4,74	4,68	4,62	4,56	4,53	4,50	4,46	4,43	4,40
6	4,06	4,00	3,94	3,87	3,84	3,81	3,77	3,74	3,70
7	3,64	3,57	3,51	3,44	3,41	3,38	3,34	3,30	3,27
8	3,35	3,28	3,22	3,15	3,12	3,08	3,04	3,01	2,97
9	3,14	3,07	3,01	2,94	2,90	2,86	2,83	2,79	2,75
10	2,98	2,91	2,85	2,77	2,74	2,70	2,66	2,62	2,58
11	2,85	2,79	2,72	2,65	2,61	2,57	2,53	2,49	2,45
12	2,75	2,69	2,62	2,54	2,51	2,47	2,43	2,38	2,34
13	2,67	2,60	2,53	2,46	2,42	2,38	2,34	2,30	2,25
14	2,60	2,53	2,46	2,39	2,35	2,31	2,27	2,22	2,18
15	2,54	2,48	2,40	2,33	2,29	2,25	2,20	2,16	2,11
16	2,49	2,42	2,35	2,28	2,24	2,19	2,15	2,11	2,06
17	2,45	2,38	2,31	2,23	2,19	2,15	2,10	2,06	2,01
18	2,41	2,34	2,27	2,19	2,15	2,11	2,06	2,02	1,97
19	2,38	2,31	2,23	2,16	2,11	2,07	2,03	1,98	1,93
20	2,35	2,28	2,20	2,12	2,08	2,04	1,99	1,95	1,90
21	2,32	2,25	2,18	2,10	2,05	2,01	1,96	1,92	1,87
22	2,30	2,23	2,15	2,07	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84
23	2,27	2,20	2,13	2,05	2,01	1,96	1,91	1,86	1,81
24	2,25	2,18	2,11	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,79
25	2,24	2,16	2,09	2,01	1,96	1,92	1,87	1,82	1,77
26	2,22	2,15	2,07	1,99	1,95	1,90	1,85	1,80	1,75
27	2,20	2,13	2,06	1,97	1,93	1,88	1,84	1,79	1,73
28	2,19	2,12	2,04	1,96	1,91	1,87	1,82	1,77	1,71
29	2,18	2,10	2,03	1,94	1,90	1,85	1,81	1,75	1,70
30	2,16	2,09	2,01	1,93	1,89	1,84	1,79	1,74	1,68
40	2,08	2,00	1,92	1,84	1,79	1,74	1,69	1,64	1,58
60	1,99	1,92	1,84	1,75	1,70	1,65	1,59	1,53	1,47
120	1,91	1,83	1,75	1,66	1,61	1,55	1,50	1,43	1,35
∞	1,83	1,75	1,67	1,57	1,52	1,46	1,39	1,32	1,22

Sumber: Soewarno (1995)

2. Uji Kestabilan Rata-Rata (Uji-T)

$$\sigma = \left(\frac{N_1.S_1^2 + N_2.S_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.13)$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (2.14)$$

Dimana:

t = Variable t terhitung

\bar{X}_1 = Rata-rata hitung kelompok sampel ke-1

\bar{X}_2 = Rata-rata hitung kelompok sampel ke-2

N1 = Jumlah sampel kelompok sampel ke-1

N2 = Jumlah sampel kelompok sampel ke-2

Tabel 2. 6 Nilai T Kritis Distribusi T

dk	Derajat Kepercayaan α				
	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
1	3,078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	1,886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1,638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1,533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1,476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1,440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1,415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1,397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1,383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1,372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1,363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1,356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1,350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1,345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1,341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1,337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1,333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1,330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1,328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1,325	1.725	2.086	2.528	2.845

Sumber: Soewarno (2012)

2.18 Uji Abnormalitas (Oulier – Inlier)

Sebelum data hidrologi dianalisis lebih lanjut, perlu dilakukan terlebih dahulu pengujian terhadap keberadaan data yang menyimpang atau tidak wajar. Tujuan dari uji ini adalah untuk menentukan apakah nilai maksimum dan minimum dalam deret data

tersebut masih dapat diterima sebagai bagian dari analisis atau perlu dikeluarkan.

Langkah-langkah perhitungannya dilakukan sebagai berikut:

1. Data diurutkan dari besar ke kecil atau sebaliknya (X)
2. Menghitung harga $Y = \text{Log } X$
3. Menghitung Yrerata
4. Menghitung Sd
5. Menentukan harga Kn sesuai jumlah data dengan melihat Tabel 2.7
6. Menghitung batas atas dan batas bawah harga abnormalitas data
7. Menentukan data yang dapat dipakai atau tidak dapat dipakai sesuai dengan batas atas dan batas bawah abnormalitas data

Tabel 2.7 Nilai Kn Untuk Uji Outlier-Inlier

Jumlah Data	Kn	Jumlah Data	Kn	Jumlah Data	Kn	Jumlah Data	Kn
1	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.84
2	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.87
3	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.89
4	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.92
5	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.94
6	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.96
7	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.98
8	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.00
9	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.02
10	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.05
11	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.08
12	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.10
13	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.13
14	2.448	37	2.650	55	2.804		

Sumber: Sumber: Chow (1998)

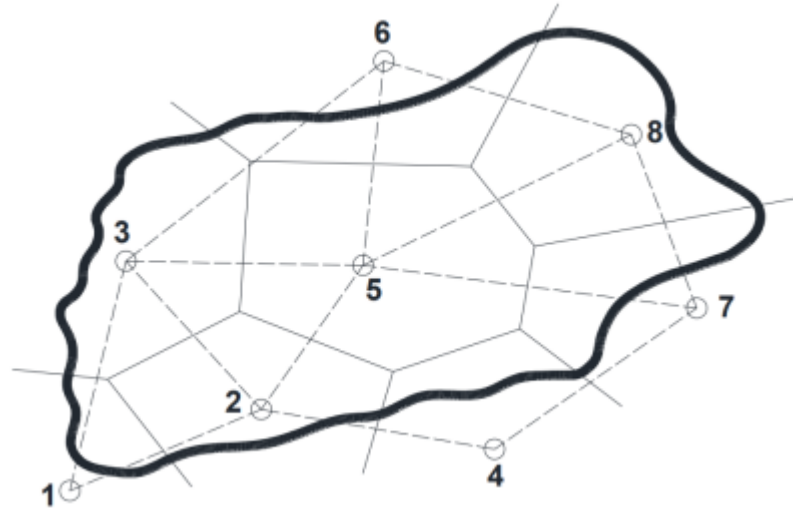
2.19 Analisa Curah Hujan Daerah

Curah hujan wilayah merupakan total volume air hujan yang jatuh di suatu kawasan dalam kurun waktu tertentu, misalnya selama satu tahun. Penghitungan curah hujan wilayah dilakukan berdasarkan data curah hujan yang diperoleh dari beberapa titik pengukuran di area tersebut, lalu dihitung nilai rata-ratanya. Terdapat tiga metode yang umum digunakan dalam analisis curah hujan wilayah, yaitu Metode Rata-rata Aritmetika, Metode Poligon Thiessen, dan Metode Isoyet.

2.19.1 Metode Polygon Thiessen

Metode ini bertumpu pada anggapan bahwa curah hujan di suatu wilayah dapat digambarkan oleh stasiun cuaca yang paling dekat. Dalam metode ini, wilayah tersebut dibagi menjadi beberapa bagian yang disebut zona Thiessen, masing-masing mengelilingi

satu stasiun pengamatan. Setelah itu, curah hujan rata-rata dari setiap zona dihitung dan digunakan untuk menentukan curah hujan rata-rata seluruh kawasan.



Gambar 2. 2 Polygon Thiessen
Sumber : Sosrodarsono dan Takeda (2003)

Curah hujan rerata daerah dengan metode Polygon Thiessen dapat diperoleh melalui persamaan berikut (Sosrodarsono dan Takeda, 2003):

$$\bar{X} = \frac{X_1A_1+X_2A_2+X_3A_3+\dots+X_nA_n}{A_1+A_2+A_3+\dots+A_n} \quad (2.16)$$

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

X_1, X_2, X_3, X_n = Curah hujan masing-masing stasiun yang diamati (mm)

A_1, A_2, A_3, A_n = Luas daerah yang diwakili tiap titik pengamatan (km²)

2.19.2 Analisa Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan merupakan perkiraan terhadap besarnya curah hujan yang diprediksi akan terjadi di suatu wilayah dalam kurun waktu tertentu, seperti selama 1 jam, 6 jam, 24 jam, atau periode lainnya. Perkiraan ini dijadikan dasar dalam perencanaan infrastruktur agar mampu menahan dampak dari curah hujan yang intensitasnya tinggi.

Perhitungan curah hujan rancangan mempertimbangkan sejumlah faktor yang berpengaruh, antara lain kondisi geografis dan topografis wilayah, serta data historis curah hujan di lokasi tersebut. Dalam menganalisis curah hujan rancangan, biasanya digunakan data historis curah hujan yang dikombinasikan dengan pendekatan statistik serta model matematis untuk memprediksi kemungkinan curah hujan di masa mendatang.

Analisis curah hujan rancangan adalah suatu proses untuk menentukan besarnya curah hujan yang diperkirakan akan turun pada suatu daerah dalam waktu tertentu, dengan memperhitungkan berbagai aspek seperti letak geografis, bentuk lahan (topografi), dan riwayat curah hujan sebelumnya. Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk memperkirakan curah hujan yang berpotensi terjadi di masa depan sebagai acuan dalam merancang bangunan maupun infrastruktur yang tahan terhadap intensitas curah hujan tinggi.

Dalam pelaksanaannya, analisis curah hujan rancangan dapat menggunakan salah satu dari beberapa pendekatan atau teori yang tersedia, antara lain:

1. Distribusi Log Pearson type III
2. Distribusi Gumbel
3. Distribusi Normal
4. Distribusi Log Normal

Parameter statistic yang digunakan untuk menentukan macam sebaran yang sesuai adalah sebagai berikut:

1. Cs (koefisien skewness), yang merupakan ukuran dari penyimpangan suatu distribusi Menghitung nilai Cs (koefisien skewness) dapat menggunakan rumus berikut:

$$C_s = \frac{n \sum (\text{Log} X_i - \overline{\text{Log} X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^2} \quad (2.20)$$

2. Ck (koefisien kurtosis), yang merupakan ukuran kepuncakan Menghitung nilai Ck (koefisien kurtosis) dapat menggunakan rumus berikut:

$$C_k = \frac{n^2 \sum (\text{Log} X_i - \overline{\text{Log} X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \quad (2.21)$$

3. Cv (koefisien variansi), menghitung nilai Cv (koefisien variansi) dapat menggunakan rumus berikut:

$$C_v = \frac{Sd}{\bar{X}} \quad (2.22)$$

Dimana:

n = Jumlah data

X_i = Data curah hujan

\bar{X} = Rerata curah hujan

Sd = Simpangan baku

Syarat pemakaian salah satu teori dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. 8 Syarat Pemilihan Distribusi Frekuensi Berdasarkan

No.	Jenis Distribusi	Syarat
1	Gumbel	$Cs \leq 1.1306$
		$Ck \leq 5.40$
2	Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv$
		$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$
3	Normal	$Cs = 0$
		$Ck = 3$
4	Log Person Tipe III	Selain dari nilai diatas/flexibel

Sumber: Harto, Sri. (1993)

Dari Tabel 2.5 dapat di ketahui bahwa teori Distribusi Log Pearson type III lebih fleksibel dibandingkan dengan teori lain dikarenakan memiliki nilai Cs dan Ck bebas, sehingga dapat digunakan untuk semua sebaran data.

A. Distribusi Gumbel

Untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode distribusi Gumbel digunakan persamaan distribusi frekuensi empiris sebagai berikut (Soemarto, 1988:233-235):

$$R_T = \bar{R} + K_T S \quad (2.23)$$

$$K_T = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \quad (2.24)$$

$$y_t = -(0.834 + 2.303 \text{ Log } \frac{t}{(t-1)}) \quad (2.25)$$

Hubungan antara periode ulang T dengan Y_T dapat dihitung dengan rumus (untuk T 20, maka $Y = \ln T$):

$$Y_T = -\ln \left(-\ln \frac{T_r - 1}{T} \right) \quad (2.26)$$

Dimana:

R_T = Curah hujan untuk periode ulang T tahun

\bar{R} = Curah hujan harian maksimum rata-rata

S = Deviasi standar

S_n, Y_n = Faktor penurangan deviasi standar rata-rata sebagai fungsi dari jumlah data

K_T = Faktor frekuensi

B. Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal dapat disebut juga sebagai distribusi Gauss. Perhitungan curah hujan rancangan menurut metode ini mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$R_T = \bar{R} + K_T S \quad (2.27)$$

Dimana:

R_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T tahun

\bar{R} = Nilai rata-rata data

S = Deviasi standar data

K_T = Faktor frekuensi distribusi normal

Untuk mempermudah perhitungan, nilai faktor frekuensi K_T pada umumnya tersedia dalam bentuk tabel yang disebut tabel nilai variabel reduksi Gauss, seperti yang dibawah ini:

C. Distribusi Log Normal

Dalam distribusi log normal data R diubah ke dalam bentuk bilangan logaritmik $Y = \ln R$. Jika variabel $Y = \ln R$ terdistribusi secara normal, maka R dikatakan mengikuti distribusi log normal. Untuk distribusi ini perhitungan curah hujan rancangan dapat menggunakan persamaan berikut ini:

$$Y_T = \overline{\bar{Y}} + K_T S \quad (2.28)$$

Dimana:

Y_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun

$\overline{\bar{Y}}$ = Nilai rata-rata data

K_T = Faktor frekuensi

S = Deviasi standar data

Atau dapat digunakan persamaan dalam bentuk R seperti di bawah ini:

$$\ln R_T = \overline{\ln R} + K_T S_{\ln R} \quad (2.29)$$

D. Distribusi Log Pearson Type III

Metode distribusi **Log Pearson Tipe III** banyak digunakan dalam analisis data banjir maksimum untuk berbagai periode ulang tertentu. Distribusi ini memiliki bentuk kumulatif yang, apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik, akan membentuk suatu model matematis. Langkah-langkah perhitungan dalam menentukan curah hujan rancangan menggunakan pendekatan teori Log Pearson Tipe III dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

