

**ANALISIS HIDROLOGI DAN PENYEBAB BANJIR DI KAWASAN
PERTANIAN UNGGULAN DESA TRIMOMUKTI KECAMATAN
CANDIPURO LAMPUNG SELATAN
(Studi Kasus)**

(TESIS)

**Oleh:
HAMZAH
2425011023**



**MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

Judul Tesis

**: ANALISIS HIDROLOGI DAN PENYEBAB BANJIR
DI KAWASAN PERTANIAN UNGGULAN DESA
TRIMOMUKTI KECAMATAN CANDIPURO
LAMPUNG SELATAN (Studi Kasus)**

Nama Mahasiswa

: Hamzah

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2425011023

Program Studi

: Magister Teknik Sipil

Fakultas

: Teknik



Pembimbing I

Pembimbing II

**Prof. Ir. Masdar Helmi, ST., D.E.A., Ph.D
NIP. 197004301997031003**

**Ir. Vera Agustriana N, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197408312000032002**

2. Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil

**Dr. H. Ahmad Herison, S.T., MT
NIP. 196910302000031001**

PENGESAHAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Ir. Masdar Helmi, ST., D.E.A., Ph.D.

Sekretaris : Ir. Vera Agustriana N, S.T., M.T., Ph.D.

Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Rahayu Sulistiyorini, S.T, M.T.

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

2. Dekan Fakultas Teknik

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

NIP. 19691030 200003 1001

3. Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si

NIP. 19640326 198902 1001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 13 Januari 2026

ABSTRAK

ANALISIS HIDROLOGI DAN PENYEBAB BANJIR DI KAWASAN PERTANIAN UNGGULAN DESA TRIMOMUKTI KECAMATAN CANDIPURO LAMPUNG SELATAN (Studi Kasus)

Desa Trimomukti yang berada di wilayah administrasi Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lampung Selatan, merupakan daerah subur yang menjadi andalan Pemerintah Lampung Selatan, sebagai daerah penghasil padi paritas premium, yang telah dicanangkan sebagai kawasan Pertanian Persawahan Unggul dan telah ditetapkan sebagai Pilot Proyek Pertanian Cerdas (*Smart Farming zone*) luas area 1019 ha. Luas area persawahan produktif di Desa Trimomukti sebanyak 1300 Ha, yang dikelompokkan menjadi area 1 (zona 1) mencakup luas area persawahan $\pm$ 281 Ha, dan area 2 (zona 2) mencakup luas area sawah, $\pm$ 1019 ha. Permasalahan yang dihadapi pada area persawahan adalah sering terjadi banjir pada musim hujan yang merendam sawah hingga ketinggian 50-70 cm sehingga merusak seluruh tanaman dan pada musim kemarau mengalami kekurangan air sehingga tidak bisa menanam padi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab banjir di Kawasan tersebut. Beberapa metode yang dipakai antara lain Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder, HSS Nakayasu, HSS Gama I. Dalam studi ini yang digunakan HSS Nakayasu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Curah hujan maksimum di kawasan tersebut sebesar 118,33 mm. Kebutuhan air untuk pertanian mencukupi untuk kebutuhan sawah di Desa Trimomukti. Penyebab banjir bukan karena curah hujan yang tinggi namun karena kiriman air dari hulu Sungai Way Ketibung yang memasuki areal pertanian. Kondisi ini diperparah dengan saluran air pembuangan dipenuhi tumbuhan eceng gondok dan banyak sedimen serta tidak ada lagi pintu pengendali air saluran sehingga air dari sungai menggenangi kawasan pertanian. Alternatif solusi menangani masalah adalah dengan penataan sistem aliran serta pemanfaatan bangunan penampung air seperti *long storage* dan *checkdam* yang bisa berfungsi sebagai pengendali banjir pada musim hujan sekaligus sebagai penyedia cadangan air irigasi pada musim kemarau.

Kata kunci: hidrologi, banjir, saluran air, pintu air, long storage, checkdam

ABSTRACT

HYDROLOGICAL ANALYSIS FLOOD CAUSES IN THE SUPERIOR AGRICULTURAL AREA OF TRIMOMUKTI VILLAGE, CANDIPURO DISTRICT, SOUTH LAMPUNG (A CASE STUDY)

Trimomukti Village, located within the administrative area of Candipuro District, South Lampung Regency, is a fertile area that serves as a key agricultural zone for the South Lampung Government. It is a major producer of premium-grade rice and has been designated as a smart Agricultural Pilot Project. The total productive paddy field area in Trimomukti Village covers 1,300 hectares, which is divided into Area 1 (Zone 1) with approximately 281 hectares and Area 2 (Zone 2) with approximately 1,019 hectares. The main problems faced in this paddy field area are frequent flooding during the rainy season, which inundates the fields to a depth of 50–70 cm and damages crops, and water shortages during the dry season that prevent rice cultivation. This study aims to identify the hydrological conditions and the causes of flooding in the area. Several methods are commonly applied, including the Synthetic Unit Hydrograph (SUH) of Snyder, the Nakayasu SUH, and The Gama I SUH. In this study, the Nakayasu Synthetic. The research results show that the maximum rainfall in this area is 118.33 mm. The availability of water for agricultural purposes is sufficient to meet the irrigation needs of the paddy fields in Trimomukti Village. Flooding is not caused by high local rainfall but by inflows from the upstream section of the Way Ketibung River that enter the agricultural area. This condition is further exacerbated by drainage channels clogged with water hyacinth vegetation and heavy sedimentation, as well as the absence of functional water control gates, allowing river water to inundate the agricultural land. An alternative solution to address these issues is the reorganization of the flow system and the utilization of water storage structures such as long storage and checkdams, which can function as flood control facilities during the rainy season while also providing irrigation water reserves during the dry season.

Keywords: hydrology, flooding, drainage channels, water gates, long storage, checkdam

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Hamzah

Nomor Pokok Mahasiswa : 2425011023

Prodi/Jurusan : S2/Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini benar-benar karya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Tanda tangan yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima saksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandar Lampung, Januari 2026

Yang menyatakan



Hamzah

NPM : 2425011023

RIWAYAT PENULIS



Penulis dilahirkan di Tanjung Karang pada tanggal 25 September 1963, sebagai anak ke dua dari enam bersaudara dari pasangan Bapak Hi. Abdullah Isnain dan Ibu Hj. Nuriah.

Pendidikan, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 1, Kampung Sawah Lama pada tahun 1975, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) di SMP Negeri 2 Tanjung Karang pada tahun 1979, dan Sekolah Lanjutan Tingkat Atas (SLTA) di SMA Negeri 2 Tanjung Karang pada tahun 1982.

Pendidikan Diploma (D3) Universitas Lampung Jurusan Teknik Sipil diselesaikan pada tahun 1987. Pendidikan Sarjana (S1) Universitas Bandar Lampung Jurusan Teknik Sipil diselesaikan pada tahun 1994. Pendidikan Profesi Universitas Lampung Jurusan Profesi Insinyur diselesaikan pada tahun 2021. Tahun 2024, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Magister Teknik Sipil Universitas Lampung.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim, Alhamdulillah rabbil 'alamin, Kuucapkan syukur atas karunia-Mu ya Allah SWT dan dengan segala kerendahan hati meraih ridho Ilahi dan syafaat nabi Muhammad SAW

Kupersembahkan karya kecilku ini untuk orang-orang yang aku sayangi.

Istriku tercinta Rosalina, SE

Yang selalu tulus memberi cinta kasih, doa dan dukungan.

Anak-anakku tersayang Prima Meliza, S.T.,

Muhammad Rheza Dwinanda, S.T., Mohammad Aldo

Adinata, dan Mohammad Aldi Adiyatma

Terselip doa dan harapan agar kalian berada pada pencapaian yang lebih baik.

Dosen Pembimbingku, Prof. Ir. Masdar Helmi, S.T., D.E.A., Ph.D serta

Ir. Vera Agustriana N, S.T., M.T., Ph.D.

Yang selalu membimbing, mengajar serta memberikan saran.

MOTTO

Hidup untuk ibadah, menjalankan takdir Allah SWT

(Life for worship, fulfill his Allah)

SANWACANA

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya tesis ini dapat diselesaikan. Tesis dengan judul **“ANALISIS HIDROLOGI DAN PENYEBAB BANJIR DI KAWASAN PERTANIAN UNGGUL DESA TRIMOMUKTI KECAMATAN CANDIPURO LAMPUNG SELATAN,** merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini diucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM, ASEAN Eng. selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Bapak Prof. Ir. Murhadi, M.Si. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung;
3. Bapak. Dr. H. Ahmad Herison, S.T., MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. H. Ahmad Herison, S.T., MT. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Lampung sekaligus Penguji II yang telah memberikan masukan, saran dan motivasi dalam penyusunan tesis ini;
5. Bapak Prof. Ir. Masdar Helmi, S.T., D.E.A., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan memotivasi dalam penyelesaian tesis ini;
6. Ibu Ir.Vera Agustriana N, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan memotivasi dalam penyelesaian tesis ini;
7. Ibu Dr. Ir. Rahayu Sulistiyorini, S.T, M.T selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan masukan, saran dan motivasi dalam penyusunan tesis ini;
8. Keluargaku, Istri dan anak-anakku tercinta yang selalu tulus memberi cinta kasih, doa, nasihat, dukungan dan semangat;
9. Teman-teman angkatan RPL 2024 Magister Teknik Sipil yang telah memberi dukungan selama proses pembuatan tesis ini;

Akhir kata, diharapkan semoga tesis ini dapat menjadi salah satu acuan bagi Pemerintah Kabupaten Lampung Selatan dalam merehabilitasi saluran irigasi di kawasan pertanian unggul desa Trimomukti Kecamatan Candipuro Lampung Selatan serta dapat bermanfaat dan memberikan sumbangan ilmu pengetahuan bagi Masyarakat umum dan mahasiswa Jurusan Teknik Sipil.

Bandar Lampung, Januari 2026

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	X
DAFTAR TABEL	XIII
DAFTAR GAMBAR	XV
I. PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	4
1.3. TUJUAN PENELITIAN	5
1.4. BATASAN MASALAH.....	5
1.5 MANFAAT PENELITIAN	6
1.6 KERANGKA PENELITIAN.....	7
1.7 SISTEMATIKA PENELITIAN.....	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 UMUM.....	9
2.2 PENGERTIAN IRIGASI.....	9
2.2.1 <i>Bangunan Irigasi</i>	10
2.2.2. <i>Istilah – istilah dalam irigasi</i>	13
2.3. ANALISIS HIDROLOGI.....	15
2.3.1. <i>Pengertian Curah Hujan (Presipitasi)</i>	16
2.3.2 <i>Uji konsistensi data</i>	19
2.3.3. <i>Perhitungan Curah Hujan Wilayah (Area Rainfall)</i>	21
2.3.4. <i>Cara Tinggi Rata-Rata</i>	23
2.3.5. <i>Metode Aljabar</i>	24
2.3.6 <i>Metode Poligon Thiessen</i>	24
2.3.7 <i>Metode Isohyet</i>	26
2.3.8. <i>Analisis Frekuensi dan Probabilitas</i>	27
2.3.9. <i>Uji Kesesuaian Distribusi</i>	34

2.3.10. Koefisien Pengaliran.....	36
2.3.11. Distribusi Curah Hujan Jam-Jaman	37
2.3.12. Curah Hujan Efektif.....	38
2.4. PERHITUNGAN DEBIT RENCANA.....	39
2.4.1 Hidrograf Satuan Sintetik.....	39
2.4.2 Metode Snyder (1938).....	40
2.4.3 Metode Nakayasu (1959)	42
2.4.4 Koefisien Pengaliran.....	46
2.4.5 Distribusi Curah Hujan Jam-Jaman	47
2.4.6 Curah Hujan Efektif.....	48
2.5. KEBUTUHAN AIR UNTUK IRIGASI.....	48
2.5.1 Evapotranspirasi	49
2.5.2 Kondensasi (Pengembunan).....	51
2.5.3 Presipitasi.....	52
2.5.4 Evaporasi (penguapan).....	53
2.5.5 Perkolasi	53
2.6. EFISIENSI IRIGASI	55
2.7. NERACA AIR (WATER BALANCE).....	56
2.8. EVAPOTRANSPIRASI.....	57
2.8.1 Potensi Neraca air DAS Way Ketibung.....	58
2.8.2 Potensi Neraca air DAS Way Sekampung.....	59
2.8.3 Topografi Kawasan Studi	60
2.9. MODULUS PEMBUANGAN.....	62
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	65
3.1 LOKASI PENELITIAN	65
3.2 TAHAP PENGUMPULAN DATA DAN JENIS DATA.....	65
3.3. METODE ANALISIS	66
3.3.1 Analisis Data Hidrologi	66
3.3.2 Analisis Daerah Tangkapan Air	68
3.4 DIAGRAM ALUR METODOLOGI PENELITIAN	68

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	68
4.1. IDENTIFIKASI KONSISTENSI HUJAN	69
4.2 IDENTIFIKASI DATA KLIMATOLOGI	74
4.3 ANALISIS CURAH HUJAN WILAYAH.....	80
4.4 ANALISA KEBUTUHAN AIR.....	81
4.4.1. <i>Evapotranspirasi Potensial</i>	81
4.4.2 <i>Kebutuhan Air di Sawah (NFR)</i>	85
4.5 ANALISA KETERSEDIAAN AIR	101
4.5.1 <i>Curah Hujan Andalan (R80)</i>	101
4.5.2 <i>Debit Andalan</i>	103
4.6. ANALISA BANJIR RANCANGAN.....	109
4.7. HUJAN RANCANGAN	110
4.8. BANJIR RENCANA.....	115
4.9. MODULUS PEMBUANGAN.....	126
4.10. ALTERNATIF PENANGAN BANJIR	133
V. KESIMPULAN	142
5.1. KESIMPULAN	142
5.2. SARAN.....	143
DAFTAR PUSTAKA.....	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Metode Perhitungan Hujan Wilayah Berdasarkan Jumlah Pos Hujan ..	22
Tabel 2.2. Metode Perhitungan Hujan wilayah Berdasarkan Luas DAS	22
Tabel 2.3 Metode Perhitungan Hujan Wilayah Berdasarkan Topografi DAS.....	23
Tabel 2.4 Syarat Pemilihan Metode Frekuensi	29
Tabel 2.5 Koefisien Pengaliran	37
Tabel 2.6 Koefisien Pengaliran	46
Tabel 2.7 Harga Perkolasi dari Berbagai Jenis Tanah	55
Tabel 2. 8 Standar Tingkat Efisiensi untuk Saluran Irigasi.....	55
Tabel 4.1 Curah hujan tahunan rerata di 4 Stasiun Hujan.....	70
Tabel 4.2 Data curah hujan rerata Sta Talang Baru - Jabung	70
Tabel 4.3 Data curah hujan rerata Pulau Tengah - Jabung.....	71
Tabel 4.5 curah hujan rerata stasiun Jabung.....	72
Tabel 4.6 Temperatur Maksimum Rerata Tahunan	75
Tabel 4.7 Temperatur Minimum Rerata Tahunan	76
Tabel 4.8 Kecepatan Angin Rerata Tahunan	77
Tabel 4.9 Kelembaban Relatif Rerata Tahunan.....	78
Tabel 4.10 Lama Penyinaran Matahari Rerata Tahunan	79
Tabel 4.11. Luas Polygon Thiessen.....	81
Tabel 4.12 Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Metode Pen Man	83
Tabel 4.15 Kebutuhan Air Selama Penyiapan Lahan.....	87
Tabel 4.16 Koefisien Tanaman Padi.....	88
Tabel 4.17 Analisis Curah Hujan 1/2 Bulanan Rerata Stasiun R.233, R.127, R.019 & PH.031.....	90
Tabel 4.18 Hujan Efektif Periode ½ Bulanan Daerah Irigasi.....	91
Tabel 4.19 Kebutuhan Air di Sawah Periode ½ Bulanan Alternatif-1	92
Tabel 4.20 Kebutuhan Air di Sawah Periode ½ Bulanan Alternatif-2	93
Tabel 4.21 Kebutuhan Air di Sawah Periode ½ Bulanan Alternatif-3	94
Tabel 4.23 Kebutuhan Air di Sawah Periode ½ Bulanan Alternatif-5	95
Tabel 4.24 Kebutuhan Air di Sawah Periode ½ Bulanan Alternatif-6	96
Tabel 4.25 Kebutuhan Air di Sawah Periode ½ Bulanan Alternatif-7	97

Tabel 4.26 Kebutuhan Air di Sawah Periode $\frac{1}{2}$ Bulanan Alternatif-8	98
Tabel 4.27 Kebutuhan Air di Sawah Periode $\frac{1}{2}$ Bulanan Alternatif-9	99
Tabel 4.28 NFR Berbagai Alternatif Awal Musim Tanam	100
Tabel 4.29 Rangkang Hujan Bulanan	102
Tabel 4.30. Debit Andalan Bulanan Model FJ Mock	108
Tabel 4.31. Luas Polygon Thiessen Daerah Studi	110
Tabel 4.32 Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Hujan PH.031	110
Tabel 4.33 Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Hujan R.019	111
Tabel 4.34 Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Hujan R.127	111
Tabel 4.35 Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Hujan R.233	112
Tabel 4.36 Curah Hujan Harian Maksimum Rata-rata	112
Tabel 4.37 Curah Hujan Rancangan Gumbel	114
Tabel 4.38 Intensitas Hujan Rancangan	114
Tabel 4.39 Distribusi Hujan Rancangan	115
Tabel 4.40 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu	118
Tabel 4.41 Superposisi Hidrograf Banjir Rancangan Q ₂	119
Tabel 4.42 Superposisi Hidrograf Banjir Rancangan Q ₅	120
Tabel 4.44 Superposisi Hidrograf Banjir Rancangan Q ₂₅	122
Tabel 4.45 Superposisi Hidrograf Banjir Rancangan Q ₅₀	123
Tabel 4.46 Superposisi Hidrograf Banjir Rancangan Q ₁₀₀	124
Tabel 4.47 Hidrograf Banjir Rancangan Nakayasu	125
Tabel 4.48 Curah Hujan 3 Harian Maksimum Stasiun Hujan R.127	128
Tabel 4.49 Curah Hujan 3 Harian Maksimum Stasiun Hujan PH.031	129
Tabel 4.50 Curah Hujan 3 Harian Maksimum Stasiun Hujan R.019	130
Tabel 4.51. Curah Hujan 3 Harian Maksimum Stasiun Hujan R.233	131
Tabel 4.52. Curah Hujan 3 Harian Maksimum Rerata Thiessen	132
Tabel 4.53 Curah Hujan Rancangan 3 Harian Gumbel	132

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kerangka penelitian.....	15
Gambar 2. Denah <i>long storage</i>	18
Gambar 3. Potongan melintang <i>long storage</i>	19
Gambar 4. Denah dan potongan saluran sekunder.....	20
Gambar 5. Denah dan potongan saluran tersier	20
Gambar 6. Kurva massa ganda uji konsistensi.....	27
Gambar 7. Mengukur tinggi curah hujan dengan poligon thiessen	31
Gambar 8. Metode <i>Isohyet</i>	32
Gambar 9. Hidrograf satuan metode Nakayasu	48
Gambar 10. Lokasi penelitian	18
Gambar 11 Lokasi stasiun hujan terdekat pada lokasi Desa Trimomukti.....	67
Gambar 12. Diagram alir penelitian	68
Gambar 13. Kurva masa ganda Stasiun Talang Baru	71
Gambar 14. Kurva Masa ganda Sta Pulau Tengah	72
Gambar 15. Kurva Masa Ganda Stasiun Jabung.....	73
Gambar 16. Kurva masa ganda Stasiun Palas.....	74
Gambar 17. Polygon Thiesen Daerah Studi	80
Gambar 18. Skema model HSS Nakayasu.....	116
Gambar 19. HSS Nakayasu	117
Gambar 20. Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu	124
Gambar 21. Faktor Pengurangan Luar Areal yang Di Buang Airnya	139
Gambar 22. <i>CheckDam</i>	143
Gambar 23. <i>Long Storage</i>	145

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada masa yang akan datang, upaya untuk peningkatan produksi pertanian dan pendapatan petani akan semakin terkendala oleh kelangkaan air irigasi (Purwantini & Suhaeti, 2017). pada musim kemarau dan banjir pada musim penghujan. Selain disebabkan meningkatnya kompetisi penggunaan air antar sektor perekonomian, meningkatnya kelangkaan itu juga berkaitan dengan adanya degradasi fungsi jaringan irigasi. Fenomena perubahan iklim akhir - akhir ini juga berpengaruh terhadap degradasi fungsi irigasi. Hingga saat ini kerusakan jaringan irigasi rentan memiliki kondisi saluran kurang baik dengan nilai rata – rata kondisi eksisting sebesar 52,81 %, walaupun rehabilitasi sarana irigasi terus dilakukan, namun belum signifikan mengatasi kerusakan tersebut (Mahdika, et al., 2024).

Di Provinsi Lampung, pertanian tanaman pangan khususnya padi masih menjadi tulang punggung ekonomi lokal, sehingga peningkatan infrastruktur irigasi menjadi kebutuhan mendesak guna mendukung produktivitas lahan dan ketahanan pangan. (Suni & Yulius, 2021). Pengembangan jaringan irigasi relatif terbatas, bahkan fungsi air irigasi menurun pemanfaatannya akibat dari laju kerusakan jaringan irigasi lebih cepat dari laju perbaikan atau rehabilitasinya (Nelvi, 2019). Kabupaten Lampung Selatan terdiri dari 17 Kecamatan yang terletak di wilayah bagian selatan Provinsi Lampung dengan kondisi topografi didominasi dataran rendah, daerah perbukitan serta pantai di wilayah timur dan selatan, memiliki hamparan sawah produktif cukup luas yang merupakan salah satu penghasil padi berkualitas baik serta merupakan penyandang pangan di Provinsi Lampung (Amelia, et al., 2022).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Lampung Selatan, Luas panen padi pada tahun 2024 di Kabupaten Lampung Selatan mencapai sekitar 531,72 ribu Ha, mengalami kenaikan sebesar 1,61 ribu Ha atau 0,30 %

dibandingkan luas panen tahun 2023 sebesar 530,11 ribu Ha. Produksi beras pada tahun 2024 untuk konsumsi pangan penduduk mencapai 1,60 juta Ton, mengalami kenaikan sebanyak 19,23 ribu ton atau 1,21 % dibandingkan produksi beras tahun 2023 sebanyak 1,59 juta Ton (Badan Pusat Statistik, 2025).

Keberhasilan Kabupaten Lampung Selatan dalam meningkatkan produksi beras dari tahun 1980 hingga sekarang, tidak terlepas dari keberhasilan Proyek Pembangunan Irigasi Rawa Sragi yang diumumkan oleh Presiden Suharto pada tahun 1979 dalam program Pembangunan Lima Tahun ke III (PELITA III) tahun 1979 – 1984 (Departemen Pekerjaan Umum, 2018). Rawa Sragi terletak di Desa Pematang Pasir, Kecamatan Ketapang, Kabupaten Lampung Selatan. Kawasan ini awalnya merupakan rawa yang tergenang air dan menjadi permasalahan utama sejak dibuka sebagai lokasi transmigrasi pada tahun 1972. Pemerintah Pusat dengan dukungan dari Pemerintah Belanda melakukan penanganan dan pembangunan Proyek Rawa Sragi dengan cara membuat parit – parit di lokasi tersebut sehingga air dapat meresap dan area tersebut dimanfaatkan untuk area sawah dan tambak. Kemudian pada tahun 1979 sampai dengan tahun 1991, Pemerintah Pusat melakukan program pembangunan irigasi dengan memanfaatkan sungai Way Sekampung dan Way Pisang di Lampung Selatan (Sugiyanto & Rahmandi, 2019).