1. Hujan harian maksimum diubah dalam bentuk logaritma
2. Menghitung nilai logaritma rata-rata menggunakan rumus berikut:

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum \text{Log } X_i}{n} \quad (2.30)$$

3. Menghitung nilai simpangan baku menggunakan rumus berikut:

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{(n-1)}} \quad (2.31)$$

4. Menghitung nilai koefisien kemiringan menggunakan rumus berikut:

$$Cs = \frac{n \sum (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \quad (2.32)$$

5. Menghitung logaritma hujan rancangan dengan kala ulang tertentu menggunakan rumus berikut:

$$\text{Log } R_t = \text{Log } x + K \times Sd \quad (2.33)$$

6. Menghitung antilog R_t untuk mendapatkan curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu atau dengan membaca grafik pengeplotan R_t lawan peluang di kertas logaritma

Tabel 2.9 Nilai K

Recurrence Interval In Years										
Skewness Coefficient	1.0101	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
Percent Chance (\geq) = 1-F										
Cw	99	50	20	10	4	2	1	0.5	0.2	0.1
3	-0.667	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	6.605	7.150
2.9	-0.690	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.904	6.500	7.030
2.8	-0.714	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847	6.402	6.920
2.7	-0.740	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783	6.288	6.790
2.6	-0.769	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718	6.182	6.670
2.5	-0.799	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.076	6.550

Recurrence Interval In Years										
Skewness Coefficient	1.0101	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
Percent Chance (\geq) = 1-F										
Cw	99	50	20	10	4	2	1	0.5	0.2	0.1
2.4	-0.832	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584	5.961	6.420
2.3	-0.867	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515	5.854	6.300
2.2	-0.905	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444	5.741	6.170
2.1	-0.946	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372	5.623	6.040
2	-0.990	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.507	5.910
1.9	-1.037	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223	5.391	5.780
1.8	-1.087	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.267	5.640
1.7	-1.140	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069	5.150	5.510
1.6	-1.197	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.025	5.370
1.5	-1.256	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910	4.900	5.230
1.4	-1.318	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	4.782	5.100
1.3	-1.383	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745	4.656	4.960
1.2	-1.449	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.523	4.810
1.1	-1.518	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575	4.396	4.670
1	-1.588	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.270	4.530
0.9	-1.660	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.143	4.390
0.8	-1.733	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312	4.008	4.240
0.7	-1.806	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	3.881	4.100
0.6	-1.880	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.753	3.960
0.5	-1.955	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.618	3.810
0.4	-2.029	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.490	3.670
0.3	-2.104	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.354	3.520
0.2	-2.178	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.226	3.380
0.1	-2.252	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670	3.090	3.230
0	-2.326	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	2.962	3.090
-0.1	-2.400	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482	2.834	2.950
-0.2	-2.472	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.705	2.810
-0.3	-2.544	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.576	2.670
-0.4	-2.615	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.449	2.530
-0.5	-2.686	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.327	2.400
-0.6	-2.755	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.207	2.270
-0.7	-2.824	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.087	2.140
-0.8	-2.891	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	1.974	2.020
-0.9	-2.957	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749	1.862	1.900
-1	-3.022	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.759	1.790
-1.1	-3.087	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581	1.671	1.668
-1.2	-3.149	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.560	1.580
-1.3	-3.211	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424	1.466	1.480
-1.4	-3.271	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.380	1.390
-1.5	-3.330	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282	1.303	1.310
-1.6	-3.380	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216	1.234	1.240
-1.7	-3.444	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155	1.166	1.170
-1.8	-3.499	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097	1.107	1.110
-1.9	-3.553	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044	1.049	1.050
-2	-3.605	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995	0.999	1.000
-2.1	-3.656	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949	0.950	0.950
-2.2	-3.705	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907	0.834	0.810
-2.3	-3.753	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869	0.870	0.870
-2.4	-3.800	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833	0.833	0.833

Recurrence Interval In Years										
Skewness Coefficient	1.0101	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
Percent Chance (\geq) = 1-F										
Cw	99	50	20	10	4	2	1	0.5	0.2	0.1
-2.5	-3.845	0.360	0.711	0.711	0.793	0.798	0.799	0.800	0.800	0.800
-2.6	-3.899	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769	0.770	0.770
-2.7	-3.932	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741	0.740	0.740
-2.8	-3.973	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714	0.714	0.714
-2.9	-4.013	0.390	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690	0.690	0.690
-3	-4.051	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.669	0.670

Sumber: C.T. Haan (1997)

2.19.3 Uji Kesesuaian Distribusi

Pengujian kesesuaian distribusi dilakukan untuk menilai apakah data yang tersedia sesuai dengan jenis distribusi yang digunakan. Terdapat dua metode yang umum dipakai dalam pengujian ini, yaitu uji Chi-Square dan uji Kolmogorov-Smirnov.

2.19.4 Uji Chi – Square

Uji Chi-Square merupakan metode statistik yang digunakan untuk mengevaluasi apakah terdapat hubungan antara dua atau lebih variabel berskala kategorikal. Uji ini dilakukan dengan membandingkan frekuensi hasil pengamatan dengan frekuensi yang diharapkan apabila tidak terdapat hubungan di antara variabel-variabel tersebut.

Nilai statistik Chi-Square yang dihasilkan mencerminkan sejauh mana perbedaan antara frekuensi aktual dan frekuensi yang diharapkan. Semakin besar nilai tersebut, semakin besar pula selisih antara keduanya, yang menunjukkan kemungkinan adanya keterkaitan antara variabel-variabel yang diuji.

Dalam studi hidrologi, uji Chi-Square digunakan untuk menganalisis hasil pemetaan data curah hujan pada kertas probabilitas logaritmik, dengan membandingkan distribusi teoritis dan distribusi empiris pada sumbu vertikal yang menggambarkan data curah hujan rancangan. Tahapan pelaksanaan uji Chi-Square dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Menghitung selisih data curah hujan hasil perhitungan (X_t) dengan nilai data curah hujan hasil pengamatan (X_e)
2. Selisih dari hasil tersebut dikuadratkan setelah itu dibagi nilai setiap tahunnya kemudian dijumlahkan untuk beberapa tahun. Nilai ini adalah X^2 hitung.
3. Nilai X^2 hitung dibandingkan dengan nilai X^2Cr dari tabel Chi Kuadrat dengan α dan jumlah data (n) tertentu. Apabila X^2 hitung $<$ X^2Cr maka hipotesa diterima.

Tabel 2. 10 Harga Chi-Square

α derajat kepercayaan							
dk	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01
1	0.0000393	0.000157	0.000982	0.00393	3.841	5.024	6.635
2	0.010	0.020	0.051	0.103	5.991	7.378	9.210
3	0.072	0.150	0.216	0.352	7.815	9.348	11.345
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.488	11.143	13.277
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11.070	12.832	15.086
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.812
7	0.989	1.239	1.690	2.167	14.067	16.013	18.475
8	1.344	1.646	2.180	2.733	15.507	17.535	20.090
9	1.735	2.088	2.700	3.325	16.919	19.023	21.666
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18.307	20.483	23.209
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.920	24.725
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.712
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.688
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.488	30.578
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.850	32.000
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409
18	6.265	7.015	8.231	9.390	28.869	31.526	34.805
19	6.884	7.633	8.907	10.117	30.144	32.852	36.191
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31.410	34.170	37.566
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32.671	35.479	38.932
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289
23	9.260	10.196	11.689	13.091	36.172	38.076	41.638
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.980
25	10.520	11.524	13.120	14.611	37.652	40.464	44.314
26	11.160	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.642
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.963
28	12.461	13.565	15.308	16.928	41.337	44.461	48.278
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.773	46.979	40.892

Sumber: Soewarno (1995)

2.19.5 Uji Smirnov Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov (sering pula disebut uji Kolmogorov-Smirnov) merupakan metode statistik yang digunakan untuk menguji apakah suatu sampel data berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Selain itu, uji ini juga dapat digunakan untuk membandingkan dua sampel data guna mengetahui apakah keduanya berasal dari populasi yang sama.

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan antara fungsi distribusi empiris (Empirical Distribution Function/EDF) dari sampel dengan fungsi distribusi kumulatif teoritis (Cumulative Distribution Function/CDF) dari populasi. Hasil dari uji ini adalah nilai D , yaitu selisih maksimum antara EDF dan CDF, yang kemudian dibandingkan

dengan nilai kritis yang ditentukan berdasarkan ukuran sampel dan tingkat signifikansi yang diinginkan.

Dalam konteks hidrologi, uji Smirnov-Kolmogorov diperoleh dari analisis grafik data curah hujan yang dipetakan pada kertas probabilitas logaritmik. Selisih antara distribusi teoritis dan empiris terlihat pada sumbu horizontal, yang mewakili nilai probabilitas. Selisih terbesar, yang disebut Δ maks, kemudian dibandingkan dengan nilai kritis (Δ kritis) yang dihitung berdasarkan jumlah data serta batas simpangan yang ditetapkan. Jika Δ maks $<$ Δ kritis, maka hipotesis diterima.

Tabel 2.11 Harga Uji Smirnov Kolmogrof

n	α			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N>50	1,07/(N 0,5)	1,22/(N 0,5)	1,36/(N 0,5)	1,63/(N 0,5)

Sumber: Soewarno (1995)

2.20 Analisa Curah Hujan Efektif

2.20.1 Metode Intensitas Durasi Frekuensi (IDF)

Metode ini disajikan dalam bentuk kurva yang menggambarkan hubungan antara durasi hujan (sebagai sumbu horizontal/absis) dan intensitas hujan (sebagai sumbu vertikal/ordinat). Kurva tersebut biasanya dilengkapi dengan beberapa grafik yang menunjukkan periode ulang atau frekuensi kejadian hujan.

Tujuan utama dari analisis Intensitas–Durasi–Frekuensi (IDF) adalah untuk memperkirakan debit puncak berdasarkan data curah hujan yang dicatat pada satu titik pengamatan (satu stasiun hujan). Data hujan yang digunakan dalam analisis ini adalah data dengan intensitas tinggi yang umumnya terjadi dalam durasi pendek, seperti hujan berdurasi 5, 10, 15 menit hingga 120 menit atau lebih. Oleh karena itu, penggunaan stasiun pencatat hujan otomatis sangat penting dalam analisis ini.

Adapun langkah-langkah dalam menyusun kurva IDF adalah sebagai berikut (Triatmodjo, 2013):

1. Hujan dengan 5, 10, 15, ..., n menitan harus ditetapkan durasinya.
2. Dari hasil pencatatan data hujan secara otomatis, yang menunjukkan jumlah komulatif hujan terhadap waktu, dicatat besaran atau nilai hujan deras dengan masing-masing durasi tersebut. Selanjutnya dipilih nilai kedalaman hujan maksimum untuk setiap tahun pencatatan, sehingga dapat diperoleh sejumlah data yang mencakup seluruh tahun pencatatan.
3. Nilai kedalaman hujan pada butir 2 di atas dapat dikonversi menjadi intensitas curah hujan dengan membandingkan kedalaman hujan dan durasi hujan ($i = p/t$), dimana p merupakan nilai kedalaman hujan dan t adalah durasi hujan (5, 10, 15, ... n menit)
4. Intensitas hujan ekstrim dihitung dengan membuat hubungan antara durasi hujan untuk beberapa periode ulang dengan intensitas hujan dalam bentuk kurva.

2.20.2 Metode Mononobe

Sebaran hujan jam-jaman merupakan pola penyebaran curah hujan dalam selang waktu tertentu, seperti setiap satu jam atau setiap 30 menit. Informasi mengenai sebaran hujan ini sangat penting dalam kajian hidrologi karena berpengaruh terhadap besar kecilnya debit aliran sungai serta potensi terjadinya banjir di suatu wilayah.

Analisis terhadap sebaran hujan jam-jaman dapat dilakukan secara langsung menggunakan alat pencatat di lapangan. Namun, apabila data pengamatan tidak tersedia, maka perhitungan sebaran hujan jam-jaman dapat dilakukan dengan menggunakan rumus Mononobe, sebagai alternatif pendekatan.

$$r_t = \frac{R_{24}}{t} \left[\frac{t}{T} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (2.34)$$

$$RT = t \times r_t - (t-1) \times r_{t-1} \quad (2.35)$$

Dimana:

r_t = Intensitas curah hujan rata-rata sampai jam ke-T (mm/jam)

T = Waktu mulai hujan sampai jam ke-T (jam)

t = Waktu konsentrasi hujan (jam)

R_{24} = Curah hujan harian yaitu curah hujan 24 jam (mm)

RT = Intensitas curah hujan pada jam ke-T (mm/jam)

2.20.3 Metode Alternating Block Method (Hujan Jam-jaman)

Metode Alternating Block (ABM) merupakan pendekatan yang sederhana untuk menyusun hyetograph rencana berdasarkan kurva IDF (Chow et al., 1988). Hyetograph yang dihasilkan dari metode ini menggambarkan curah hujan yang terjadi dalam sejumlah interval waktu berturut-turut sebanyak n dengan durasi masing-masing sebesar Δt , sehingga total durasi hujan menjadi $T_d = n \times \Delta t$.

$$\text{Kedalaman hujan} = \text{rt. } T_d \quad (2.36)$$

Dimana:

I_t = Intensitas curah hujan untuk durasi hujan t (mm/jam)

T_d = Durasi/waktu hujan (jam)

Penambahan curah hujan pada setiap interval waktu Δt diperoleh dari selisih antara kedalaman hujan pada dua waktu yang berurutan. Selanjutnya, data kedalaman hujan tersebut disusun kembali ke dalam urutan waktu pertumbuhan hujan, dengan cara menempatkan intensitas hujan tertinggi di bagian tengah dari durasi hujan T_d . Blok-blok curah hujan lainnya kemudian diatur secara menurun secara bergantian ke sisi kanan dan kiri dari blok tengah. Dengan cara ini, *hyetograph* rencana terbentuk secara simetris.

2.20.4 Analisa Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan merupakan besarnya aliran air yang diperkirakan akan terjadi pada suatu sungai atau saluran air ketika terjadi banjir dengan frekuensi tertentu, atau dalam periode ulang tertentu, dalam rentang waktu yang telah ditentukan. Nilai debit ini menjadi acuan penting dalam proses perencanaan dan perancangan berbagai bangunan air, seperti bendungan, jembatan, saluran drainase, dan infrastruktur sejenis lainnya.