Selanjutnya agar dapat dilakukan pengendalian air secara teknis untuk kebutuhan pertanian, maka dilaksanakan pembangunan saluran pembuang primer (SPP), saluran pembuang sekunder (SPS) dan saluran pembuang tersier (SPT) yang berfungsi untuk mengalirkan air dari daerah Rawa Sragi ke Way Sekampung. Pada tahun 1985 dilaksanakan pembangunan tanggul penangkis guna memisahkan antara area tambak perikanan dengan area persawahan masyarakat sehingga kondisi sawah tidak lagi terganggu oleh intrusi air laut dan tanggul penangkis tersebut dimanfaatkan menjadi bagian dari jalan lintas pantai timur.

Berbagai upaya Pemerintah Kabupaten Lampung Selatan untuk menjaga dan meningkatkan produktifitas padi dalam rangka mempertahankan swasembada pangan, melalui kegiatan pengembangan dan peningkatan daerah-daerah yang dapat dikembangkan potensi pertaniannya, serta melakukan perbaikan dan rehabilitasi saluran irigasi yang mengalami kerusakan akibat banjir maupun akibat degradasi lahan pertanian yang terkena dampak perubahan iklim (Abbas, et al., 2022). Pemanfaat sumber daya air untuk berbagai keperluan disatu pihak juga terus meningkat dari tahun ke tahun, sebagai dampak pertumbuhan penduduk dan pengembangan aktivitas lainnya (Santoso & Munir, 2019.).

Desa Trimomukti yang berada di wilayah administrasi Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lampung Selatan, merupakan daerah subur yang menjadi andalan Pemerintah Lampung Selatan, sebagai daerah penghasil padi paritas premium, yang telah dicanangkan sebagai kawasan Pertanian Persawaahan Unggul (Rinaldi & Pramono, 2021.). Luas area persawahan produktif di Desa Trimomukti sebanyak 1353 Ha yang dikelompokkan menjadi area 1 atau (zona 1) mencakup luas area persawahan ± 330 Ha, dan area 2 atau (zona 2) mencakup luas area sawah, ± 1023 ha (Gumay , et al., 2022).

Permasalahan yang dihadapi pada area persawahan zona 1 yakni ketika musim hujan, sering terjadinya banjir yang merendam sawah petani hingga ketinggian 50-70 cm merusak seluruh tanaman padi yang telah siap panen. Terkadang dalam 1 tahun, terdapat empat (4) kali tanam, hanya satu (1) kali panen, bahkan terkadang tidak bisa panen akibat banjir baik akibat hujan di areal sekitar lokasi maupun akibat banjir kiriman dari daerah hulu, Kecamatan Way Panji. Sehingga setiap tahun ketika musim hujan sering terjadi gagal panen. Namun sebaliknya ketika musim kemarau areal tersebut mengalami kekeringan. Saat ini upaya yang dilakukan masyarakat jika mengalami kemarau, melakukan pengeboran tanah menggunakan pompa sub marsible dengan kedalaman sumur bor hingga ± 90 -100 m.

Pendayagunaan teknologi pada saluran irigasi sekunder dan tersier yang sesuai dengan kondisi lokal area persawahan Desa Trimomukti diharapkan dapat menjadi inovasi dan solusi untuk penanganan saluran irigasi yang tepat guna dalam upaya penangan banjir di areal persawahan Desa Trimomukti. Hal ini pun diharapkan dapat meningkatkan kontribusi produktivitas lahan sawah dan tanaman secara optimal serta berkelanjutan (sustainable) (Suroso, 2023). Keberhasilan pengembangan inovasi dan rekayasa sistem aliran dan saluran irigasi penampungan air pada saat musim hujan tersebut dapat mengantisipasi solusi penanganan banjir di areal persawahan zona 1 Desa Trimomukti, sehingga panen air pada saat musim hujan dapat dikendalikan dan disimpan untuk kebutuhan pada musim kemarau. Keberhasilan penanganan persoalan tersebut selanjutnya dapat memberikan kontribusi nyata bagi ketahanan pangan Kabupaten Lampung Selatan dan Provinsi Lampung serta ketahanan pangan Nasional.

Penelitian ini memiliki titik berat identifikasi demografi dan analisis penyebab banjir di daerah persawahan Desa Trimomukti sehingga mampu menjawab tantangan dan solusi penanganan banjir areal persawahan Desa Trimomukti yang seringkali mengalami gagal panen setiap tahunnya.

1.2. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana kondisi eksisting pada areal tersebut mengenai elevasi dan konturnya terhadap saluran pembuang sekunder dan terhadap areal persawahan sekitarnya.
2. Berapa besar debit banjir, volume genangan, dan tinggi muka air banjir maksimum yang terjadi pada musim hujan berdasarkan analisis hidrologi kawasan.
3. Bagaimana kondisi keseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan air irigasi, termasuk potensi pemanfaatan air hujan, untuk memenuhi kebutuhan air persawahan pada musim kemarau.

4. Bagaimana alternatif penataan tata kelola air irigasi dan sistem aliran yang tepat dan layak diterapkan untuk mengurangi risiko banjir serta meningkatkan ketersediaan air di kawasan persawahan zona 1 Desa Trimomukti.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi karakteristik hidrologi kawasan persawahan Desa Trimomukti, meliputi curah hujan, debit andalan, dan debit banjir rencana, untuk mengetahui besarnya potensi banjir dan genangan pada musim hujan.
2. Mengidentifikasi kebutuhan dan ketersediaan air irigasi berdasarkan perhitungan evapotranspirasi, hujan efektif, dan neraca air guna mengetahui keseimbangan antara suplai dan kebutuhan air pada musim hujan dan musim kemarau.
3. Mengevaluasi kondisi eksisting elevasi, kontur lahan, serta sistem irigasi dan drainase pertanian terhadap kemampuan pengaliran dan pembuangan air pada kawasan persawahan zona 1 Desa Trimomukti
4. Menyusun gagasan penanganan banjir dan pengelolaan air irigasi melalui penataan sistem aliran serta pemanfaatan bangunan penampung air (*long storage* dan *checkdam*) untuk mengurangi genangan dan meningkatkan ketersediaan air secara berkelanjutan

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian dibatasi pada areal persawahan Desa Trimomukti, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lampung Selatan, dengan fokus kajian pada zona 1 yang sering mengalami genangan dan banjir.

2. Objek kajian terbatas pada sistem tata air pertanian, meliputi kondisi hidrologi, sistem irigasi dan drainase, serta genangan banjir yang terjadi pada areal persawahan zona 1.
3. Data curah hujan yang digunakan merupakan data historis selama 10 (sepuluh) tahun, yang diperoleh dari stasiun hujan terdekat dan digunakan untuk analisis hujan wilayah, hujan andalan, serta hujan dan banjir rencana.
4. Data yang digunakan adalah data primer dan sekunder yang mencakup data primer meliputi pengukuran kontur dan elevasi lahan persawahan zona 1, serta pengamatan kondisi saluran irigasi dan drainase di lapangan. Data sekunder meliputi data curah hujan, data klimatologi, luas areal persawahan, dan data genangan banjir yang tersedia dari instansi terkait.
5. Analisis kebutuhan air irigasi dibatasi pada tanaman padi, mencakup perhitungan kebutuhan air pada musim hujan dan musim kemarau berdasarkan evapotranspirasi dan hujan efektif.
6. Penelitian ini tidak mencakup analisis kualitas air, sifat fisik dan mekanik tanah, aspek sosial, ekonomi, kapasitas, volume struktur maupun analisis biaya konstruksi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dan *output* dari kajian tesis ini diharapkan sebagai berikut :

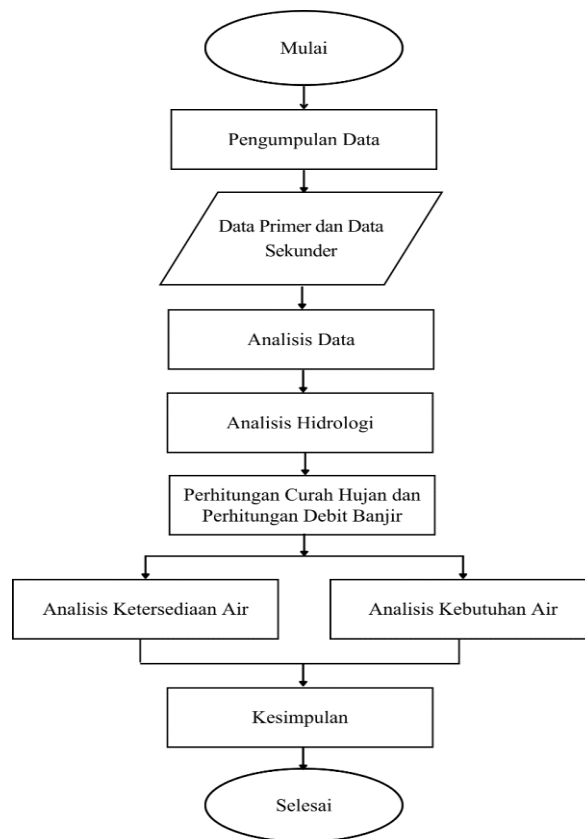
1. Menyediakan peta titik kritis banjir yang didasarkan pada elevasi, kontur, dan jaringan sebagai bahan teknis untuk menentukan lokasi penanganan yang paling efektif.
2. Menawarkan parameter banjir rencana Q_2 – Q_{100} sebagai landasan perencanaan kapasitas saluran, pintu air, dan infrastruktur pengendalian banjir.
3. Berfungsi sebagai dasar penghitungan kebutuhan versus ketersediaan air serta kebutuhan tampungan, sehingga konsep panen air (seperti

longstorage atau chackdam) dapat dirancang sesuai dengan kondisi lapangan.

4. Sebagai salah satu acuan dan referensi bagi Pemerintah Kabupaten Lampung Selatan dan Provinsi Lampung serta Pemerintah Pusat, dalam melakukan perencanaan pemeliharaan normalisasi saluran serta pembangunan infrastruktur irigasi di Desa Trimomukti dan sekitarnya dalam kawasan wilayah Kecamatan Candipuro, Lampung Selatan.

1.6 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian tesis ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka penelitian

1.7 Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian tesis ini adalah:

BAB I. PENDAHULUAN

Pendahuluan berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan dan sistematika penelitian yang dilakukan pada areal pertanian Desa Trimomukti, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lampung Selatan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang landasan teori maupun studi literatur yang digunakan dalam melakukan penelitian tesis ini disertakan dengan teori-teori pendukung yang digunakan dalam melaksanakan studi analisis banjir di kawasan pertanian Desa Trimomukti, seperti data hidrologi, Daerah Aliran Sungai (DAS), analisis frekuensi, curah hujan intensitas curah hujan, hujan merata, dan debit rencana.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang lokasi penelitian, jenis dan metode analisis serta tahapan dilakukan dalam proses penelitian.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil dan pembahasan yang dihasilkan dalam penelitian yang dilakukan, optimalisasi dan tatakelola air, evaluasi penyempurnaan kinerja infrastuktur, serta gagasan solusi penanganan banjir.

BAB V. PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan saran yang diperoleh dalam melakukan penelitian serta saran-saran dan solusi penanganannya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Teori yang akan disajikan dalam studi ini adalah teori yang relevan yang berkaitan dengan judul studi ini, serta analisis yang dilakukan berkaitan dengan teori tentang analisis hidrologi antara lain: Pengertian curah hujan (presipitasi), analisis distribusi frekuensi, intensitas hujan, kurva intensitas, durasi frekuensi, dan perhitungan debit banjir rencana, perhitungan curah hujan wilayah.

2.2 Pengertian Irigasi

Irigasi merupakan upaya dalam menyediakan serta mengelola air guna mendukung kegiatan pertanian. Jenis-jenis irigasi mencakup irigasi permukaan, rawa, air bawah tanah, pompa, dan tambak. Tujuan utama irigasi adalah meningkatkan produktivitas pertanian agar hasil panen lebih optimal, sehingga berkontribusi terhadap ketahanan pangan nasional serta kesejahteraan masyarakat, khususnya para petani, melalui keberlanjutan sistem irigasi. *Invalid source specified.* Sedangkan menurut Peraturan Pemerintah RI No. 20 Tahun 2006 tentang Irigasi, Irigasi adalah upaya penyediaan, pengaturan dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang dilakukan melalui pembangunan, pengelolaan dan pemeliharaan jaringan irigasi. Dalam konteks ini, irigasi tidak hanya berfungsi untuk pengairan tanaman, tetapi juga mencakup kegiatan pengelolaan air yang efisien (Ardiyansyah, 2025).

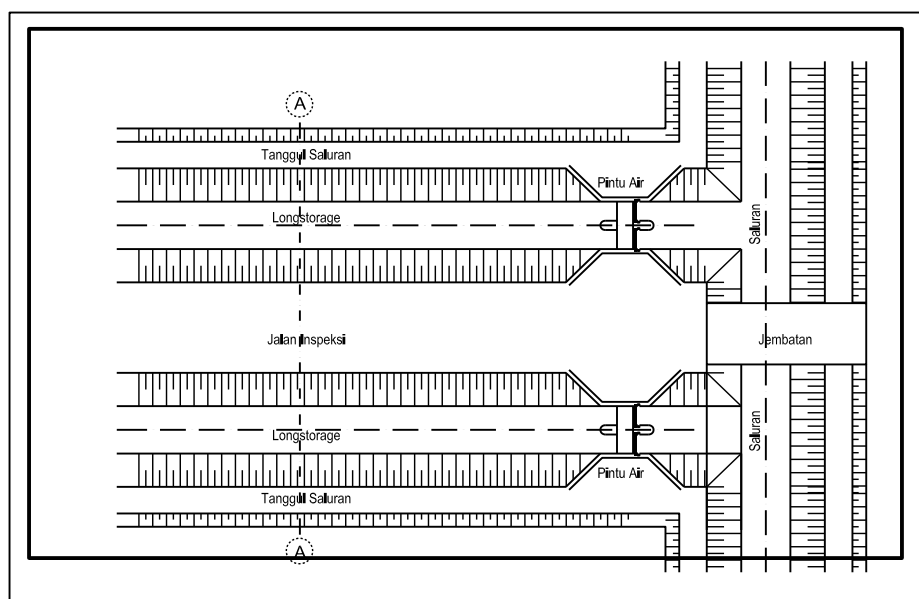
Daerah irigasi merupakan suatu kawasan daratan yang memperoleh pasokan air melalui sistem irigasi, terutama pada lahan persawahan yang membutuhkan suplai air besar guna mendukung produksi padi secara optimal. Untuk meningkatkan hasil pertanian, diperlukan sistem irigasi yang andal dan mampu menyediakan air secara berkelanjutan sepanjang tahun (Firwanto, 2025). Menjaga keseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan air menjadi faktor krusial, terutama di wilayah pertanian bergantung pada pasokan air dari sungai

melalui saluran irigasi. Selain itu, berbagai faktor seperti evapotranspirasi, perkolasi, perubahan lapisan tanah, serta curah hujan efektif turut memengaruhi kebutuhan air, khususnya pada lahan persawahan.

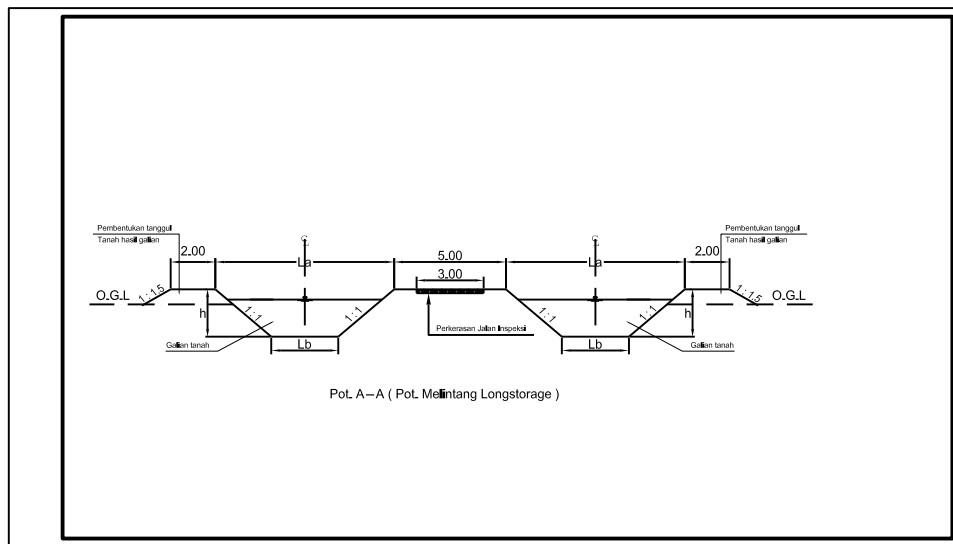
2.2.1 Bangunan Irigasi

Bangunan Irigasi adalah suatu bangunan yang menyalurkan air seperlunya untuk pertumbuhan tanaman ke tanah yang diolah dan mendistribusinya secara sistematis (Suroso, 2023). Irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak (PP No. 20 Tahun 2006 tentang Irigasi).

a. *Long Storage* adalah bangunan irigasi sebagai tempat penyimpanan air dalam jangka panjang sebagai bagian suatu sistem irigasi baik secara alami maupun buatan, berfungsi sebagai penyangga hidrologis yang menstabilkan ketersediaan air sepanjang waktu.

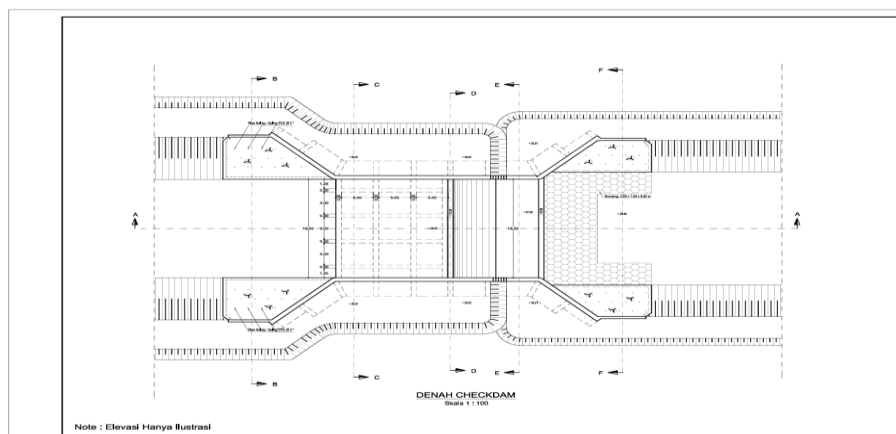


Gambar 2. Denah *long storage*



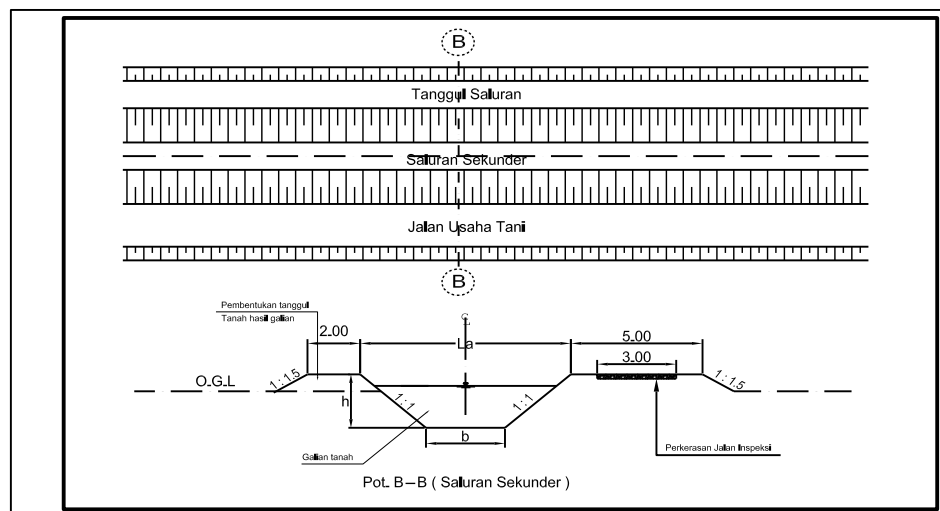
Gambar 3. Potongan melintang *long storage*

- b. *Checkdam* adalah salah satu bentuk bangunan konservasi tanah dan air yang berfungsi untuk mengendalikan aliran permukaan (*runoff*), mengurangi erosi serta meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah secara akademis cek dam dapat didefinisikan sebagai struktur hidraulik berukuran kecil yang dibangun melintang di alur sungai, saluran atau lembah kecil dengan tujuan utama memperlambat kecepatan aliran dan menahan sedimen yang terbawa oleh limpasan permukaan. Menurut prinsip rekayasa hidrologi, *Checkdam* berperan sebagai bangunan pengendali energi aliran, menurunkan kecepatan arus



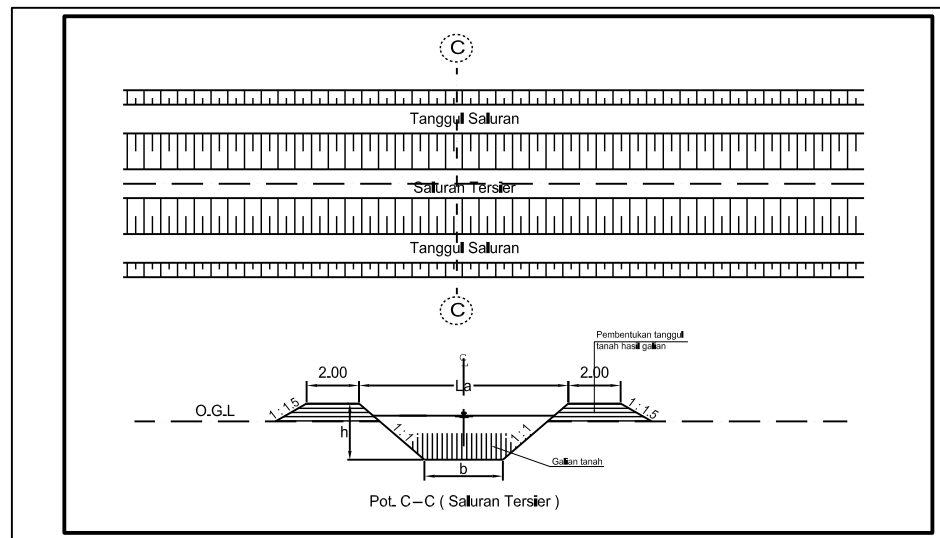
Gambar 4. Denah *Checkdam*

- c. Saluran sekunder adalah saluran irigasi yang berfungsi menyalurkan air dari saluran primer menuju saluran saluran tersier aatau untuk unit – unit pelayanan irigasi lainnya. Dalam sistem irigasi saluran sekunder merupakan komponen antara yang mendistribusikan debit air sesuai kebutuhan areal layanan pada tingkat blok atau sub daerah irigasi. Saluran ini umumnya dilengkapi dengan bangunan pengatur seperti pintu sadap, dan bangunan ukur untuk memastikan pembagian air berlangsung efisien dan pendistribuan debit air sesuai kebutuhan. Saluran ini umumnya dilengkapi pintu bagi dan pintu sadap serta bangunan ukur (Ritonga, et al., 2025).