Terdapat berbagai metode yang telah dikembangkan untuk menghitung debit banjir rancangan, di antaranya adalah Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu, HSS Gamma I, HSS Snyder, HSS Limantara, dan lain-lain. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah HSS Nakayasu, karena telah teruji dan terbukti sesuai dengan karakteristik wilayah di Indonesia.

2.20.5 Daerah Non-Cekungan Air Tanah

Wilayah Kabupaten Tuban secara hidrogeologis termasuk dalam dua kategori besar:

- a. Cekungan Air Tanah (CAT) di bagian utara.
- b. Daerah Non-Cekungan Air Tanah (non-CAT) tersebar di bagian tengah dan selatan. Daerah non-cekungan air tanah adalah wilayah yang tidak memiliki lapisan akuifer luas dan kontinu, sehingga air tanah tidak dapat disimpan atau mengalir secara signifikan di bawah permukaan. Air hujan yang jatuh di daerah ini cenderung langsung mengalir di permukaan atau meresap dalam jumlah kecil dan tertahan di rongga-rongga batuan kapur.

Ciri-ciri utama daerah non-CAT antara lain:

1. Lapisan batuan dominan berupa batugamping dan napal keras dengan porositas sekunder terbatas.
2. Infiltrasi air sangat rendah akibat retakan kecil yang tidak terhubung antar-lapisan.
3. Kedalaman muka air tanah sangat dalam (lebih dari 60 meter) atau bahkan tidak ditemukan pada beberapa titik.
4. Sumber mata air alami sangat terbatas, hanya muncul di lembah-lembah tertentu pada musim hujan.
5. Sumur gali dangkal sering kering pada musim kemarau.

2.20.6 Dampak terhadap Ketersediaan Air Bersih

Kondisi geologi dan hidrologi yang tidak mendukung penyimpanan air tanah di daerah non-CAT menyebabkan masyarakat Bojonegoro bagian selatan sangat bergantung pada sumber air permukaan musiman, seperti:

- Embung buatan,
- Tandon air desa,
- Bantuan air tangki, dan
- Penampungan air hujan skala rumah tangga.

Namun, kapasitas embung yang terbatas dan minimnya sistem distribusi menyebabkan ketersediaan air bersih tidak mencukupi kebutuhan rumah tangga, terutama saat musim kemarau panjang. Oleh karena itu, integrasi antara embung desa dan sistem pemanenan air hujan perlu dikembangkan agar air yang tersedia dapat dimanfaatkan secara optimal dan berkelanjutan.

2.20.7 Relevansi dengan Penelitian

Pemahaman terhadap kondisi geologi, hidrologi, dan wilayah non-cekungan air tanah sangat penting dalam penelitian ini karena:

1. Menjelaskan faktor penyebab utama kekeringan dan rendahnya cadangan air tanah di wilayah Bojonegoro selatan.
2. Menjadi dasar ilmiah bagi perancangan sistem embung dan rainwater harvesting yang sesuai karakteristik geologi setempat.
3. Membantu menentukan lokasi potensial pembangunan embung baru atau pengembangan embung eksisting.
4. Menjadi acuan dalam analisis efektivitas pemanfaatan air hujan sebagai sumber air bersih alternatif.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan model pengelolaan air terpadu berbasis karakteristik lokal, yang mampu menjawab permasalahan kekeringan dan keterbatasan air bersih di daerah non-CAT Kabupaten Tuban.

2.21 Potensi Air Hujan di Kabupaten Bojonegoro

2.21.1 Pengertian dan Faktor Penentu Potensi Air Hujan

Potensi air hujan merupakan jumlah total air hujan yang dapat ditangkap dan dimanfaatkan dari suatu wilayah dalam periode tertentu. Besarnya potensi ini ditentukan oleh beberapa faktor utama, yaitu:

Curah hujan tahunan rata-rata (R) – diukur dalam milimeter per tahun (mm/tahun).

- Luas daerah tangkapan air (A) – luas permukaan yang dapat menampung atau mengalirkan air hujan, biasanya dinyatakan dalam meter persegi (m²) atau hektar (ha).
- Koefisien limpasan (C) – persentase air hujan yang mengalir sebagai aliran permukaan (runoff) dan dapat ditangkap, tergantung pada jenis permukaan tanah, vegetasi, dan kemiringan lahan.

Secara umum, rumus untuk menghitung potensi air hujan (volume runoff) adalah:

$$V = C \times I \times A \dots\dots\dots(2.1)$$

di mana:

V = Volume air hujan yang dapat ditangkap (m³/tahun)

C = Koefisien limpasan (0,1 – 0,9)

I = Curah hujan tahunan rata-rata (mm/tahun)

A = Luas daerah tangkapan (m²)

(Sumber: Asdak, 2018; Puslitbang SDA, 2020)

Nilai koefisien limpasan (C) berbeda-beda tergantung jenis permukaan:

Tabel 2.12. Nilai Koefisien Limpasan

Jenis Permukaan	Nilai C
Atap bangunan (seng, genteng)	0,8 – 0,9
Permukaan tanah padat atau beraspal	0,7 – 0,8
Permukaan berumput atau vegetasi rapat	0,2 – 0,4
Tanah berpasir (permeabel)	0,1 – 0,3
Lahan karst (retakan terbuka)	0,3 – 0,5

2.21.2 Kondisi Curah Hujan di Kabupaten Bojonegoro

Kabupaten Tuban memiliki pola iklim monsun, dengan dua musim yang jelas:

- Musim penghujan (November – April), dan
- Musim kemarau (Mei – Oktober).

Berdasarkan data dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Karangploso Malang, 2020 – 2024, rata-rata curah hujan tahunan di Bojonegoro adalah sekitar 1.500 – 2.000 mm/tahun, dengan distribusi sebagai berikut:

Tabel 2.13. Distribusi Rata-Rata Curah Hujan Tahunan Kab. Bojonegoro Tahun 2020 - 2024

Kecamatan	Curah Hujan Tahunan (mm/tahun)	Hari Hujan (hari/tahun)	Keterangan
Dander	1.850	105	Sedang–tinggi
Bubulan	1.700	98	Sedang
Temayang	1.620	95	Sedang
Sekar	1.900	110	Sedang–tinggi
Gondang	1.580	92	Sedang
Baureno (utara)	2.050	115	Tinggi

Sumber : BMKG Karangploso Malang 2025

Rata-rata curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Desember–Februari, mencapai lebih dari 300 mm/bulan, sedangkan pada musim kemarau (Juli–September) curah hujan menurun drastis hingga di bawah 50 mm/bulan.

2.21.3 Pemanfaatan Potensi Air Hujan untuk Kebutuhan Air Bersih

Potensi air hujan yang besar di Bojonegoro dapat dimanfaatkan melalui beberapa pendekatan:

1. Pembangunan embung skala desa untuk menampung limpasan hujan dari lahan pertanian dan perbukitan.

2. Penerapan sistem *rainwater harvesting* skala rumah tangga, terutama di permukiman terpencil.
3. Optimalisasi daerah tangkapan air (catchment management) melalui penanaman vegetasi penutup dan pengendalian erosi.
4. Integrasi dengan program sumur resapan dan recharge area, untuk meningkatkan cadangan air tanah mikro.

Dengan pengelolaan yang baik, potensi air hujan dapat menjadi sumber utama penyediaan air bersih berkelanjutan, sekaligus mengurangi risiko kekeringan dan ketergantungan pada air tanah dangkal.

2.21.4 Tantangan Pemanfaatan Potensi Air Hujan

Beberapa kendala yang masih dihadapi dalam optimalisasi potensi air hujan di Bojonegoro antara lain:

1. Variabilitas curah hujan antar-musim yang tinggi menyebabkan fluktuasi volume air embung.
2. Tingkat kehilangan air tinggi akibat evaporasi dan infiltrasi di daerah karst.
3. Sedimentasi embung cepat karena limpasan membawa material tanah dari lereng gundul.
4. Kurangnya kesadaran masyarakat dalam menjaga saluran air hujan dan tangki penampung.
5. Belum adanya sistem monitoring dan pengukuran curah hujan lokal yang memadai di setiap kecamatan.

Upaya mitigasi perlu dilakukan melalui pendidikan konservasi air, pemantauan iklim mikro, dan peningkatan kapasitas teknis masyarakat desa dalam pengelolaan embung dan tangki penampung air hujan.

2.22 Kajian Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pemanfaatan embung dan sistem pemanenan air hujan (*rainwater harvesting*) telah banyak dilakukan di berbagai wilayah Indonesia, terutama di daerah yang memiliki karakteristik iklim kering, curah hujan rendah, serta keterbatasan sumber air tanah. Kajian berikut disusun pada table 2.1 di bawah untuk memberikan gambaran mengenai hasil-hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini.

Tabel 2.14 Kajian Penelitian Terdahulu

Penulis, Tahun dan Judul	Tujuan Penelitian	Metode	Hasil	Kesimpulan	Gap
TH Pamungkas (2023), “Potensi Pemanenan Air Hujan Dalam Memenuhi Kebutuhan Air di Desa Seraya” (Seraya, 2023)	Menganalisis potensi pemanenan air hujan untuk memenuhi kebutuhan air domestik di Desa Seraya	Deskriptif kuantitatif dengan pengambilan sampel acak sederhana, observasi ukuran atap dan bak penampung, analisis data curah hujan dan kebutuhan air	Potensi hasil panen air hujan dapat memenuhi 92,53% kebutuhan air, namun kapasitas bak yang ada hanya mampu menampung 14,51% kebutuhan sehingga perlu penambahan bak penampung	RWH efektif membantu memenuhi kebutuhan air dengan peningkatan kapasitas penampung air akan meningkatkan manfaatnya	pentingnya embung sebagai media penyimpanan yang berkapasitas besar
Takalar (2023), “Pemanenan Air Hujan Sebagai Penyediaan Air Bersih di Kabupaten Takalar”	Menganalisis efektivitas pemanenan air hujan sebagai alternatif kebutuhan air bersih	Analisis data curah hujan, tipe dan luas atap, jumlah penduduk, dan kebutuhan air bersih	Air hujan yang dapat dipanen mencukupi sekitar 25% kebutuhan air bersih harian masyarakat	RWH berpotensi sebagai alternatif air bersih dengan pengelolaan dan kapasitas yang lebih baik	pentingnya embung sebagai media penyimpanan yang berkapasitas besar
RP Lubis (2024), “Penerapan Sistem Pemanenan Air Hujan (RWH) untuk Pemenuhan Kebutuhan Air” (Lubis, 2024)	Menerapkan sistem RWH sederhana untuk mengurangi ketergantungan air tanah	Implementasi sistem dengan atap sebagai area tangkapan, jaringan pipa, dan bak penampung, serta uji kualitas air	Sistem sederhana ini efektif menyuplai air bersih dan meningkatkan ketahanan air masyarakat	RWH sederhana dapat menjadi solusi yang berkelanjutan di daerah kering	pentingnya embung sebagai media penyimpanan yang berkapasitas besar

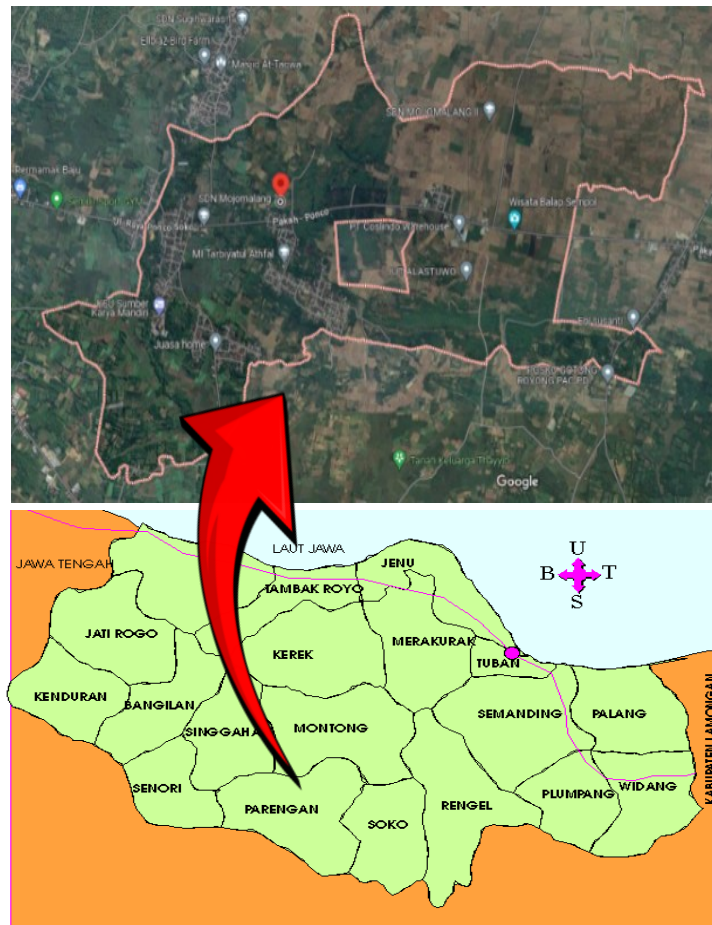
Penulis, Tahun dan Judul	Tujuan Penelitian	Metode	Hasil	Kesimpulan	Gap
N Heryani et al. (2021), “ <i>Penggunaan Pemanenan Air Hujan untuk Irigasi Suplementer di Lahan Kering</i> ” (Heryani et al., 2021)	Menilai dampak pemanenan air hujan pada indeks pertanaman dan produktivitas lahan kering	Eksperimen penggunaan air hasil panen hujan untuk irigasi tetes	Pemanenan air hujan meningkatkan indeks pertanaman dan produktivitas lahan	RWH sebagai sumber air irigasi suplementer efektif mendukung pertanian di daerah kering	pentingnya embung sebagai media penyimpanan yang berkapasitas besar
PDH Ardana (2023), “ <i>Teknologi Pemanenan Air Hujan Di Perkotaan, Suatu Pengantar</i> ” (Ardana & Pamungkas, 2023)	Mengkaji teknologi RWH di daerah perkotaan semi kering	Studi teknologi roof top rainwater harvesting dan analisis pengurangan limpasan	Air hujan dapat mengurangi limpasan sampai 20% dan menjadi sumber air alternatif	Kesimpulan: RWH berkontribusi pada manajemen air berkelanjutan di daerah semi kering perkotaan	pentingnya embung sebagai media penyimpanan yang berkapasitas besar
S. Tuhuteru et al. (2023), “ <i>Pemberdayaan Petani dalam Memanfaatkan Air Hujan untuk Irigasi di Daerah Kering</i> ” (Tuhuteru et al., 2023)	Mengkaji pemberdayaan petani dalam pemanfaatan sistem pemanenan air hujan untuk irigasi	Studi lapangan dan wawancara dengan petani, observasi teknologi yang digunakan	Sistem pemanenan air hujan membantu irigasi budidaya tanaman sehingga meningkatkan hasil panen di musim kemarau	RWH dapat menjadi solusi efektif mengatasi keterbatasan air pada lahan kering dengan pendekatan pemberdayaan masyarakat	pentingnya embung sebagai media penyimpanan yang berkapasitas besar
WH Hassan (2025), “ <i>Optimal rainwater harvesting locations for</i> ”	Menentukan lokasi terbaik untuk pemanenan air	Analisis spasial GIS dan Multi-Criteria	32% wilayah studi sangat sesuai untuk penerapan RWH,	Pemilihan lokasi yang tepat meningkatkan	pentingnya embung sebagai media