Gambar 5. Denah dan potongan saluran sekunder

- d. Saluran tersier adalah saluran dalam jaringan irigasi yang berfungsi mendistribusikan air dari saluran sekunder menuju petak – petak sawah atau saluran kuarter menuju layanan terkecil dalam sistem irigasi. Saluran tersier memegang peranan penting dalam memastikan air irigasi dapat tiba pada lokasi pemanfaatan secara tepat jumlah dan tepat waktu.dan merata (Murtiningrum & Sadira, 2017).



Gambar 6. Denah dan potongan saluran tersier

- e. Pintu air saluran adalah merupakan salah satu komponen penting dalam sistem bangunan air yang berfungsi untuk mengatur, mengontrol, dan mengernndalikan aliran air pada suatu saluran irigasi, drainase atau bangunan hidroulik lainnya, mengontrol dan mengatur debit air, arah dan tinggi muka air sesuai kebutuhan oprasional sistem pengairan atau pengendalian banjir.
- f. Tanggul dapat didefinisikan sebagai struktur hidroulik buatan yang berfungsi untuk menahan, mengarahkan dan melindungi daerah di belakangnya dari gengan atau limpasan air. Dalam terminologi teknik sumber daya air, tanggul merupakan bagian dari sistem pengendalian banjur yang berperan menjaga kestabilan dan keamanan wilayah terhadap ancaman luapan air.

2.2.2. Istilah – istilah dalam irigasi

Irigasi merupakan upaya dalam menyediakan serta mengelola air guna mendukung kegiatan pertanian. Jenis-jenis irigasi mencakup irigasi permukaan, rawa, air bawah tanah, pompa, dan tambak. Tujuan utama irigasi adalah meningkatkan produktivitas pertanian agar hasil panen lebih optimal, sehingga

berkontribusi terhadap ketahanan pangan nasional serta kesejahteraan masyarakat, khususnya para petani, melalui keberlanjutan sistem irigasi. Berikut merupakan istilah yang ada di dalam irigasi yaitu:

- a. Irigasi adalah usaha penyediaan dan pengaturan air untuk menunjang pertanian, yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak.
- b. Jaringan irigasi adalah saluran, bangunan dan bangunan perlengkapannya yang merupakan satu kesatuan dan diperlukan untuk mengatur air irigasi mulai dari penyediaan, pengambilan, pembagian, pemberian, penggunaan, dan pembangunannya.
- c. Jaringan utama adalah jaringan irigasi yang berada dalam satu sistem irigasi mulai dari bangunan utama, saluran induk (primer), saluran sekunder, dan bangunan sadap serta bangunan pelengkapannya.
- d. Saluran primer adalah saluran pembawa utama dalam sistem irigasi yang berfungsi menyalurkan air dari sumber air, seperti bendung, waduk atau intake menuju jaringan saluran tingkat berikutnya (saluran sekunder).
- e. Saluran sekunder adalah saluran pembawa tingkat kedua dalam sistem irigasi yang menerima air dari saluran primer dan menyalurkan ke saluran tersier.
- f. Saluran tersier adalah saluran pembawa tingkat ketiga dalam jaringan irigasi yang menerima air dari saluran sekunder dan menyalurkannya langsung ke saluran kuarter (petak-petak irigasi)
- g. Jaringan tersier adalah jaringan irigasi yang berfungsi sebagai prasarana air dalam saluran tersier, saluran pembagi yang terdiri dari saluran pembawa yang di sebut saluran tersier, saluran pembagi tersebut saluran kuarter dan saluran pembuang berikut serta kelengkapannya.
- h. Jaringan irigasi primer adalah bagian dari jaringan irigasi yang terdiri bangunan utama, saluran induk (primer), saluran, bangunan sadap, dan bangunan pelengkapannya.

- i. Jaringan irigasi sekunder adalah bagian dari jaringan irigasi yang terdiri dari saluran sekunder, saluran pembuangannya, bangunan bagi, bangunan bagi sadap, bangunan sadap, dan pelengkapannya.

2.3. Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah bidang yang luas dan menggabungkan berbagai bidang seperti hidrologi air permukaan, hidrologi air tanah, dan ekohidrologi (Sri, 2015). Ilmu ini merupakan dasar untuk memahami siklus air di bumi dan mengatasi kesulitan yang berhubungan dengan air. Ilmu hidrologi adalah studi tentang pergerakan, distribusi, dan kualitas air di Bumi. Ini mencakup sumber daya air, presipitasi, penguapan, dan sifat-sifat air dalam berbagai bentuk. Para ahli hidrologi memeriksa bagaimana air berinteraksi dengan lingkungan dan dampak aktivitas manusia terhadap sistem air. Peranannya sangat penting dalam mengelola sumber daya air, memprediksi banjir dan kekeringan, serta memahami dampak perubahan iklim terhadap sistem air (Chalvyn & Tambaip, 2025).

Analisis hidrologi merupakan bagian ilmiah awal dari perencanaan struktur bertenaga air. Menurut definisi, data dan kuantitas yang dikumpulkan selama analisis hidrologi berfungsi sebagai masukan yang signifikan untuk analisis selanjutnya. Struktur bertenaga air dalam bidang perancangan struktur dapat berupa saluran, bendungan, dinding penahan banjir, dan lain sebagainya. Pemahaman utama untuk situasi ini adalah bahwa bangunan yang digerakkan oleh tekanan air harus memiliki opsi untuk bekerja secara fundamental dan praktis dalam jangka waktu yang telah ditentukan.

Analisa hidrologi penting dilakukan pada suatu kawasan areal pertanian karena kajian ini menyangkut pada analisa pergerakan air, distribusi dan kualitas air di lapisan tanah (Latief, et al., 2019). Kajian ini juga meliputi analisis hujan, aliran sungai dan infiltrasi air kedalam tanah. Tujuannya adalah untuk mengetahui pola aliran dan perilaku air, sehingga sangat penting dilakukan dalam proses konservasi, perencanaan sumber daya air, serta dalam tata kelola air dan banjir

(Sayekti & Wahyuni, 2022). Siklus Hidrologi : Proses sirkulasi air di bumi, termasuk evaporasi, kondensasi, presipitasi dan aliran air. Macam – macam siklus hidrologi:

- a. Siklus pendek: Menguapnya air laut menjadi uap gas karena panas dari matahari lalu terjadi kondensasi membentuk awan yang pada akhirnya jatuh ke permukaan laut.
- b. Siklus sedang: Menguapnya air laut menjadi uap gas karena panas dari matahari lalu terjadi evaporasi yang terbawa angin lalu membentuk awan yang pada akhirnya jatuh ke permukaan daratan dan kembali kelautan.
- c. Siklus panjang: Menguapnya air laut menjadi uap gas karena panas dari matahari lalu uap air menjadu sublimasi membentuk awan yang mengandung kristal es dan pada akhirnya jatuh dalam bentuk salju kemudian akan membentuk gletser yang mencair membentuk aliran sungai dan kembali ke laut.

2.3.1. Pengertian Curah Hujan (Presipitasi)

Presipitasi adalah merupakan bagian utama dari siklus hidrologi, yaitu proses dimana air yang menguap dari permukaan bumi naik ke atmosfer, mengalami kondensasi kemudian turun ke bumi (Permatasari & Natakusumah, 2017). Hujan adalah bentuk presipitasi yang paling umum dan penting dalam analisis hidrologi.

Untuk memahami pola hujan diperlukan informasi tentang volume atau ketinggian hujan, serta distribusi hujan terhadap tempat dan waktu. Distribusi hujan terhadap waktu dapat digambarkan dalam bentuk *hyetograf*, yaitu grafik yang menunjukkan intensitas hujan atau ketinggian hujan sebagai fungsi waktu (Suripin & Kurniani, 2016). Dengan demikian *hyetograf* merupakan alat penting dalam analisis hidrologi untuk memahami pola hujan dan memperdiksi potensi banjir atau kekeringan. Hyetograf merupakan alat penting dalam analisa hidrologi untuk memahami pola hujan dan memprediksi poptensi banjir dan

kekeringan (Lopa & Tahir, 2022). *Hydrograf* membantu dalam perencanaan dan desain sistem drainase, pengelolaan banjir dan pengelolaan keseimbangan ekosistem sumber daya air (Limantara, 2018).

Dalam pengertian lain presipitasi secara umum uap yang mengkondensasi dan jatuh ke tanah dalam rangkaian proses sirkulasi hidrologi, daerah pertanian yang bisa ditanam memiliki presipitasi tahunan 450 mm, jika daerah pertanian hanya memiliki presipitasi di bawah 330 mm, hanya mungkin dapat dilakukan harus mendapat suplai air dari Sungai (Ismaya & Faiza, 2021). Presipitasi yang ada di bumi ini berupa :

- a. Hujan, merupakan bentuk yang paling penting.
- b. Embun, merupakan hasil kondensasi di permukaan tanah atau tumbuh- tumbuhan dan kondensasi di dalam tanah.
- c. Kondensasi, di atas lapisan es terjadi jika ada massa panas yang bergerak di atas lapisan es.
- d. Kabut, pada saat terjadi kabut, partikel-partikel air diendapkan di atas permukaan tanah dan tumbuh- tumbuhan.
- e. Salju dan es.

Salah satu bentuk Presipitasi yang penting di Indonesia adalah hujan, Ada 5 buah unsur yang ditinjau terkait presipitasi, yaitu:

1. Intensitas curah hujan (I) adalah jumlah presipitasi/curah hujan dalam waktu tertentu atau dalam rentang waktu tertentu. Misal mm/menit
2. Lama waktu atau durasi (t) adalah curah terjadi dalam waktu Menit atau Jam.
3. Tinggi hujan (d) adalah banyaknya jumlah hujan yang dinyatakan dalam ketebalan air diatas permukaan datar
4. Frekuensi adalah frekuensi kejadian dan biasanya dinyatakan dengan kala ulang (return period) T, misalnya sekali dalam dua tahun.
5. Luas adalah luas geografis daerah sebaran hujan.

Curah hujan harian adalah jumlah hujan yang tercatat dalam periode 24 jam di stasiun pengamatan curah hujan. Data ini sangat penting dalam analisis hidrologi dan pengelolaan sumber daya air, karena digunakan beberapa keperluan, seperti : Simulasi kebutuhan air tanaman, analisis potensi banjir dan kekeringan., perencanaan dan pengelolaan sumber daya air, simulasi operasi waduk (Saida & Munir, 2020).

Curah hujan harian maksimum adalah curah hujan harian tertinggi dalam satu tahun pengamatan di suatu stasiun tertentu. Data ini sangat penting dalam perencanaan dan perancangan bangunan hidroulik sungaui, meliputi : bendung, bendungan tanggul, pengaman sungai, drainase (Saputra, 2024). Dengan mengetahui curah hujan harian maksimum, para ahli dapat merancang bangunan hidroulik yang aman dan efektif untuk mengendalikan banjir dan mengelola sumber daya air.

Curah hujan bulanan adalah curah hujan yang tercatat dalam satu bulan di suatu stasiun pengamatan curah hujan, data ini digunakan untuk : simulasi kebutuhan air, perencanaan Pertanian , menentukan pola tanam, pengelolaan sumber daya air. Dengan menganalisa curah hujan bulanan, kita dapat memahami pola hujan dan membuat keputusan yang tepat untuk pengelolaan air dan pertanian.