Penulis, Tahun dan Judul	Tujuan Penelitian	Metode	Hasil	Kesimpulan	Gap
<i>arid and semi-arid regions by using MCDM-based GIS techniques</i> ” (Hassan et al., 2025)	hujan menggunakan GIS dan metode AHP	Decision Making (MCDM)	dengan faktor utama kemiringan lahan dan intensitas hujan	efektivitas RWH dan konservasi air di daerah kering	penyimpanan yang berkapasitas besar
Ananda Maulina(2023), ”Studi Pemanfaatan Air Hujan Sebagai Sumber Air Baku Untuk Air Bersih Pada Kampus Universitas Bosowa Makassar”(Maulina, 2023)	Menganalisis potensi dan tantangan penggunaan air hujan sebagai sumber air alternatif	Survey dan analisis data curah hujan, kualitas air, dan survei sosial masyarakat	Air hujan dapat menyediakan hingga 60%-70% dari kebutuhan air di musim kemarau jika didukung sistem penampungan baik	Penerapan RWH perlu didukung edukasi dan penyediaan infrastruktur memadai untuk keberlanjutan	pentingnya embung sebagai media penyimpanan yang berkapasitas besar

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak salah satu sungai di Desa Leran Kecamatan Kalitidu Kabupaten Bojonegoro.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian
Sumber: Arcgis, 2025

3.2 Data-Data Yang Digunakan

Data sekunder berupa data hujan dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur digunakan untuk melakukan penelitian ini. Informasi data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3 Alur Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan terpadu yang menggabungkan analisis hidrologi, penilaian kapasitas penyimpanan, dan estimasi kebutuhan air domestik untuk

mengevaluasi kelayakan pemanfaatan embung sebagai sumber air baku berbasis pemanenan air hujan. Kerangka metodologis terdiri dari empat tahapan utama:

Tabel 3.1 Langkah-langkah penelitian

No.	Kegiatan
1	Analisis curah hujan dan hidrologi,
2	Evaluasi kapasitas penyimpanan Embung,
3	Penilaian kebutuhan air domestik, dan
4	Analisis neraca air untuk menilai keandalan pasokan dan permintaan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Teknis Embung Mojomalang

4.1.1 Data Umum Embung Mojomalang

Embung Mojomalang merupakan infrastruktur sumber daya air yang berlokasi di Kecamatan Parengan, Kabupaten Tuban, Jawa Timur. Embung berfungsi optimal untuk penyediaan air irigasi serta sebagai fasilitas pengendalian banjir musiman, sehingga memiliki nilai strategis bagi masyarakat pertanian di sekitarnya.

4.1.2 Spesifikasi Teknis Embung

Data Teknis Embung Mojomalang Kecamatan Parengan Kabupaten Parengan dengan struktur urugan tanah dengan pasangan batu yang merupakan desain standar embung kecil–menengah di Indonesia. Rasio lereng 1:1 menunjukkan kemiringan cukup terjal sehingga memerlukan perhatian stabilitas. Lebar puncak 4 m termasuk aman untuk akses rutin perawatan. Volume efektif sebesar 6.185.03m³ dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air pada musim kemarau.

Pelimpah ogee termasuk sangat efektif untuk embung kecil karena dapat melewati banjir tanpa mekanisme pintu. Namun, dengan minimnya data hidrologi, verifikasi ulang kapasitas pelimpah perlu dilakukan agar mampu menghadapi banjir ekstrem.

4.2 Potensi Pemanfaatan untuk Kebutuhan Air Bersih pada Musim Kemarau

Embung Mojomalang memiliki potensi strategis sebagai sumber air bersih alternatif, khususnya pada musim kemarau ketika ketersediaan air tanah dan aliran permukaan mengalami penurunan signifikan. Potensi ini ditentukan oleh beberapa faktor utama, yaitu kapasitas tampungan embung, karakteristik curah hujan wilayah, pola kehilangan air (evaporasi dan peresapan), serta kebutuhan air bersih masyarakat Desa Mojomalang.

Berdasarkan hasil analisis hidrologi, wilayah Desa Mojomalang memiliki pola curah hujan musiman dengan konsentrasi hujan tinggi pada periode November–Maret dan periode kering yang relatif panjang pada bulan Juni–September. Kondisi ini menyebabkan surplus air pada musim hujan dan defisit air pada musim kemarau. Embung Mojomalang berperan sebagai infrastruktur penyimpan air hujan yang mampu menahan

sebagian limpasan permukaan pada musim hujan untuk dimanfaatkan kembali pada musim kering.

Volume air efektif yang dapat dimanfaatkan dari embung ditentukan dengan mempertimbangkan kapasitas tampungan eksisting dikurangi kehilangan air akibat evaporasi, infiltrasi dasar embung, dan kebutuhan minimum operasional. Kehilangan akibat evaporasi pada musim kemarau relatif meningkat seiring dengan suhu udara yang lebih tinggi dan kelembaban yang lebih rendah. Namun demikian, secara keseluruhan volume air yang tersisa masih berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber air bersih non-perpipaan bagi masyarakat.

Kebutuhan air bersih masyarakat dihitung berdasarkan standar kebutuhan domestik pedesaan, yang meliputi kebutuhan untuk minum, memasak, mandi, mencuci, dan sanitasi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kebutuhan air bersih masyarakat meningkat secara signifikan pada musim kemarau, seiring dengan menurunnya ketersediaan sumber air alternatif seperti sumur dangkal dan mata air. Dalam kondisi ini, embung Mojomalang dapat berfungsi sebagai sumber air baku utama maupun cadangan, terutama untuk kebutuhan higiene dan sanitasi.

Potensi pemanfaatan embung sebagai sumber air bersih pada musim kemarau semakin besar apabila dikombinasikan dengan penerapan sistem *rainwater harvesting*. Air hujan yang tertampung di embung pada musim hujan dapat dioptimalkan melalui sistem pengambilan dan pengolahan sederhana, seperti penyaringan awal, sedimentasi, dan desinfeksi, sehingga memenuhi standar air bersih. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pemanfaatan air hujan, tetapi juga memperpanjang periode ketersediaan air hingga akhir musim kemarau.

Secara kuantitatif, hasil analisis menunjukkan bahwa volume air yang tersedia di Embung Mojomalang mampu melayani sebagian kebutuhan air bersih masyarakat selama periode kemarau tertentu, terutama pada kondisi kemarau normal. Pada kondisi kemarau panjang atau ekstrem, embung tetap berfungsi sebagai sumber air strategis untuk memenuhi kebutuhan minimum masyarakat, meskipun diperlukan pengaturan distribusi air yang lebih ketat.

Dengan demikian, Embung Mojomalang memiliki potensi yang cukup besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber air bersih berkelanjutan pada musim kemarau. Pemanfaatan ini menempatkan embung tidak hanya sebagai infrastruktur pendukung

pertanian, tetapi juga sebagai bagian integral dari sistem ketahanan air desa. Integrasi pengelolaan embung dengan teknologi *rainwater harvesting* dan manajemen distribusi berbasis masyarakat menjadi kunci utama dalam mengoptimalkan fungsi embung sebagai penyedia air bersih jangka panjang.

4.3 Volume Tampungan Efektif Embung Mojomalang

Embung Mojomalang memiliki volume efektif sebesar 6.185.03m³, yang bisa dimanfaatkan sebagian masyarakat Desa Mojomalang khususnya Dusun Krajan. Pada musim kemarau, kebutuhan air bersih masyarakat umumnya meningkat, sementara suplai permukaan menurun. Volume efektif embung mampu menyediakan cadangan air baku yang dapat digunakan untuk:

- Penyediaan air bersih rumah tangga (domestik)
- Suplai air untuk fasilitas umum (sekolah, puskesmas, tempat ibadah)
- Stabilisasi suplai UMKM berbasis air (warung, peternakan kecil, dll.)

4.4 Kualitas Air Embung yang Dapat Diolah

Air embung umumnya berasal dari limpasan permukaan dan aliran lokal. Meskipun kualitas awalnya belum layak minum, air tersebut sangat cocok dijadikan air baku untuk instalasi pengolahan air skala kecil - menengah, melalui:

- a. Sedimentasi
- b. Filtrasi pasir lambat
- c. Koagulasi - flokulasi sederhana
- d. Disinfeksi (klorinasi atau UV)

Teknologi pengolahan air bersih skala desa (*village water treatment system*) saat ini relatif murah dan mudah dioperasikan.

4.5 Jarak Ke Pemukiman yang Cukup Dekat

Jarak Embung Mojomalang relatif dekat dengan pemukiman dan terletak di Dusun Krajan, Hal ini memungkinkan:

- Pemasangan jaringan pipa gravitasi atau pompa bertekanan rendah,
- Pemasangan Jaringan Transmisi dari embung dinaikkan ke Reservoir dengan melewati *water treatment*, selanjutnya didistribusikan ke Masyarakat melalui jaringan pipa distribusi air bersih.

Akses yang dekat menurunkan biaya distribusi dan meningkatkan efisiensi pelayanan. Gambar 4.1. Menunjukkan kondisi Reservoir yang menampung air tanah dan keberadaannya berdekatan dengan Lokasi embung.



Gambar 4.1 Lokasi Embung Yang Berdekatan Dengan Pemukiman Dusun Krajan Desa Mojomalang

4.6 Dukungan Kondisi Hidrogeologi Lokal

Mojomalang dikenal sebagai daerah non-cekungan air tanah (non-CAT) dengan potensi air tanah terbatas dan fluktuasi signifikan pada musim kemarau. Oleh karena itu, embung berperan vital sebagai sumber air permukaan alternatif yang lebih stabil dibanding sumur gali atau sumur bor.

Integrasi pemanfaatan embung dapat menjadi solusi untuk:

- a. Wilayah dengan sumur yang mengering saat kemarau,
- b. Daerah yang jauh dari jaringan spam desa,
- c. Masyarakat yang mengandalkan sumber air permukaan musiman.

4.7 Potensi Integrasi dengan Program SPAM dan PAMSIMAS

Embung Mojomalang dapat diintegrasikan dengan:

- a. SPAM Desa (Sistem Penyediaan Air Minum)
- b. Program PAMSIMAS

- c. Program Hibah Air Minum BPKP
- d. BUMDes Air

Dengan pendekatan ini, embung dapat meningkatkan ketahanan air desa dan mengurangi risiko krisis air bersih pada musim kemarau.

4.8 Estimasi Manfaat Sosial dan Ekonomi

Pemanfaatan embung untuk air bersih dapat memberikan dampak:

- a. Menurunkan biaya pembelian air tangki bagi masyarakat.
- b. Meningkatkan kesehatan dan kebersihan lingkungan.
- c. Menjamin keberlanjutan pertumbuhan ekonomi desa pada musim kemarau.
- d. Mengurangi ketergantungan pada airtanah dangkal dan mencegah penurunan muka tanah.

4.9 Data Hidrologi

Data hidrologi merupakan salah satu komponen utama dalam analisis ketersediaan air pada kawasan penelitian. Data ini digunakan untuk menghitung besarnya potensi curah hujan, limpasan (runoff), intensitas hujan, serta perencanaan sistem pemanenan air hujan (Rainwater Harvesting/RWH). Pada penelitian ini, data hidrologi yang digunakan mencakup data curah hujan tahunan, curah hujan maksimum tahunan, dan karakteristik daerah tangkapan air (*catchment area*).

4.9.1 Sumber Data Hujan

Data curah hujan diperoleh dari tiga stasiun hujan yang berada di sekitar Desa Mojomalang, yaitu:

1. Stasiun Bojonegoro
2. Stasiun Sugihwaras
3. Stasiun Tluwe

Ketiga stasiun tersebut dipilih karena memiliki jarak yang paling dekat dengan wilayah penelitian dan dianggap mewakili kondisi hujan kawasan setempat.

4.9.2 Data Hujan

Data hujan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data curah hujan tahunan dan data curah hujan maksimum tahunan yang diperoleh dari beberapa stasiun hujan di sekitar wilayah penelitian, yaitu Stasiun Bojonegoro, Stasiun Sugihwaras, dan Stasiun Tluwe. Ketiga stasiun tersebut dipilih karena memiliki jarak yang relatif dekat

dengan Desa Mojomalang, sehingga secara hidrologis dianggap mewakili kondisi hujan setempat.