Curah hujan tahunan adalah jumlah curah hujan bulanan dalam satu tahun pengamatan pada suatu stasiun hujan tertentu. Curah hujan maksimum harian rata-rata DAS diperoleh melalui cara :

1. Tentukan hujan maksimum harian pada tahun tertentu di salah satu pos hujan.
2. Cari besarnya curah hujan pada tanggal-bulan-tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
3. Hitung hujan DAS dengan salah satu cara yang dipilih.
4. Tentukan hujan maksimum harian (seperti langkah pertama) pada tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
5. Ulangi langkah 2 dan 3 untuk setiap tahun.

6. Dari hasil rata-rata yang diperoleh (sesuai dengan jumlah pos hujan) dipilih yang tertinggi setiap tahun. Data hujan yang terpilih setiap tahun merupakan hujan maksimum harian DAS untuk tahun yang bersangkutan.

Apabila ada sebagian data curah hujan yang tidak ada pada stasiun penakar hujan tertentu, yang disebabkan oleh data hujan yang hilang atau kerusakan alat, maka data yang hilang tersebut dapat diisi dengan bantuan data yang tersedia pada stasiun-stasiun penakar hujan disekitarnya pada saat yang sama. Cara yang dipakai adalah dengan perhitungan Rasio Normal, yaitu dengan membandingkan data tinggi curah hujan rata-rata tahunan pada tiap-tiap stasiun, persamaan rasio normal tersebut adalah :

$$R_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \frac{A_{nx}}{A_{ni}} \dots\dots\dots \text{Persamaan (1)}$$

Dengan:

R_x = Tinggi curah hujan dicari pada stasiun x

N = Banyaknya stasiun penakar hujan di sekitar stasiun x untuk membantu menentukan data x

R_i = Tinggi curah hujan pada stasiun di sekitar stasiun x

A_{nx} = Tinggi curah hujan rerata tahunan di stasiun x

A_{ni} = Tinggi curah hujan rerata tahunan pada stasiun di sekitar stasiun x.

2.3.2 Uji konsistensi data

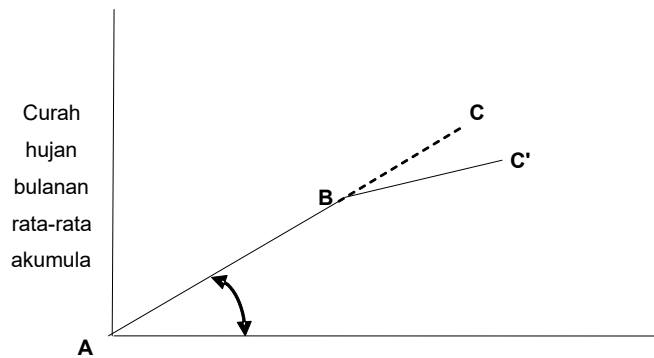
Uji konsistensi data curah hujan dapat dilakukan dengan menggunakan metode curva massa ganda (double mass curve). Metode ini bertujuan untuk menilai kestabilan dan keandalan data hujan yang diperoleh dari suatu stasiun pengamatan, serta memungkinkan dilakukan koreksi terhadap data yang tidak konsisten. Perubahan lokasi stasiun hujan maupun prosedur pengukuran dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap hasil pencatatan curah hujan

(Wirahadi, et al., 2020). Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan perbedaan atau penyimpangan nilai hujan yang terukur. Sehingga dapat menimbulkan ketidaktepatan atau kesalahan dalam data curah hujan yang di peroleh.

Langkah pelaksanaan metode ini adalah dengan membandingkan nilai akumulasi curah hujan tahunan dari stasiun yang diuji dengan akumulasi curah hujan tahunan rata – rata dari beberapa stasiun pembanding yang berada dalam satu jaringan pengamatan.

Stasiun–stasiun pembanding tersebut dipilih berdasarkan kedekatan lokasi dan kesamaan kondisi meteorologis dengan stasiun yang diuji. Selanjutnya hasil pembandingan kedua akumulasi tersebut diplotkan ke dalam grafik kurva masa ganda. Jika data konsisten, maka titik hasil plot akan membentuk garis lurus atau mendekati garis lurus. Namun apabila terdapat perubahan kemiringan garis, hal tersebut mengindikasikan adanya ketidakkonsistenan pada data curah hujan. Sehingga perlu dilakukan penyesuaian atau koreksi data.

Metode ini banyak digunakan dalam analisis hidrologi karena mampu meberikan gambaran visual mengenai konsistensi data curah hujan secara sederhana namun efektif



Gambar 7. Kurva massa ganda uji konsistensi

Faktor koreksi tersebut adalah :

$$tg \alpha = \frac{Yz}{X} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2)}$$

$$tg \alpha = \frac{Yo}{Xo} \dots\dots\dots \text{Persamaan (3)}$$

$$Hz = \left(\frac{tg \alpha}{tg \alpha_o} \right) Ho.tg \alpha \dots\dots\dots \text{Persamaan (4)}$$

Dengan :

Hz = Data hujan setelah diperbaiki (mm)

Ho = Data hujan hasil pengamatan (mm).

2.3.3. Perhitungan Curah Hujan Wilayah (*Area Rainfall*)

Pada analisis hidrologi diperlukan penentuan hujan rata-rata pada daerah pos hujan yang di tinjau. Hal ini digunakan untuk mengetahui karakteristik hujan, menganalisa hujan rancangan dan analisa debit rancangan (Kurniasih & Susandi, 2021). Untuk memenuhi langkah tersebut, diperlukan data curah hujan, kondisi kemiringan lahan dan tata guna, dan juga koefisien permeabilitas tanah. Analisis curah hujan diperlukan untuk menentukan intensitas yang digunakan sebagai prediksi timbulnya aliran permukaan wilayah (Suhardjono & Wigati, 2021). Karena karakteristik hujan sangat

bervariasi secara spasial, maka dapat dilakukan penggunaan suatu alat penakar hujan pada suatu wilayah yang luas. Oleh sebab itu, pada suatu daerah aliran sungai (DAS) biasanya dipasang beberapa alat penakar hujan di berbagai lokasi. Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam menentukan hujan maksimum rata - rata yang terdapat di suatu DAS dari berbagai stasiun penakar, yaitu metode aljabar, *thiessen* dan metode *isohyet* (Soemarto, 2020). Pemilihan metode yang paling cocok pada suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan tiga faktor berikut (*Suripin, 2004*).

Tabel 2.1. Metode Perhitungan Hujan Wilayah Berdasarkan Jumlah Pos Hujan

Persyaratan	Metode yang digunakan
Jumlah Pos Penakar Hujan Cukup Banyak	Thiesen, Isohyet, Rata-rata Aljabar
Jumlah Pos Penakar terbatas	Metode Thiesen dan Rata-rata aljabar
Pos Penakar hujan Tunggal	Metode Hujan Titik

Sumber : (Suripin, 2004)

Tabel 2.2. Metode Perhitungan Hujan wilayah Berdasarkan Luas DAS

Luas DAS	Metode
DAS > 500 km ²	Metode Isohyet
DAS 500 – 5000 km ²	Metode Thiesen dan Rata-rata Aljabar
DAS < 500 km ²	Metode Rata-rata Aljabar

Sumber : Suripin , 2004

Tabel 2.3 Metode Perhitungan Hujan Wilayah Berdasarkan Topografi DAS

Topografi DAS	Metode
Pegunungan	Rata-arta Aljabar
Dataran	Thiessen
Berbukit dan tidak beraturan	Isohyet

Sumber : Suripin, 2004

2.3.4. Cara Tinggi Rata-Rata.

Tinggi rata-rata curah hujan didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran hujan di pos penakar hujan di dalam areal tersebut. Jadi persamaan yang dipakai adalah:

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (5)}$$

dimana:

d = tinggi curah hujan rata-rata

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ = tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, ... n

n = banyaknya pos penakar.

Cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya ditempatkan secara merata, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos diseluruh areal (Sangkawati & Prihatin, 2018).

2.3.5. Metode Aljabar

Metode aljabar ini adalah metode mencari rerata suatu stasiun hujan. Metode ini paling sederhana, pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi jumlah stasiun (Raharjo & Suneeth, 2021). Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan adalah yang beradadalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS tangkapan yang masih berdekatan juga bias diperhitungkan. Hujanrerata pada seluruh DAS di berikan oleh persamaan:

$$P = \frac{P1+P2+P3+P4}{4} \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (6)}$$

Keterangan :

P = Hujan rerata Kawasan

P1+P2+...+P = Jumlah hujan dari setiap stasiun

2.3.6 Metode Poligon Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut (Pramono & Setyawan , 2021). Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan didaerah yang ditinjau tidak merata, pada metode ini stasiun hujan minimal yang digunakan untuk perhitungan adalah tiga stasiun hujan. Hitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun.

Metode Polygon Thiessen banyak digunakan untuk menghitung hujan rata-rata kawasan. Poligon Thiessen adalah tetap untuk suatu jaringan stasiun hujan

tertentu. Apabila terdapat perubahan jaringan stasiun hujan seperti pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat lagi polygon yang baru (Negara & Jaya, 2021).

Cara ini didasarkan rata-rata timbang (*weighted average*) Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung diantara dua buah pos penakar, seperti diperlihatkan pada gambar 2.2.

Misal A_1 adalah luas daerah pengaruh pos penakar 1. A_2 luas daerah pengaruh pos penakar 2 dan seterusnya. Jumlah $A_1 + A_2 + \dots + A_n = A$ adalah jumlah luas seluruh areal yang dicari tinggi curah hujan rata-ratanya. Jika pos penakar 1 menakar tinggi hujan d_1 , dan pos penakar 2 menakar d_2 , dan pos penakar n , menakar d_n , maka:

$$d = \frac{A_1 d_1 + A_2 d_2 + A_3 d_3 + \dots + A_n d_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

$$d = \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A_i} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A} \dots\dots\dots \text{Persamaan (7)}$$

Jika $\frac{A_i}{A} = p_i$ merupakan persentase luas pada pos i yang jumlahnya untuk seluruh luas adalah 100%, maka:

$$d = \sum_{i=1}^i p_i d_i \dots\dots\dots \text{Persamaan (8)}$$

keterangan :

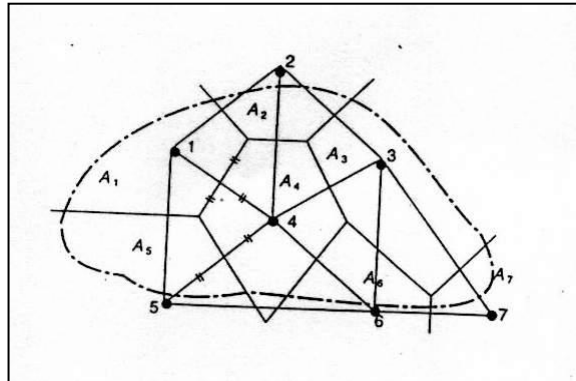
A = luas areal

d = tinggi curah hujan rata-rata areal

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ = tinggi curah hujan di pos 1, 2, 3, ..., n.