Rentang waktu data yang digunakan adalah 10 tahun terakhir, yaitu dari tahun 2013 hingga tahun 2023. Penggunaan rentang data minimal 10 tahun dilakukan untuk memenuhi syarat panjang deret data hidrologi sesuai rekomendasi analisis statistik hidrologi, serta untuk memperoleh nilai curah hujan rencana yang lebih stabil dan representatif. Data hujan tersebut kemudian diolah untuk menghasilkan nilai curah hujan rata-rata kawasan menggunakan metode rata-rata aritmatik dan/atau metode Poligon Thiessen, serta digunakan sebagai dasar perhitungan curah hujan andalan, hujan maksimum, dan intensitas hujan. Rekapitulasi lengkap data curah hujan tahunan dan data curah hujan maksimum tahunan dari ketiga stasiun hujan tersebut disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hujan dari Stasiun hujan disekitar Lokasi penelitian

NO	TAHUN	HUJAN TAHUNAN (mm)		
		Sugihwaras	Tluwe	Bojonegoro
1	2013	1420,5	893,9	1959
2	2014	1826	1012,5	1989
3	2015	1805	1009	2000
4	2016	2333	1108	1825
5	2017	2189	2208	1939
6	2018	1118	1342,5	1082
7	2020	1705,5	1499,5	1561
8	2021	2441	1969,5	1229
9	2022	3150	2255,5	2257
10	2023	993,5	957,5	1364
jumlah		16283	12914	17205

Sumber : DPU Pengairan, 2025

4.9.3 Uji Konsistensi Data Hujan (Uji Kurva Massa Ganda)

Uji konsistensi dilakukan untuk memastikan bahwa data curah hujan yang digunakan dalam analisis hidrologi tidak mengalami perubahan karakter akibat perubahan lingkungan, perpindahan alat ukur, perubahan metode pencatatan, atau gangguan teknis lainnya. Konsistensi data merupakan syarat penting agar hasil analisis hidrologi seperti hujan rencana, intensitas hujan, maupun perhitungan limpasan dapat dilakukan dengan akurat dan dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam penelitian ini digunakan Uji Kurva Massa Ganda (Double Mass Curve Test), yaitu suatu metode grafis yang membandingkan kumulatif data hujan dari satu

stasiun terhadap kumulatif rata-rata data hujan dari beberapa stasiun pembandingan. Metode ini umum digunakan untuk mendeteksi ketidakkonsistenan data hujan yang biasanya terlihat dari perubahan kemiringan kurva pada periode tertentu.

Tabel 4.2 Perhitungan Uji Konsistensi Pada Stasiun Sugihwaras

NO	TAHUN	Stasiun Hujan Sugihwaras (mm)	Kumulatif Stasiun Sugiwaras (mm)	Rerata Stasiun di Sekitar (mm)	Kumulatif Stasiun Sekitar (mm)
1	2013	1420,5	1421	1426	1426
2	2014	1826	3247	1501	2927
3	2015	1805	5052	1505	4432
4	2016	2333	7385	1467	5899
5	2017	2189	9574	2074	7972
6	2018	1118	10692	1082	9054
7	2020	1705.5	12398	1530	10584
8	2021	2441	14840	1599	12184
9	2022	3150	17990	2256	14440
10	2023	993.5	18983	1161	15601

Sumber : Hasil Perhitungan 2025

Tabel 4.3 Perhitungan Uji Konsistensi Pada Stasiun Tluwe

NO	Tahun	Stasiun Hujan Tluwe (mm)	Kumulatif Stasiun Tluwe (mm)	Rerata Stasiun di Sekitar (mm)	Kumulatif Stasiun Sekitar (mm)
1	2013	893,9	893,9	1689,8	1689,8
2	2014	1012,5	1906,4	1907,5	3597,3
3	2015	1009	2915,9	1902,5	5499,8
4	2016	1108	4024,3	2079	7578,8
5	2017	2208	6232,3	2064	9642,8
6	2018	1342.5	7575	1100	10742,8
7	2020	1499,5	9074,3	1561	12303,8
8	2021	1969,5	11043,8	1835	14138,8
9	2022	2255,5	13299,3	2703,5	16842,3
10	2023	957,5	14256,8	1364	18206,3

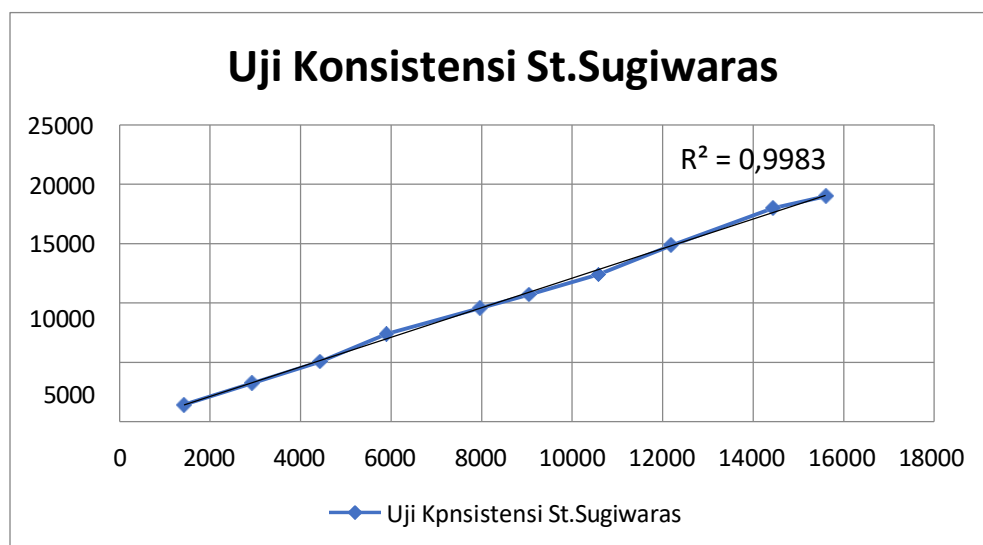
Sumber : Hasil Perhitungan 2025

Tabel 4.4 Perhitungan Uji Konsistensi Pada Stasiun Bojonegoro

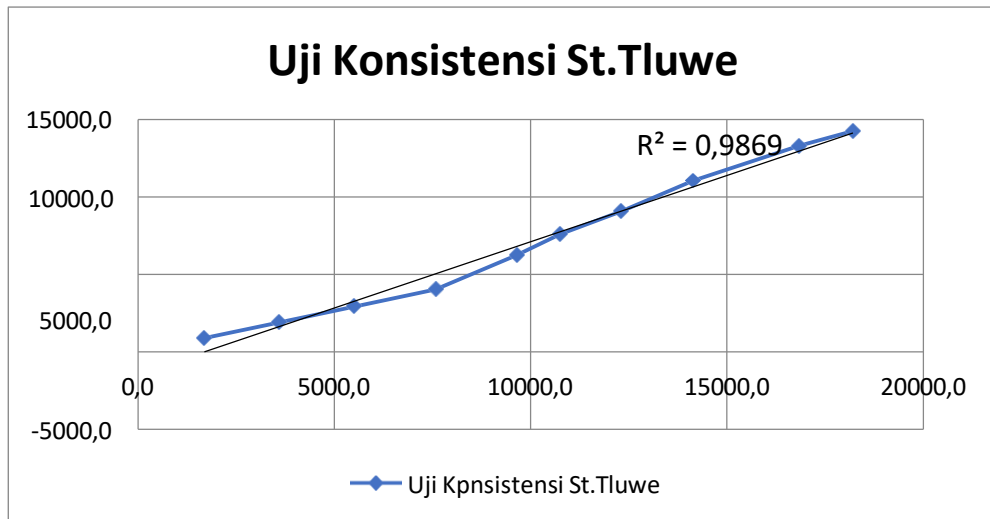
NO	Tahun	Stasiun Hujan Bojonegoro (mm)	Kumulatif Stasiun Bojonegoro (mm)	Rerata Stasiun di Sekitar (mm)	Kumulatif Stasiun Sekitar (mm)
1	2013	1959	1959	1157,2	1157,2
2	2014	1989	3948	1419,3	2576,5
3	2015	2000	5948	1407,2	3983,7
4	2016	1825	7773	1720,7	5704,4
5	2017	1939	9712	2198,5	7902,9
6	2018	1082	10794	1118	9020,9
7	2020	1561	12355	1499,5	10520,4
8	2021	1229	13584	2205,3	12725,6
9	2022	2257	15841	2702,8	15428,4
10	2023	1364	17205	957,5	16385,9

Sumber : Hasil Perhitungan 2025

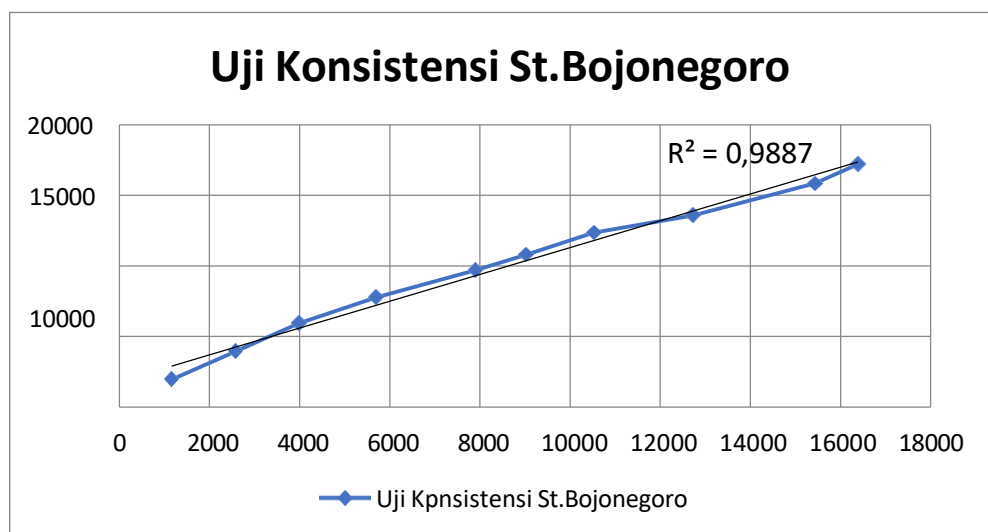
Setelah mendapatkan nilai komulatif setasiun hujan dan nilai komulatif setasiun hujan sekitarnya kemudian memplotnya pada grafik dengan rerata kumulatif pembanding sebagai sumbu x dan kumulatif dari satu stasiun sebagai sumbu y. yang dapat dilihat pada Gambar 4.1, Gambar 4.2, dan Gambar 4.3 berikut:



Gambar 4.2 Kurva Masa Ganda Stasiun Sugihwaras
Sumber : Perhitungan (2025)



Gambar 4.3 Kurva Masa Ganda Stasiun Tluwe
 Sumber : *Perhitungan (2025)*

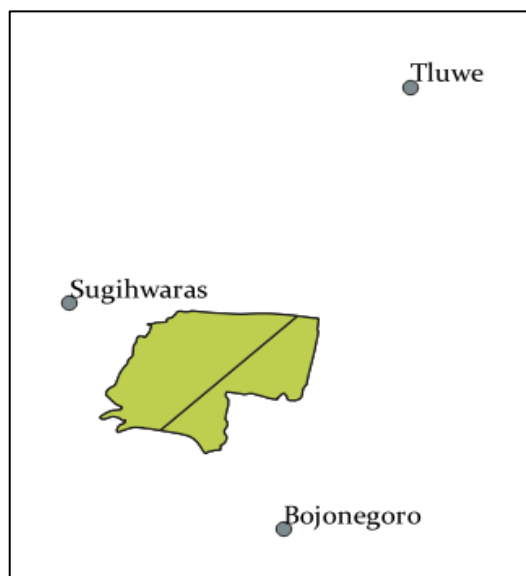


Gambar 4. 4 Kurva Masa Ganda Stasiun Bojonegoro
 Sumber : *Perhitungan (2025)*

Berdasarkan kurva pada Gambar 4.1, Gambar 4.2, dan Gambar 4.3. Ketiga setasiun hujan setelah koreksi uji konsistensi menghasilka nilai deterministic (R^2) lebih dari 0,9 dimana setasiun Sugihwaras menghasilkan nilai deterministic (R^2) 0,9983, setasiun Tluwe menghasilkan nilai deterministic (R^2) 0,9869, dan setasiun Bojonegoro menghasilkan nilai deterministic (R^2) 0,9887. Dari nilai deterministic yang dihasilkan ketiga setasiun memberikan data yang konsisten sehingga tidak perlu dilakukan koreksi data dikarenakan ketiga setasiun hujan menghasilka nilai deterministic (R^2) lebih dari 0,9.

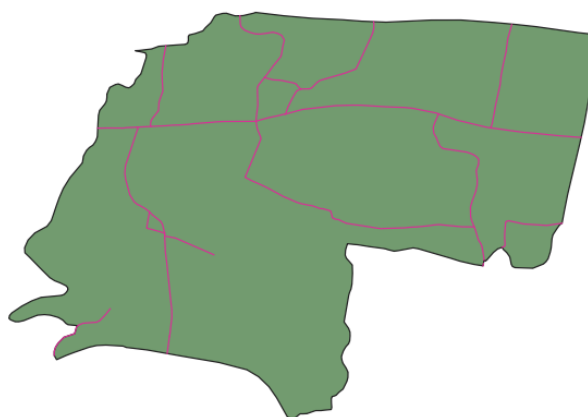
4.9.4 Curah Hujan Daerah

Data yang sudah konsisten kemudian di cari curah hujan rerata daerah. Metode yang digunakan dalam mencari curah Hujan rerata daerah dalam penelitian ini yaitu Metode Poligon Thiessen dengan membuat polygon yang memotong tegak lurus pada Tengah-tengah garis penghubung dua setasiun hujan dengan menggunakan software Qgis. Dengan hal ini setiap setasiun penakaran akan terletak pada suatu polygon tertentu. Polygon yang menghubungkan setasiun hujan sekitar Desa Mojomalang dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.5 peta polygon Thiessen
Sumber : *Penelitian (2025)*

Dari gambar di atas, dapat dijelaskan bahwa dari tiga stasiun curah hujan, yaitu Bojonegoro, Sugihwaras, dan Tluwe, hanya dua stasiun curah hujan yang berpengaruh pada lokasi penelitian, yaitu Stasiun Bojonegoro dan Stasiun Curah Hujan Sugihwaras, dengan luas daerah pengaruh masing-masing menurut perhitungan poligon Thiessen adalah total luas daerah tangkapan sebesar 5398755,66 m², yang terdiri dari pengaruh stasiun Bojonegoro sebesar 2039568,613 m² atau 38% dan luas daerah pengaruh stasiun Sugihwaras sebesar 3359187,047 m² atau 62%.