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = luas daerah pengaruh pos 1, 2, 3, ..., n.

$$\sum_{i=1}^n p_i = \text{jumlah persentase luas} = 100\%$$



Gambar 7. Mengukur tinggi curah hujan dengan poligon thiessen

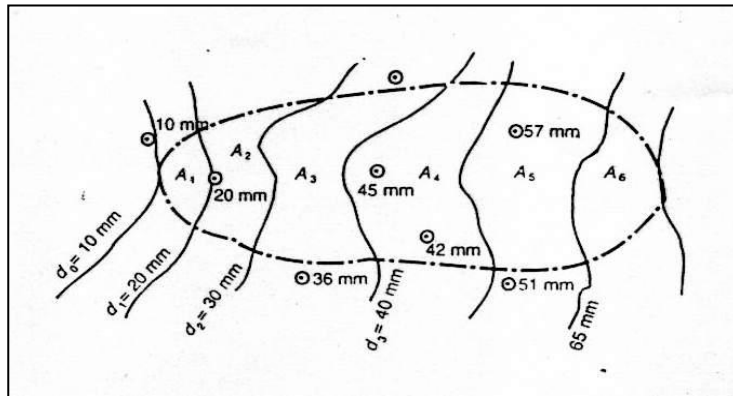
2.3.7 Metode *Isohyet*

Metode Isohyet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama (Muslich, 2025). Pada metode Isohyet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antaradua garis Isohyet adalah merata dan sama dengan nilai rata-rata dari kedua garis Isohyet tersebut. Metode isohyet digunakan untuk menentukan hujan rata-rata pada daerah bergunung dan sebaran stasiun/pospengamatan yang tidakmerata. Berdasarkan persamaan rumus:

$$P = \frac{A_1 \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) + A_2 \left(\frac{P_2 + P_3}{2} \right) + \dots + A_n \left(\frac{P_n + P_{n+1}}{2} \right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad \dots \text{Persamaan (9)}$$

keterangan :

- P = Rata rata curah hujan wilayah (mm)
- P_{1,2,3,...n} = Curah hujan stasiun (mm)
- A_{1,2,3...n} = Luas wilayah antara 2 stasiun (km²)



Gambar 8. Metode isohyet

Sumber : Hidrologi Terapan Bambang Triatmodjo 2008

2.3.8. Analisis Frekuensi dan Probabilitas

Sistem hidrologi memiliki keterkaitan erat dengan berbagai kejadian ekstrem seperti banjir dan kekeringan. Besarnya suatu peristiwa ekstrim umumnya berbanding terbalik dengan frekuensi terjadinya (Guntoro & Setiawan, 2021). Semakin besar atau luar biasa suatu kejadian, maka semakin jarang peristiwa tersebut terjadi. Oleh karena itu analisis frekuensi dilakukan untuk memahami hubungan antara intensitas suatu peristiwa ekstrim dengan peluang terjadinya, melalui penerapan fungsi distribusi probabilitas tertentu. Dalam analisis tersebut, data hidrologi yang digunakan diasumsikan memiliki sifat independent (tidak saling bergantung antar data) dan acak dalam distribusinya (Limantara & Montarich, 2020). Dengan demikian data hidrologi dipandang sebagai variabel stokastik, yaitu bersifat acak tetapi masih dianalisis secara statistik untuk memperkirakan kemungkinan terjadinya suatu peristiwa ekstrem dimasa datang.

Frekuensi hujan menggambarkan tingkat kemungkinan terjadinya suatu besaran curah hujan yang nilainya sama dengan atau melebihi batas tertentu. Sebaliknya periode ulang (*return period*) merupakan jangka waktu hipotesis yang menunjukkan seberapa sering, secara statistik, suatu kejadian hujan dengan intensitas atau besaran tertentu akan terulang atau terlampaui

(Kurniawan & Pramudiyanto, 2021). Analisis frekuensi hujan dilakukan dengan memanfaatkan sifat – sifat statistik dari data curah hujan historis untuk memperkirakan peluang terjadinya hujan dengan intensitas tertentu pada masa mendatang. Pendekatan ini didasarkan pada asumsi bahwa karakteristik statistik curah hujan dimasa depan tidak mengalami perubahan signifikan dan masih serupa dengan kondisi statistik yang teramati pada periode sebelumnya (Putro & Sekaranom, 2021).

Dalam analisis frekuensi hidrologi, terdapat dua jenis seri data yang umumnya digunakan. Jenis pertama adalah data maksimum tahunan yaitu kumpulan data yang diambil dengan memilih suatu nilai maksimum dari setiap tahun pengamatan (Limantara & Montarich, 2020). Nilai maksimum ini mewakili kejadian ekstrem yang paling signifikan dalam satu tahun dan digunakan sebagai dasar dalam proses analisis selanjutnya. Rangkaian data tersebut dikenal dengan istilah seri data maksimum tahunan (*annual maximum series*) yang berfungsi untuk menggambarkan pola kejadian ekstrem dari waktu ke waktu serta menjadi dasar dalam penentuan probabilitas terjadinya peristiwa hidrologi ekstrem dimasa mendatang.

Seri Parsial merupakan jenis data dalam analisis frekuensi yang disusun dengan menetapkan suatu nilai batas bawah tertentu sebagai kriteria pemilihan data. Semua data kejadian yang memiliki nilai melebihi batas bawah tersebut (Sangkawati & Edi, 2019). Kemudian dikumpulkan dan dijadikan sebagai bagian dari seri data untuk di analisa lebih lanjut dengan metode statistik yang sama seperti pada seri maksimum tahunan. Pentahapan batas ambang (*threshold value*) dapat dilakukan berdasarkan pertimbangan teknis atau secara empiris dengan pendekatan *peak over threshold*. Penentuan nilai ambang batas sebaiknya tidak dilakukan secara berlebihan agar jumlah sampel yang dihasilkan tetap proporsional. Disarankan agar jumlah data dalam seri parsial tidak melebihi lima kali jumlah tahun periode pengamatan, sehingga hasil analisis tetap representatif dan dapat menggambarkan karakteristik kejadian ekstrem secara akurat (Nugroho & Putri, 2021).

Dalam ilmu statistik, terdapat berbagai jenis distribusi frekuensi yang digunakan untuk menganalisis data, termasuk data hidrologi, namun dalam penerapannya pada bidang hidrologi, terdapat empat jenis distribusi yang paling umum digunakan karena mampu mempresentasikan karakteristik data kejadian alam secara lebih akurat. Keempat distribusi tersebut adalah distribusi normal, distribusi log normal, distribusi *log pearson type III*, distribusi Gumbel.

Beberapa metode yang dipakai untuk menentukan distribusi frekuensi yang umum digunakan dalam ilmu statistik yaitu : Log-Normal 2 , Log Pearson Type III, E.J Gumbel Type I. Untuk menentukan macam analisa frekuensi perlu dihitung parameter- parameter statistik seperti koefisien C_s dan C_k .

Tabel 2.4 Syarat Pemilihan Metode Frekuensi

Jenis Metode	C_k	C_s
Gumbel	5.4002	1.1396
Normal	3.0000	0.0000
Log Pearson Type III	Bebas	Bebas

Sumber : (Harto, 1993)

Distribusi normal adalah salah satu bentuk distribusi probabilitas yang paling dasar dan banyak digunakan dalam analisis statistik. Distribusi ini memiliki bentuk kurva simetris berbentuk lonceng (*bell shaped curve*) dimana nilai rata – rata (*mean*), median, dan modus berada pada titik yang sama. Dalam konteks hidrologi, distribusi normal sering digunakan ketika data seperti curah hujan atau debit aliran memiliki sebaran yang relatif simetris dan tidak menunjukkan kecenderungan ekstrem ke arah nilai maksimum atau minimum (Tjandra, et al., 2025). Namun karena fenomena hidrologi sering kali menunjukkan penyimpangan ke arah nilai ekstrem, penggunaan distribusi normal kadang dianggap kurang tepat untuk data bersifat miring (*skewed*). Distribusi normal mempunyai rumus sebagai berikut:

$$R_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \frac{A_{nx}}{A_{ni}} \dots\dots\dots \text{Persamaan (10)}$$

Dengan;

R_x = Tinggi curah hujan dicari pada stasiun x

N = Banyaknya stasiun penakar hujan di sekitar stasiun x untuk membantu menentukan data x

R_i = Tinggi curah hujan pada stasiun di sekitar stasiun x

A_{nx} = Tinggi curah hujan rerata tahunan di stasiun x

A_{ni} = Tinggi curah hujan rerata tahunan pada stasiun di sekitar stasiun x.

Distribusi Log Normal adalah merupakan transformasi dari distribusi normal, dimana nilai variabel yang dianalisis terlebih dahulu diubah kedalam bentuk logaritmik (Paramadita, 2025). Distribusi ini digunakan ketika data hidrologi, seperti curah hujan maksimum atau debit sungai, menunjukkan sebaran yang tidak simetris dengan ekor distribusi yang lebih panjang ke arah nilai besar. Dalam distribusi ini logaritma dalam data akan mengikuti distribusi normal, oleh karena itu distribusi logaritma normal lebih sesuai untuk menggambarkan kejadian hidrologi yang memiliki kecenderungan ekstrem, namun masih bersifat moderat (Jayantari, 2024). Distribusi ini banyak diterapkan dalam perhitungan curah hujan rencana dan analisa frekuensi banjir

Distribusi Log Normal mempunyai rumus

$$\text{Log}X_T = \text{Log}X + K.S\text{Log}X \dots\dots\dots \text{Persamaan (11)}$$

Koefisien variasi:

$$C_v = \frac{S.\text{Log}X}{\text{Log}X} \dots\dots\dots \text{Persamaan (12)}$$

Keterangan :

X_T = Besarnya curah hujan dengan periode ulang t

$\text{Log}X$ = Curah hujan harian maksimum rata-rata dalam harga logaritmik.

K = Faktor frekuensi dari log normal 2 parameter (tabel), sebagai fungsi dari koefisien variasi (C_v) dan periode ulang (t).

$S\text{Log}X$ = Standard deviasi dari rangkaian data dalam harga logaritmik.

C_v = Koefisien variasi.

Distribusi *Log Pearson Type III* merupakan salah satu distribusi yang paling banyak direkomendasikan untuk analisis frekuensi hidrologi, termasuk analisis debit banjir dan curah hujan ekstrem. Distribusi ini merupakan bentuk logaritmik dari distribusi *pearson* tipe III, yang memiliki parameter mean, standart deviasi dan koefisien kemencengan (*skewness*). Karakteristik utamanya adalah kemampuannya menggambarkan data yang bersifat asimetris dengan tingkat kemncengan tertentu. Distribusi ini memberikan hasil yang lebih representatif dibandingkan distribusi lainnya, khususnya untuk data dengan variasi besar dan kecendrungan ekstrem yang kuat.

Dalam kondisi tertentu meskipun data hidrologi yang dianalisis telah mengalami transformasi ke dalam bentuk logaritmik hasil analisis menunjukkan bahwan kesesuaian antara data empiris dengan model data teoritis tetap tinggi (Ananta, et al., 2024). Tingkat kesesuaian yang kuat tersebut dapat menjadi dasar yang cukup untuk membenarkan penggunaan distribusi Log Normal sebagai model statistik yang mewakili sebaran data tersebut. dengan kata lain apabila hubungan antara data observasi dan distribusi teoritis menunjukkan konsistensin yang signifikan, maka Distribusi Log Normal dianggap layak diterapkan untuk menggambarkan karakteristik statistik dari variabel hidrologi yang bersangkutan.

Berikut ini langkah – langkah penggunaan Distribusi *Log Pearson Type III*.

1. Ubah data kedalam bentuk logaritmis, $X = \text{Log } X$
2. Hitung harga rata – rata :
3. $\text{Log } X_r = \Sigma$
4. Hitung koefisien kemencengan.
5. $CS = \text{Koefisien skewness /kepencengan}$
6. Hitung Logaritma hujan dan banjir dengan periode ulang T dengan

Rumus :

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + K.Sx \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (13)}$$

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum \text{Log } X}{n} \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (14)}$$

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n - 1}} \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (15)}$$

$$Cs = \left(\frac{n * \sum (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3}{((n - 1)(n - 2)(S\text{Log } X))^3} \right) \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (16)}$$

Keterangan:

X_T = Besarnya curah hujan dengan periode ulang t (mm)

$\overline{\text{Log } X}$ = Curah hujan harian maksimum rata-rata dalam harga logaritmik (mm)

K = Faktor frekuensi dari log-parson III, sebagai fungsi dari koefisien skewness CS dan periode ulang t (tabel).

$S\text{Log } X$ = Standard deviasi dari rangkaian data dalam harga logaritmik.

CS . = Koefisien skewness /kepencengan.

n = Jumlah tahun pengamatan.

X_i = Curah hujan pada tahun pengamatan ke i .