Gambar 4.6. Daerah Tangkapan Air Desa Mojomalang

4.9.5 Curah Hujan Rancangan

Menghitung curah hujan rancangan dengan menggunakan metode polygon thissen di desa mojomalang dengan membagi daerah menjadi beberapa polygon berdasarkan stasiun pengamatan hujan. Curah hujan rancangan dihitung dengan mengalikan curah hujan di setiap stasiun dengan luas poligon yang terkait, kemudian dibagi dengan luas total daerah.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah Dengan Metode Poligon Thiessen

NO	TAHUN	Rmax Sugiwaras	Rmax Tluwe	Rmax Bojonegoro	CH Rerata Daerah (mm)
1	2013	146	139,5	133	141,5
2	2014	120	122,5	125	121,7
3	2015	85	115	145	106,0
4	2016	130	88,5	47	101,0
5	2017	98	103	64	101,2
6	2018	78	100	89	93,1
7	2020	75	78	144	77,6
8	2021	102	95	96	97,2
9	2022	145	80	128	100,4
10	2023	77	78	118	78,0

Sumber : Hasil perhitungan (2025)

4.9.6 Uji Hujan Rancangan

Metode distribusi yang akan digunakan pada perencanaan ini adalah metode distribusi normal, distribusi gumbel, dan distribusi log pearson tipe III.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel

CURAH HUJAN RANCANGAN DISTRIBUSI GUMBEL				
Kala Ulang (Tr) (tahun)	YT	K	Sd.K	Rancangan (mm)
2	0,37	-0,14	-2,57	182,46
5	1,50	1,06	20,08	205,12
10	2,25	1,85	35,08	220,11
25	3,20	2,85	54,03	239,06
50	3,90	3,59	68,09	253,12
100	4,60	4,32	82,04	267,08
200	5,30	5,06	95,94	280,98
1000	6,91	6,75	128,15	313,19

Sumber : Hasil perhitungan (2025)

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Normal

CURAH HUJAN RANCANGAN DISTRIBUSI NORMAL			
Kala Ulang (Tr) (Tahun)	K	Sd.K	Rancangan (mm)
2	0,00	0	102
5	0,84	16	118
10	1,28	24	126
25	1,75	33	135
50	2,05	39	141
100	2,33	44	146
200	2,58	49	151
1000	3,09	59	160

Sumber : Hasil perhitungan (2025)

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan Log Normal

CURAH HUJAN RANCANGAN DISTRIBUSI LOG NORMAL				
Kala Ulang (Tr) (Tahun)	K	Sd.K	Ln Rancangan	Rancangan (mm)
2	0,00	0,00	4,6	100,3
5	0,84	0,15	4,8	116,7
10	1,28	0,23	4,8	126,4
25	1,75	0,32	4,9	137,6
50	2,05	0,37	5,0	145,3
100	2,33	0,42	5,0	152,8
200	2,58	0,47	5,1	159,9
1000	3,09	0,56	5,2	175,4

Sumber : Hasil perhitungan (2025)

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan Log Pearson III

CURAH HUAN DISTRIBUSI LOG PEARSON III					
Kala Ulang (Tr) (Tahun)	Pr (%)	K	K.Sd _{Log R}	Log R _{ancangan}	R _{ancangan} (mm)
2	50	-0,060	-0,0047	1,996	99,18
5	20	0,819	0,0644	2,066	116,28
10	10	1,314	0,1032	2,104	127,16
25	4	1,868	0,1468	2,148	140,57
50	2	2,241	0,1761	2,177	150,38
100	1	2,586	0,2032	2,204	160,08
200	0,5	2,911	0,2287	2,230	169,77
1000	0,1	3,607	0,2834	2,285	192,54

Sumber : Hasil perhitungan (2025)

4.9.7 Uji Kecocokan Pola Distribusi

Melakukan pengujian kecocokan pola distribusi dengan uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogrof untuk mengetahui apakah jenis distribusi yang dipilih dan digunakan sudah tepat.

Tabel 4.10 Uji Kecocokan Pola Distribusi Gumbel Dengan Metode Chi-Kuadrat

No	Batas Kelas			Jmlah Data		Ej-Oj	(Ej-Oj) ² /Ej
				Ej	Oj		
1	0	-	118,52	2,5	8	-5,5	12,1
2	118,52	-	131,84	2,5	1	1,5	0,9
3	131,84	-	171,82	2,5	1	1,5	0,9
4	171,82	-	∞	2,5	0	2,5	2,5
Total				10	10	X ² _{hitung}	16,40

Sumber : Hasil perhitungan (2025)

Tabel 4.11 Uji Kecocokan Pola Distribusi Normal Dengan Metode Chi-Kuadrat

No	Batas Kelas			Jmlah Data		Ej-Oj	(Ej-Oj) ² /Ej
				Ej	Oj		
1	0	-	89,1	2,5	2	0,5	0,1
2	89,1	-	101,8	2,5	5	-2,5	2,5
3	101,8	-	114,5	2,5	1	1,5	0,9
4	114,5	-	∞	2,5	2	0,5	0,1
				10	10	X ² _{hitung}	3,60

Sumber : Hasil perhitungan (2025)

Tabel 4.12 Uji Kecocokan Pola Distribusi Log Normal Dengan Metode Chi-Kuadrat

No	Batas Kelas	Jmlah Data		Ej-Oj	(Ej-Oj) ² /Ej
		Ej	Oj		
1	0,00 - 88,81	2,5	2	0,5	0,1
2	88,81 - 100,26	2,5	3	-0,5	0,1
3	100,26 - 113,18	2,5	3	-0,5	0,1
4	113,18 - ∞	2,5	2	0,5	0,1
		10	10	X ² _{hitung}	0,40

Sumber : Hasil perhitungan (2025)

Tabel 4.13 Uji Kecocokan Pola Distribusi Log Pearson III Dengan Metode Chi-Kuadrat

No	Batas Kelas	Jmlah Data		Ej-Oj	(Ej-Oj) ² /Ej
		Ej	Oj		
1	0 - 82	2,5	2	0,5	0,1
2	82 - 99	2,5	2	0,5	0,1
3	99 - 113	2,5	2	0,5	0,1
4	113 - ∞	2,5	4	-1,5	0,9
		10	10	X ² _{hitung}	1,20

Sumber : Hasil perhitungan (2025)

Tabel 4.14 Uji Kecocokan Pola Distribusi Gumbel Dengan Metode Smirnoov-Kolmogrof

No.	Tahun	R (mm)	R _{urut terbesar} (mm)	m	Pe(R)	K	Y _T	Tr	Pt (R)	(Pe-Pt)	
1	2013	141,5	141,5	1	0,091	2,093431	2,48	12,49	0,08	0,011	
2	2014	121,7	121,7	2	0,182	1,050141	1,49	4,97	0,20	0,020	
3	2015	106,0	106,0	3	0,273	0,222885	0,71	2,57	0,39	0,117	
4	2016	101,0	101,2	4	0,364	-0,03003	0,47	2,15	0,47	0,102	
5	2017	101,2	101,0	5	0,455	-0,04057	0,46	2,13	0,47	0,015	
6	2018	93,1	100,4	6	0,545	-0,07219	0,43	2,09	0,48	0,066	
7	2020	77,6	97,2	7	0,636	-0,2408	0,27	1,87	0,54	0,101	
8	2021	97,2	93,1	8	0,727	-0,45683	0,06	1,64	0,61	0,118	
9	2022	100,4	78,0	9	0,818	-1,25248	-0,69	1,16	0,86	0,047	
10	2023	78,0	77,6	10	0,909	-1,27355	-0,71	1,15	0,87	0,039	
Jumlah (Σ)		1018								Nilai Δ _{maks} hitung	0,118
Rerata		102									
Standar Deviasi (Sd)		18,97841									
Banyak Data (n)		10									
Y _n		0,4952									
S _n		0,9496									

Sumber : Hasil perhitungan (2025)

Tabel 4.15 Uji Kecocokan Pola Distribusi Normal Dengan Metode Smirnoov-Kolmogrof

No.	Tahun	R (mm)	R _{urut terbesar} (mm)	m	Pe(R)	z	Pt (R)	(Pe (R) -Pt (R))
1	2013	141,5	141,5	1	0,09	2,09	0,171	0,08
2	2014	121,7	121,7	2	0,18	1,05	0,152	0,03
3	2015	106,0	106,0	3	0,27	0,22	0,411	0,14
4	2016	101,0	101,2	4	0,36	-0,03	0,512	0,15
5	2017	101,2	101,0	5	0,45	-0,04	0,516	0,06
6	2018	93,1	100,4	6	0,55	-0,07	0,529	0,02
7	2020	77,6	97,2	7	0,64	-0,24	0,597	0,04
8	2021	97,2	93,1	8	0,73	-0,46	0,677	0,05
9	2022	100,4	78,0	9	0,82	-1,25	0,894	0,08
10	2023	78,0	77,6	10	0,91	-1,27	0,899	0,01
Jumlah (Σ)			1018					0,148
Rerata			102					
Standar Deviasi (Sd)			18,978					
Banyak Data (n)			10					

Sumber : Hasil perhitungan (2025)

Tabel 4.16 Uji Kecocokan Pola Distribusi Log Normal Dengan Metode Smirnoov- Kolmogrof

No.	Tahun	R (mm)	R _{urut terbesar} (mm)	Ln R _{urut terbesar} (mm)	m	Pe(R)	z	Pt (R)	(Pe (R) -Pt (R))
1	2013	141,5	141,5	4,95	1	0,091	1,90	0,12	0,031
2	2014	121,7	121,7	4,80	2	0,182	1,07	0,15	0,034
3	2015	106,0	106,0	4,66	3	0,273	0,31	0,38	0,106
4	2016	101,0	101,2	4,62	4	0,364	0,05	0,48	0,116
5	2017	101,2	101,0	4,62	5	0,455	0,04	0,48	0,029
6	2018	93,1	100,4	4,61	6	0,545	0,01	0,50	0,049
7	2020	77,6	97,2	4,58	7	0,636	-0,17	0,65	0,012
8	2021	97,2	93,1	4,53	8	0,727	-0,41	0,66	0,068
9	2022	100,4	78,0	4,36	9	0,818	-1,39	0,91	0,097
10	2023	78,0	77,6	4,35	10	0,909	-1,42	0,92	0,010
Jumlah (Σ)				46,08					0,116
Rerata				4,61					
Standar Deviasi (Sd)				0,18					
Banyak Data (n)				10					

Sumber : Hasil perhitungan (2025)

Tabel 4.17 Uji Kecocokan Pola Distribusi Log Pearson III Dengan Metode Smirnoov- Kolmogrof

No.	Tahun	R (mm)	LOG R	Log R _{urut} terbesar	m	Pe(R)	K	Pt (R)	(Pe (R) -Pt (R))	
1	2013	141,5	2,15	2,15	1	0,091	1,904	0,04	0,05	
2	2014	121,7	2,09	2,09	2	0,182	1,071	0,15	0,03	
3	2015	106,0	2,03	2,03	3	0,273	0,308	0,37	0,10	
4	2016	101,0	2,00	2,01	4	0,364	0,052	0,46	0,10	
5	2017	101,2	2,01	2,00	5	0,455	0,041	0,48	0,02	
6	2018	93,1	1,97	2,00	6	0,545	0,008	0,48	0,06	
7	2020	77,6	1,89	1,99	7	0,636	-0,171	0,53	0,11	
8	2021	97,2	1,99	1,97	8	0,727	-0,409	0,59	0,14	
9	2022	100,4	2,00	1,89	9	0,818	-1,387	0,83	0,01	
10	2023	78,0	1,89	1,89	10	0,909	-1,416	0,83	0,08	
Jumlah (Σ)			20,01	Δ_{hitung}					0,14	
Rerata			2,00							
Standar Deviasi (Sd)			0,079							
Banyak Data (n)			10							
CS			0,359							

Sumber : Hasil perhitungan (2025)

Tabel 4.18 Hasil Kecocokan Pola Distribusi

Kala Ulang (Tr)	Distribusi			
	Gumbel	Log Person	Normal	Log Normal
2	182,46	99,18	101,77	100,26
5	205,12	116,28	117,71	116,71
10	220,11	127,16	126,06	126,38
25	239,06	140,57	134,98	137,60
50	253,12	150,38	140,68	145,28
100	267,08	160,08	145,99	152,83
200	280,98	169,77	150,73	159,90
1000	313,19	192,54	160,41	175,35
UJI SMIRNOV-KOLMOGROF				
$\Delta_{kritis} \alpha (1\%)$	0,49	0,49	0,49	0,49
$\Delta_{kritis} \alpha (5\%)$	0,41	0,41	0,41	0,41
Banyak Data (n)	10	10	10	10
Δ_{hitung}	0,118	0,142	0,148	0,116
Keterangan (1%)	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima
Keterangan (5%)	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima
Selisih (1%)	0,372	0,348	0,342	0,374
Selisih (5%)	0,292	0,268	0,262	0,294
UJI CHI-SQARE				
X^2 kritis $\alpha (1\%)$	3,841	3,841	3,841	3,841

X^2 kritis α (5%)	0,635	0,635	0,635	0,635
Drajat Kebebasan (DK)	1	1	1	1
X^2 hitung	16,40	1,20	3,60	0,40
Keterangan (1%)	Ditolak	Ditolak	Ditolak	Diterima
Keterangan (5%)	Ditolak	Diterima	Diterima	Diterima
Selisih (1%)	-12,559	2,641	0,241	3,441
Selisih (5%)	-15,77	-0,57	-2,97	0,24

Sumber : Hasil perhitungan (2025)

Tabel 4.19 Parameter Statistik Penentuan Distribusi

NO	JENIS SEBARAN	HASIL PERHITUNGAN		SYARAT	KTERANGAN
1	NORMAL	Cs =	0,862	Cs \approx 0 Ck \approx 3	tidak memenuhi
		Ck =	-0,357		
2	LOG NORMAL	Cs =	0,359	Cs = $C_v^2 + 3C_v$ Ck = 5,383 Cv \sim 0,06	tidak memenuhi
		Ck =	3,252		
		Cv =	0,039		
3	LOG PEARSON TYPE III	Cs =	0,359	Cs \neq 0	memenuhi
		Ck =	0,002		
		Cv =	-1,923		
4	GUMBEL	Cs =	0,862	Cs \geq 5,4002	tidak memenuhi
		Ck =	924,921		

Sumber : Hasil perhitungan (2025)

Dilihat dari hasil uji kecocokan pola distribusi dengan metode Smirnov-Kolmogrof semua memenuhi syarat, sedangkan untuk uji dari kecocokan pola distribusi dengan metode Chi-Kuadrat dengan peluang 1% semuanya tidak memenuhi syarat kecuali Log Normal, namun untuk peluang 5% untuk distribusi Log Person Tipe III, Log Normal dan Normal memenuhi syarat sedangkan distribusi Gumbel tidak memenuhi.

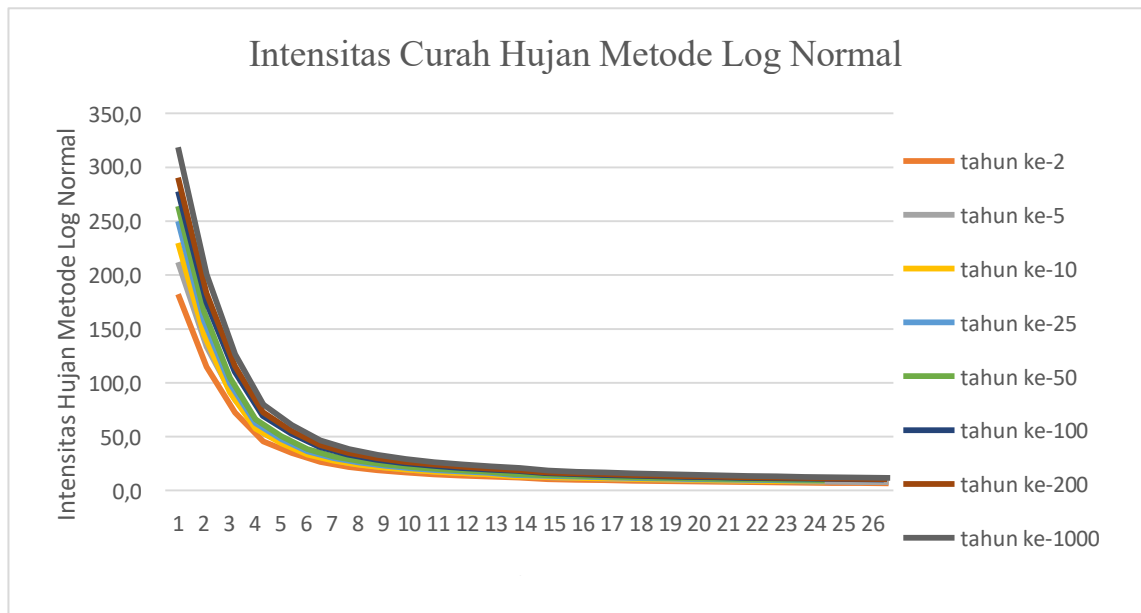
Dapat di simpulkan untuk uji kecocokan pola distribusi dengan metode Smirnov- Kolmogrof dan metode Chi-Kuadrat yang dapat diterima sebagai distribusi yang akan digunakan sebagai data curah hujan harian maksimum dalam perhitungan analisis intensitas hujan adalah Distribusi Log Normal. Jika melihat dari parameter statistic penentuan untuk distribusi yang memenuhi persyaratan hanya Log Person Tipe III. Sehingga dapat disimpulkan distribusi yang akan digunakan yaitu distribusi Log Normal Karena yang harus diutamakan yang memenuhi Syarat Uji Kecocokan pola distribusi dengan metode Smirnov-Kolmogrof dan metode Chi-Kuadra.

4.9.8 Intensitas Hujan

Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Intensitas Curah Hujan Dengan Metode Mononobe

T (Menit)	T (Jam)	Periode Ulang							
		2	5	10	25	50	100	200	1000
5	0,083333	182,2	212,1	229,7	250,0	264,0	277,7	290,6	318,6
10	0,166667	114,8	133,6	144,7	157,5	166,3	174,9	183,0	200,7
20	0,333333	72,3	84,2	91,1	99,2	104,8	110,2	115,3	126,5
40	0,666667	45,5	53,0	57,4	62,5	66,0	69,4	72,6	79,7
60	1	34,8	40,5	43,8	47,7	50,4	53,0	55,4	60,8
90	1,5	26,5	30,9	33,4	36,4	38,4	40,4	42,3	46,4
120	2	21,9	25,5	27,6	30,1	31,7	33,4	34,9	38,3
150	2,5	18,9	22,0	23,8	25,9	27,3	28,8	30,1	33,0
180	3	16,7	19,5	21,1	22,9	24,2	25,5	26,6	29,2
210	3,5	15,1	17,6	19,0	20,7	21,8	23,0	24,0	26,4
240	4	13,8	16,1	17,4	18,9	20,0	21,0	22,0	24,1
270	4,5	12,8	14,8	16,1	17,5	18,5	19,4	20,3	22,3
300	5	11,9	13,8	15,0	16,3	17,2	18,1	19,0	20,8
360	6	10,5	12,3	13,3	14,4	15,3	16,0	16,8	18,4
390	6,5	10,0	11,6	12,6	13,7	14,5	15,2	15,9	17,5
420	7	9,5	11,1	12,0	13,0	13,8	14,5	15,1	16,6
450	7,5	9,1	10,6	11,4	12,5	13,1	13,8	14,5	15,9
480	8	8,7	10,1	11,0	11,9	12,6	13,2	13,9	15,2
510	8,5	8,3	9,7	10,5	11,5	12,1	12,7	13,3	14,6
540	9	8,0	9,4	10,1	11,0	11,6	12,2	12,8	14,1
570	9,5	7,7	9,0	9,8	10,6	11,2	11,8	12,4	13,6
600	10	7,5	8,7	9,4	10,3	10,9	11,4	11,9	13,1
630	10,5	7,2	8,4	9,1	9,9	10,5	11,0	11,6	12,7
660	11	7,0	8,2	8,9	9,6	10,2	10,7	11,2	12,3
690	11,5	6,8	7,9	8,6	9,4	9,9	10,4	10,9	11,9
720	12	6,6	7,7	8,4	9,1	9,6	10,1	10,6	11,6

Sumber : Hasil perhitungan (2025)



Gambar 4.6 Grafik Lengkung IDF (Intensity Duration-Frequency Curve) Sumber : Hasil perhitungan (2025)

Analisis Intensitas Hujan Analisis intensitas hujan bertujuan untuk menentukan besaran curah hujan pada durasi tertentu, kemudian nilai curah hujan tersebut yang akan digunakan dalam perencanaan ini. Hasil perhitungan intensitas hujan dengan metode Log Normal yang di hitung berupa intensitas hujan untuk periode ulang 2, 5, 10, 20, 25,50, 100, 200, dan 1000 tahun pada durasi 5 sampai dengan 660 menit. Perencanaan ini menggunakan PUH 2 tahun, dengan asumsi durasi hujan dalam satu hari selama 2 jam di dapatkan intensitas hujan sebesar 21,9 mm/jam yang dapat di lihat dari tabel 4.23 diatas.

4.9.9 Debit Limpasan

Debit limpasan (*runoff*) merupakan bagian dari curah hujan yang mengalir di permukaan tanah menuju daerah tampungan (embung). Besarnya debit limpasan dipengaruhi oleh intensitas hujan, luas daerah tangkapan air (catchment area), serta karakteristik permukaan lahan yang dinyatakan dalam koefisien limpasan (C).

Dalam penelitian ini, debit limpasan digunakan untuk mengetahui potensi air hujan yang dapat masuk ke Embung Mojomalang sebagai dasar evaluasi kecukupan air bersih pada musim kemarau. Untuk menghitung debit limpasan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = 0.00278 C \times I \times A$$

Dimana :

Q = Debit Limpasan

C = Koefisien Limpasan

I = Intensitas curah hujan

A = Luas daerah tangkapan (*Catchment Area*)

Koefisien limpasan (C) menyatakan persentase curah hujan yang menjadi aliran permukaan (*runoff*). Nilainya dipengaruhi oleh:

- Jenis penutup lahan
- Kemiringan lereng
- Jenis tanah/geologi
- Kondisi vegetasi

Untuk daerah tangkapan embung yang heterogen, nilai C dihitung sebagai rata-rata tertimbang:

$$C_{total} = \frac{\sum(C_i \times A_i)}{\sum A_i}$$

di mana:

C_i = koefisien limpasan tiap jenis lahan

A_i = luas tiap jenis lahan (m² atau ha)

4.10 Identifikasi Penutup Lahan Daerah Tangkapan Embung Mojomalang

Berdasarkan kondisi lapangan, karakter wilayah karst Tuban selatan, dan fungsi embung desa, daerah tangkapan Embung Mojomalang dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 4.21. Nilai Koefisien Limpasan Berdasarkan Penutup Lahan Daerah Tangkapan Embung Mojomalang

No	Jenis Penutup Lahan	Luas (ha)	Koefisien C	Sumber Nilai
1	Lahan pertanian tadah hujan	4,0	0,35	Asdak (2018)
2	Semak & vegetasi sedang	3,0	0,30	Puslitbang SDA
3	Lahan terbuka / tanah berbatu karst	2,0	0,50	Kodoatie (2010)
4	Jalan tanah & area terbangun ringan	1,0	0,60	Suripin (2004)
Total		10,0 ha		

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Dari table di atas bisa dihitung Koefisien limpasan sebagai berikut:

$$C_{total} = \frac{(0,35 \times 4) + (0,30 \times 3) + (0,50 \times 2) + (0,60 \times 1)}{10}$$

$$C_{total} = \frac{(1,40) + (0,90) + (1,00) + (0,60)}{10}$$

$$C_{total} = \frac{(3,90)}{10}$$

$$C_{total} = 0.39$$

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata tertimbang, maka:

$$C = 0,39 \approx 0,40$$

Nilai ini representatif dan realistis untuk:

- Wilayah perbukitan karst
- Daerah non-cekungan air tanah
- Penutup lahan campuran (pertanian–semak–lahan terbuka)

Dengan menggunakan nilai koefisien limpasan untuk Daerah Embung Mojomalang, maka debit limpasan dapat dihitung sbagai berikut:

$$Q = 0.00278 C \times I \times A$$

$$Q = 0.00278 \times 0.4 \times 21.9 \times 5398755,66$$

$$Q = 43,254,977.73 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

$$Q = 312.252.7\text{m}^3/\text{dt} \approx 312.252.690 \text{ lt}/\text{dt}$$

Dengan kapasitas efektif Embung Ngradin sebesar $6.185.03\text{m}^3$, maka bisa dikatakan bahwa intensitas curah hujan dapat diandalkan untuk memenuhi embung. Sehingga embung bisa dimanfaatkan sebagai penyedia kebutuhan air bersih di Desa Mojomalang.

4.11 Menghitung Kebutuhan Air Bersih

Merujuk pada UNESCO, maka rata-rata hak manusia atas air yaitu sebesar 60 liter per orang per hari. Selain UNESCO, Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum juga membagi standar kebutuhan air bersih berdasarkan lokasi wilayah. Pembagian standar kebutuhan air bersih tersebut adalah pedesaan dengan kebutuhan air bersih 60 liter per kapita per hari, kota kecil dengan kebutuhan air bersih

90 liter per kapita per hari, kota sedang dengan kebutuhan air bersih 110 liter per kapita per hari, kota besar dengan kebutuhan air bersih 130 liter per kapita per hari, dan metropolitan dengan kebutuhan air bersih 150 liter per kapita per hari.

Standar Umum Berdasarkan Lokasi (Ditjen Cipta Karya/UNESCO):

- a. Pedesaan : 60 liter/orang/hari
- b. Kota Kecil : 90 liter/orang/hari
- c. Kota Sedang : 110 liter/orang/hari
- d. Kota Besar : 130 liter/orang/hari
- e. Metropolitan : 150 liter/orang/hari

Dari penjelasan di atas dapat dinyatakan bahwa kebutuhan air bersih di Desa Mojomalang dapat dikategorikan sebagai pedesaan dengan kebutuhan air bersih 60 liter/orang per hari. Sehingga dengan menggunakan data jumlah penduduk Desa Mojomalang dapat dihitung kebutuhan air bersih Masyarakat Desa Mojomalang dengan mengoptimalkan embung Mojomalang untuk memenuhi kebutuhan air bersih tersebut. Jumlah penduduk Desa Mojomalang dapat dilihat pada table 4.22 di bawah.

Tabel 4.22 Perhitungan Prediksi Kebutuhan Air Bersih Masyarakat Desa Mojomalang

Tahun	n	Metode Geometrik $P_n = 4072$ $(1+0.0109)^n$	Kebutuhan Air Bersih 6 Bulan
2024	0	4072	44,710,560
2025	1	4116	45,197,905
2026	2	4161	45,690,562
2027	3	4207	46,188,589
2028	4	4252	46,692,045
2029	5	4299	47,200,988

Sumber: Hasil Perhitungan 2025

Dari table 4.22 di atas dapat dihitung kebutuhan air bersih sebagai berikut:

- Total jumlah penduduk tahun 2026: 4161 jiwa
- Kapasitas efektif embung : 6.185.03m
- Kebutuhan air bersih pedesaan selama 6 bulan (183 hari) adalah :

$$Q = 60 \text{ lt} \times 183 \times 4161 \text{ jiwa}$$

$$Q = 45,690,562 \text{ ltr} \Rightarrow 45,690.56 \text{ m}^3 = 7,615,093.71 \text{ Ltr/bln} \Rightarrow 7,615.09 \text{ m}^3/\text{bln}$$

4.12 Analisis Keseimbangan (*Water Balance*)

Analisis keseimbangan air embung dihitung untuk mengetahui kecukupan tampungan dalam melayani kebutuhan air bersih dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$S = V_{\text{tampung}} - Q_{\text{kebutuhan}}$$

$$S = 6,185.03\text{m} - 7,615.09 \text{ m}^3/\text{bln}$$

$$S = - 1,430.06 \text{ m}^3$$

Jadi $S < 0$, maka embung tidak dapat memenuhi kebutuhan air bersih seluruh masyarakat Desa Mojomalang dengan nilai kebutuhan $7,615.09\text{m}^3/\text{bulan}$. Dengan asumsi kebutuhan rata-rata air bersih $60 - 100$ liter/kapita/hari, volume ini berpotensi hanya dapat melayani 563 jiwa selama 6 bulan kemarau dengan tingkat pemanfaatan terkendali.

4.13 Potensi dan Strategi Optimalisasi Penerapan Sistem *Rain water Harvesting (RWH)*

4.13.1 Potensi Penerapan Sistem Rainwater Harvesting di Embung Mojomalang

Embung Mojomalang memiliki potensi untuk dioptimalkan sebagai sumber air bersih berkelanjutan melalui penerapan sistem *rainwater harvesting* (RWH). Potensi tersebut ditinjau dari aspek hidrologi, teknis, lingkungan, dan sosial masyarakat sebagai berikut.

a. Potensi Hidrologi dan Ketersediaan Air Hujan

Wilayah Kecamatan Parengan Kabupaten Tuban memiliki curah hujan tahunan rata-rata berkisar antara $1.600 - 1.700$ mm/tahun, yang tergolong cukup tinggi untuk wilayah semi-kering. Dengan luas daerah tangkapan embung yang relatif memadai dan nilai koefisien limpasan sekitar $C \approx 0,40$, sebagian besar air hujan yang jatuh berpotensi menjadi limpasan permukaan yang dapat ditampung oleh embung.

Potensi limpasan ini sangat penting mengingat Embung Mojomalang berada di wilayah non-cekungan air tanah, di mana air hujan tidak dapat tersimpan secara alami dalam akuifer dangkal. Dengan demikian, embung berperan sebagai “akuifer buatan” yang menyimpan air hujan untuk dimanfaatkan pada musim kemarau.

b. Potensi Teknis Embung sebagai Media Tampungan

Secara teknis, Embung Mojomalang telah memiliki fungsi dasar sebagai bangunan konservasi air, dengan kondisi fisik dan kapasitas tampungan yang memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai sumber air baku. Dengan penambahan sistem inlet yang terkontrol, pengendalian sedimentasi, serta unit pengolahan sederhana, air embung dapat ditingkatkan kualitasnya hingga memenuhi standar air bersih.

c. Potensi Kualitas Air Hujan

Air hujan di wilayah pedesaan di Kecamatan Parengan relatif memiliki tingkat pencemaran udara yang rendah, sehingga kualitas awal air hujan tergolong baik. Dengan penerapan sistem penyaringan, sedimentasi, dan desinfeksi sederhana, air hasil panen hujan dari embung berpotensi besar untuk dimanfaatkan sebagai air bersih rumah tangga.

d. Potensi Sosial dan Kelembagaan

Masyarakat Desa Mojomalang telah terbiasa memanfaatkan embung sebagai sumber air alternatif, terutama pada musim kemarau. Kondisi ini menjadi modal sosial yang penting untuk pengembangan sistem *rainwater harvesting* berbasis masyarakat. Dengan pendampingan teknis dan penguatan kelembagaan lokal, sistem RWH dapat dikelola secara partisipatif dan berkelanjutan.

4.14 Strategi Optimalisasi Penerapan Sistem Rainwater Harvesting

Agar potensi Embung Mojomalang dapat dimanfaatkan secara optimal dan berkelanjutan sebagai sumber air bersih, diperlukan strategi yang terintegrasi antara aspek teknis, pengelolaan, dan sosial masyarakat.

a. Optimalisasi Daerah Tangkapan Air (*Catchment Management*)

Strategi awal yang penting adalah pengelolaan daerah tangkapan air embung melalui:

- Pengendalian erosi dan sedimentasi dengan vegetasi penutup,
- Pengaturan alur limpasan agar air hujan terarah menuju embung,
- Perlindungan area tangkapan dari aktivitas yang berpotensi mencemari air.

Langkah ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi limpasan dan menjaga kualitas air yang masuk ke embung.

b. Pengembangan Sistem Rainwater Harvesting Terintegrasi

Optimalisasi dilakukan dengan mengintegrasikan embung sebagai tampungan utama dengan sistem rainwater harvesting skala rumah tangga dan fasilitas umum, meliputi:

- Penangkapan air hujan dari atap rumah dan bangunan publik,
- Penyaluran air ke embung atau tandon antara,
- Penggunaan sistem first flush untuk meningkatkan kualitas air.

Integrasi ini akan memperbesar volume air yang tertampung dan mengurangi kehilangan air hujan.

c. Peningkatan Kualitas Air melalui Pengolahan Sederhana

Agar air embung layak digunakan sebagai air bersih, perlu diterapkan sistem pengolahan sederhana, antara lain:

- Penyaringan berlapis (pasir, kerikil, arang aktif),
- Sedimentasi alami di dalam embung,
- Desinfeksi ringan (klorinasi atau UV) sebelum distribusi.

Pengolahan ini relatif murah dan dapat dioperasikan oleh masyarakat dengan pelatihan sederhana.

d. Penguatan Sistem Distribusi dan Manajemen Air

Air hasil panen hujan perlu dikelola dengan sistem distribusi yang adil dan efisien, seperti:

- Pipa gravitasi atau pompa sederhana ke titik pemanfaatan,
- Pengaturan jadwal dan prioritas penggunaan air,
- Pembentukan kelompok pengelola air desa untuk operasi dan pemeliharaan.

e. Pemberdayaan dan Edukasi Masyarakat

Keberlanjutan sistem rainwater harvesting sangat bergantung pada peran masyarakat. Oleh karena itu, strategi optimalisasi harus disertai dengan:

- Edukasi konservasi air dan pemeliharaan sistem,
- Pelibatan masyarakat dalam pengelolaan embung,
- Dukungan kebijakan desa dan pemerintah daerah.

4.15 Implikasi terhadap Penyediaan Air Bersih Berkelanjutan

Dengan optimalisasi penerapan sistem rainwater harvesting, Embung Mojomalang berpotensi menjadi sumber air bersih yang:

- Mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap bantuan air tangki,
- Menjamin ketersediaan air pada musim kemarau,
- Mendukung ketahanan air jangka panjang di wilayah non-cekungan air tanah.

Penerapan strategi ini sejalan dengan prinsip pengelolaan sumber daya air berkelanjutan dan mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya pada aspek penyediaan air bersih dan sanitasi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis hidrologi, evaluasi potensi tampungan embung, serta kajian pemanfaatan teknologi *rainwater harvesting* pada Embung Mojomalang, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Embung Mojomalang memiliki potensi yang signifikan sebagai sumber air baku alternatif bagi masyarakat Desa Mojomalang. Ketersediaan limpasan air hujan yang tertampung menunjukkan bahwa embung tidak hanya berfungsi sebagai pendukung irigasi pertanian, tetapi juga dapat dioptimalkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat secara berkelanjutan, terutama pada musim kemarau.
2. Analisis hidrologi menunjukkan bahwa volume air hujan yang dapat ditangkap dan disimpan melalui sistem *rainwater harvesting* mampu meningkatkan ketersediaan air secara periodik. Integrasi antara daerah tangkapan hujan, sistem penyaringan, dan tampungan embung mampu memperpanjang masa layanan air serta mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap sumber air tanah yang terbatas.
3. Optimalisasi pemanfaatan embung memerlukan pengelolaan terpadu yang meliputi pengaturan distribusi air, pemeliharaan tampungan, serta penerapan sistem pengolahan sederhana sebelum distribusi ke masyarakat. Pendekatan berbasis konservasi air hujan terbukti menjadi strategi yang adaptif terhadap perubahan iklim dan sesuai diterapkan pada wilayah pedesaan dengan karakteristik curah hujan musiman.
4. Pemanfaatan embung berbasis *rainwater harvesting* mampu meningkatkan ketahanan air (water security) tingkat desa dengan menyediakan cadangan air yang lebih stabil, ramah lingkungan, dan berbiaya relatif rendah dibandingkan eksploitasi air tanah atau pembangunan sistem penyediaan air skala besar.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan perencanaan teknis lanjutan berupa jaringan distribusi air bersih dari embung menuju permukiman masyarakat agar pemanfaatan air dapat dilakukan secara merata dan efisien.

2. Untuk menjamin kelayakan air sebagai air bersih domestik, disarankan pembangunan unit pengolahan air sederhana seperti filtrasi pasir, karbon aktif, dan desinfeksi sebelum air didistribusikan kepada masyarakat.
3. Pemerintah desa bersama kelompok masyarakat perlu membentuk lembaga pengelola embung yang bertanggung jawab terhadap operasi, pemeliharaan rutin, pengendalian sedimentasi, serta pengaturan penggunaan air agar keberlanjutan sistem tetap terjaga.
4. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji:
 - Analisis kualitas air secara laboratorium,
 - Evaluasi kelayakan ekonomi sistem penyediaan air bersih,
 - Simulasi neraca air tahunan berbasis perubahan iklim,
 - Serta integrasi energi terbarukan (misalnya pompa tenaga surya) dalam sistem distribusi air.
5. Model pemanfaatan embung berbasis *rainwater harvesting* yang dikembangkan dalam penelitian ini berpotensi diterapkan pada desa lain dengan kondisi hidrologi dan keterbatasan air tanah yang serupa di wilayah Kabupaten Tuban maupun Bojonegoro.

DAFTAR PUSTAKA

- Briantama, R Haryo, and Ery Suhartanto. 2024. "Analisis Hidrologi Dan Hidrolika Sungai Untuk Pemodelan Banjir Hydrological and Hydraulic Analysis of a River for Flood Modeling as A." *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air* 04(January): 968–81.
- Fadhlurrahman, Yafie Suryadany, Runi Asmaranto, and Very Dermawan. 2024. "Studi Analisa Pola Genangan Banjir Menggunakan Pemodelan 2D HECRAS Di Sungai Pekalen, Kabupaten Probolinggo." *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air* 4(1): 1109–20. doi:10.21776/ub.jtresda.2024.004.01.093.
- Farida, Farida, Dasrizal Dasrizal, and Trina Febriani. 2019. "Review: Produktivitas Air Dalam Pengelolaan Sumber Daya Air Pertanian Di Indonesia." *Jurnal Spasial* 5(3): 65–72. doi:10.22202/js.v5i3.3161.
- Imamudin, Mochamad. 2001. "PERANAN AIR DALAM PERSPEKTIF AL-QURAN (Air Sebagai Sumber Kehidupan)." *el-Hayah* 3(1): 41–45. doi:10.18860/elha.v3i1.2220.
- Khumairo, Gusnia Ami, Baiq Lily Handayani, Program Studi Sosiologi, Universitas Jember, Program Studi Sosiologi, and Universitas Jember. 2022. "Habitus Masyarakat Di Daerah Kekeringan Pada Desa Jatisari Kabupaten Situbondo." 5211.
- Matondang, Muhammad Anshari, Ahmad Perwira Mulia, and Muhammad Faisal. 2022. "Analisa Area Genangan Banjir Sungai Babura Berbasis Hec-Ras Dan Gis." *Jurnal Syntax Admiration* 3(1): 180–201. doi:10.46799/jsa.v3i1.381.
- Pratonggopati, Muhammad Kautsar Hafizhurrahman, Dian Sisinggih, and Sumiadi. 2025. "Studi Pengendalian Banjir Hilir Sungai Cisaar Kabupaten Sukabumi Menggunakan Aplikasi Hec-Ras." *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air* 5(1): 337–46. doi:10.21776/ub.jtresda.2025.005.01.033.
- Rizka, Maria., Anna F. R, and Wilda N. 2017. "Potensi Pencemaran Airtanah Di Daerah Sub-Urban Kabupaten Bandung Bagian Selatan Dengan Menggunakan Metode Legrand." *Seminar Nasional kebumian* 10(1): 233–42.
- Somi, Novita, Andrea Sumarah Asih, Program Studi, and Teknik Sipil. 2020. "Saluran Drainase Ambarukmo Plaza Menggunakan Program Hec-Ras." 01(01): 141–51.
- Sutandi, Maria Christine. 2019. "Penelitian Air Bersih Di PT. Summit Plast Cikarang." *Jurnal Teknik Sipil* 8(2): 133–41. doi:10.28932/jts.v8i2.1363.
- Tuhuteru, Sumiyati, Anti Uni Mahanani, Rein Edward, Yohanes Rumbiak, Yohana Sutiknyawati, and Kusuma Dewi. 2023. "Pemberdayaan Petani Dalam Memanfaatkan Air Hujan Untuk Sistem Budidaya Tanaman Dengan Metode Water Harvesting." 26(4): 501–9.
- Wulandari, Andi Sri Rezky, and Anshori Ilyas. 2019. "Pengelolaan Sumber Daya Air Di Indonesia: Tata Pengurusan Air Dalam Bingkai Otonomi Daerah." *Gema Keadilan* 6(3): 287–99. doi:10.14710/gk.2019.6750.
- Zulhilmi, Ismail Efendy, Darwin Syamsul, and Idawati. 2019. "Faktor Yang Berhubungan Tingkat Konsumsi Air Bersih Pada Rumah Tangga Di Kecamatan

Peudada Kabupaten Bireun.” *Jurnal Biologi Education* 7(November): 110–26.

Screenshoot Submission Artikel Sinta 2

The screenshot shows the journal's website interface. At the top, there is a logo with a water drop and leaves, and the journal title: "Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan". Below the title, it lists "e-ISSN: 2550-0023 p-ISSN: 1907-817X" and "Open Access Journal Universitas Diponegoro". A navigation bar includes links for Home, About, People, Submissions, Issue, and Announcements, along with a search bar and a user profile dropdown for "MT. Mushthofa Mushthofa".

The main content area is titled "Active Submissions" and shows a table with one submission:

ID	DD-MM-YYYY Submit	Sec	Authors	Title	Status
82653	25-02-2026	RVA	Mushthofa, Indriani, Faqih	Optimizing the Function of the Mojomalang Reservoir Based...	Submitted

Below the table, it indicates "1 - 1 of 1 Items". On the left side, there is a "User" section showing the user is logged in as "mushthofa81" with links for "My Journals", "My Profile", and "Log Out". A "Journal Profile" section provides statistics: "Number of Documents: 1030", "G Scholar Citation: 2889", "H-Index: 26", and "i10-Index: 95".

Link Jurnal:

<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/presipitasi/index>

<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/presipitasi/author>

Link Profil Jurnal Sinta:

<https://sinta.kemdiktisaintek.go.id/journals/profile/2530>

The screenshot shows an email titled "[Presipitasi] Submission Acknowledgement" from Bimastyaji Surya Ramadan. The email content includes:

Dear MT. Mushthofa Mushthofa,

Thank you for submitting the manuscript, "Optimizing the Function of the Mojomalang Reservoir Based on Rainwater Harvesting for Sustainable Clean Water" to Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/presipitasi/author/submission/82653>
Username: mushthofa81

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Thank you,
Bimastyaji Surya Ramadan
Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan
Environmental Engineering Department, Faculty of Engineering, Universitas Diponegoro
Website: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/presipitasi>

At the bottom, there are buttons for "Balas" (Reply) and "Teruskan" (Forward), along with a smiley face icon.