Distribusi Gumbel atau yang dikenal juga sebagai *Extreme value Type I Distribution*. Digunakan secara khusus untuk menganalisis kejadian ekstrem, seperti curah hujan maksimum, banjir besar, banjir besar atau debit puncak sungai. Distribusi ini dirancang untuk memodelkan peluang terjadinya nilai – nilai ekstrem tertinggi dari suatu himpunan data. Dalam peraktek hidrologi, distribusi Gumbel sering dipakai untuk menentukan hujan atau debit dengan periode ulang tertentu misalnya (10 tahun, 25 tahun, 50 tahun atau 100 tahun) kelebihan distribusi ini adalah kesederhanaannya dalam perhitungan dan kemampuannya untuk memberikan estimasi yang cukup akurasi terhadap kejadian ekstrem yang jarang terjadi.

Metode Gumbel tipe I mempunyai persamaan umum adalah:

$$X_T = X_r + k.Sx \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (17)}$$

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (18)}$$

$$X_r = \frac{\sum X_i}{n} \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (19)}$$

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X_r)^2}{n - 1}} \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (20)}$$

$$Y_t = -(0.834 + (2.303 * \text{Log}(\text{Log}(T_r / (T_r - 1)))) \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (21)}$$

keterangan :

X_T = besarnya curah hujan dengan periode ulang t tahun.

X_r = curah hujan harian maksimum rata-rata selama periode pengamatan

k = faktor frekuensi dari gumbel.

Sx = standard deviasi.

S_n = standard deviasi dari *reduced variate* (tabel) tergantung dari

jumlah tahun pengamatan data.

Y_t = reduced variate sebagai fungsi dari periode ulang $t = -$

$(0.834 + 2.303 \text{ Log(Log } T_r/T_r - 1))$.

Y_n = harga rata-rata reduced variate (tabel) tergantung dari jumlah tahun pengamatan data.

2.3.9. Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian dimaksudkan untuk mengetahui kebenaran analisis curah hujan terhadap simpangan data vertikal maupun simpangan data horizontal sehingga diketahui apakah pemilihan metode distribusi frekuensi yang digunakan dalam perhitungan curah hujan diterima atau ditolak (Syahputra & Susandi, 2022). Metode uji kesesuaian distribusi yang umum dipakai adalah Uji Chi-Kuadrat (*Chi-Square Test*) dan Uji *Smirnov-Kolmogorov*.

- a. Uji *Smirnov-Kolmogorov* pengujian ini dilakukan dengan menggambarkan probabilitas untuk tiap data, yaitu dari perbedaan distribusi empiris dan distribusi teoritis yang disebut dengan D . Dalam bentuk persamaan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$D = \text{maksimum}[P(X_m) - P'(X_m)] < D_0 \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (22)}$$

keterangan :

D = Selisih antara peluang teoritis dan empiris.

D_0 = Simpangan kritis (Tabel)

$P(X_m)$ = Peluang teoritis

$P'(X_m)$ = Peluang empiris

Perhitungan peluang empiris dengan persamaan Weibull, (Soemarto, 1986) yaitu :

$$P = \frac{m}{n+1} \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (23)}$$

$$T = \frac{1}{P} \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (24)}$$

keterangan:

P = Peluang (%)

M = Nomor urut data.

N = Jumlah data

Apabila $D_{\max} < D_{Cr(tabel)}$ berarti distribusi frekuensi tersebut dapat diterapkan untuk semua data.

- b. Uji Chi-Kuadrat (*Chi-Square*). Uji ini digunakan untuk menguji simpangan secara vertikal yang ditentukan dengan rumus sebagai berikut

$$X^2 = \sum \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j} \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (25)}$$

keterangan :

X^2 = Parameter Chi-Kuadrat terhitung.

E_j = frekuensi teoritis kelas j

O_j = frekuensi pengamatan kelas j

Jumlah kelas distribusi dan batas kelas dihitung dengan rumus :

$$k = 1 + 3,22 \text{ Log } n \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (26)}$$

dimana :

k = Jumlah kelas distribusi.

n = Banyaknya data.

Besarnya nilai derajat kebebasan, Dk dihitung dengan rumus:

$$Dk = K - (P - 1) \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (27)}$$

keterangan :

Dk = derajat kebebasan.

K = banyaknya kelas.

P = banyaknya keterkaitan (kostrain) yang untuk sebaran Chi- Kuadrat =2

Apabila $X^2 < X_{cr}^2$ (dari tabel) berarti distribusi frekuensi tersebut dapat diterima.

2.3.10. Koefisien Pengaliran

Koefisien limpasan/pengaliran adalah variabel untuk menentukan besarnya limpasan permukaan tersebut dimana penentuannya didasarkan pada kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan yang jatuh di daerah tersebut (Hadihardaja & Zakaria, 2021). Koefisien pengaliran seperti yang disajikan pada tabel berikut, didasarkan pada suatu pertimbangan bahwa koefisien pengaliran sangat tergantung pada faktor-faktor fisik. Koefisien pengaliran dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Koefisien Pengaliran

Kondisi DAS	Angka Pengaliran
Pegunungan curam	0.75 - 0.90
Pegunungan tersier	0.70 - 0.80
Tanah bergelombang dan hutan	0.50 - 0.75
Dataran pertanian	0.45 - 0.60
Persawahan yang diairi	0.70 - 0.80
Sungai di pegunungan	0.75 - 0.85
Sungai di dataran	0.45 - 0.75
Sungai besar yang sebagian alirannya berada di dataran rendah	0.50 - 0.75

Sumber : (Soedarsono, 1980)

2.3.11. Distribusi Curah Hujan Jam-Jaman

Sebelum menghitung banjir rancangan perlu diketahui terlebih dahulu sebaran hujan jam-jaman dengan suatu interval tertentu. Intensitas hujan dapat diidentifikasi sebagai tinggi air hujan persatuan waktu, biasanya satuan curah hujan digunakan mm/jam (Hadihardaja & Zakaria, 2021).

Untuk mendapatkan intensitas hujan selama waktu konsentrasi digunakan rumus Mononobe sebagai berikut

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots \text{Persamaan (29)}$$

dengan:

- I = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)
- R₂₄ = curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)
- t = lamanya hujan (jam)

Setelah didapat sebaran hujan jam-jaman, kemudian dapat dihitung ratio sebaran hujan sebagai berikut:

$$R_t = t.R_T - (t-1). R_{(T-1)} \dots\dots\dots \text{Persamaan (30)}$$

dengan:

R_t = curah hujan pada jam ke T

R_T = intensitas hujan rerata dalam T jam (mm/jam)

t = waktu hujan dari awal sampai dengan jam ke T

$R_{(t-1)}$ = rerata hujan dari awal sampai dengan jam ke (t-1)

T = waktu mulai hujan

Sehingga menjadi:

$$R_1 = 1.R_1 - (1-1).R_{(1-1)}$$

$$R_2 = 2.R_2 - (2-1).R_{(2-1)}$$

$$R_3 = 3.R_3 - (3-1).R_{(3-1)}$$

$$R_4 = 4.R_4 - (4-1).R_{(4-1)}$$

$$R_5 = 5.R_5 - (5-1).R_{(5-1)}$$

$$R_6 = 6.R_6 - (6-1).R_{(6-1)}$$

2.3.12. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif adalah bagian hujan total yang menghasilkan limpasan langsung (direct run-off). Limpasan langsung ini terdiri atas limpasan permukaan (surface run-off) dan interflow (air yang masuk ke dalam lapisan tipis dibawah permukaan tanah dengan permeabilitas rendah, yang keluar lagi ditempat yang lebih rendah dan berubah menjadi limpasan.

Dengan menganggap bahwa proses transformasi hujan menjadi limpasan langsung mengikuti proses linier dan tidak berubah oleh waktu (linear and time invariant process), maka hujan netto (R_n) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$R_n = C \times R \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (31)}$$

dengan :

R_n = Hujan netto

C = koefisien limpasan

R = Intesitas curah hujan

2.4. Perhitungan Debit Rencana

Debit banjir rancangan adalah debit maksimum yang mungkin terjadi pada suatu daerah dengan peluang kejadian tertentu. Untuk menganalisa debit banjir rancangan, terlebih dahulu dibuat hidrograf banjir di sungai yang bersangkutan. Dalam kajian ini metode yang digunakan adalah Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu yang telah banyak digunakan pada berbagai DAS di Indonesia.

2.4.1 Hidrograf Satuan Sintetik

Hidrograf satuan sintetik merupakan suatu hidrograf satuan yang disusun berdasarkan analisis empiris dan hubungan matematis antara karakteristik fisik daerah aliran sungai (DAS) dengan bentuk hidrograf satuan yang dihasilkan. Berbeda dengan hidrograf satuan observasi yang diperoleh langsung dari data pengamatan hujan dan aliran, hidrigraf satuan sintetik dikembangkan melalui pendekatan teoritis atau statistik tanpa memerlukan data hidrograf hasil pengukuran di lapangan.

Konsef dasar hidrograf satuan sintetik berdasarkan pada teori Hidrograf Satuan (Unit hydrograph) yang dikembangkan oleh Sherman (1932), yang bawa respon aliran permukaan (runoff) dari suatu DAS terhadap hujan efektif

memiliki sifat linier dan dapat dinyatakan dalam bentuk hidrograf satuan. Dalam konteks ini, metode sintetik dikembangkan untuk memperkirakan bentuk hidrograf satuan pada DAS yang tidak memiliki data aliran sungai dengan menggunakan parameter – parameter fisik seperti luas DAS, panjang sungai utama kemiringan sungai dan waktu konsentrasi. Hidrograf satuan sintetik banyak digunakan dalam perencanaan hidrologi dan rekayasa sumber daya air, terutama pada daerah yang minim data hidrologi. Metode – metode yang umum digunakan, antara lain Snyder (1938), Nakayasu (1959). Melalui metode ini hidrografer dapat memperkirakan respon hidrologi DAS terhadap hujan dengan tingkat ketelitian yang cukup baik, meskipun tidak tersedia data pengukuran langsung.

Dengan demikian, Hidrograf Satuan Sintetik, merupakan alat penting dalam analisis banjir perencanaan bendungan, dan pengelolaan tata air, karena mampu mengadakan hubungan antara curah hujan dan debit aliran secara representatif berdasarkan karakteristik fisik satuan DAS.

2.4.2 Metode Snyder (1938)

Metode Snyder merupakan salah satu metode Hidrograf Satuan Sintetik yang dikembangkan oleh F.F. Snyder pada tahun 1938 berdasarkan studi empiris terhadap sejumlah daerah aliran sungai (DAS) di wilayah Appalachian, Amerika Serikat. Metode ini bertujuan untuk memperkirakan bentuk hidrograf satuan pada DAS yang tidak memiliki data pengamatan debit aliran secara langsung, dengan memanfaatkan parameter – parameter fisik DAS yang sudah diukur.

Prinsip dasar metode Snyder adalah bahwa karakteristik utama dari suatu hidrograf satuan, seperti waktu ke puncak (T_p), debit puncak (Q_p) dan durasi dasar (T_b). Dapat diturunkan dari hubungan empiris antara luas DAS, panjang alur sungai utama, serta jarak dari pusat hujan ketitik keluaran DAS. Snyder menyusun persamaan korelasi untuk menghubungkan parameter – parameter

tersebut berdasarkan hasil analisis terhadap data hidrologi aktual dari berbagai DAS. Persamaan utama dalam metode Snyder dapat dirumuskan sebagai berikut:

Waktu ke puncak hidrograf satuan (T_p)

$$T_p = C_t (C_l \cdot L \cdot L_c)^{0,3} \dots\dots\dots \text{Persamaan (32)}$$

Keterangan:

T_p = waktu dari pertengahan hujan efektif hingga debit puncak (jam)

L = panjang alur sungai utama (km)

L_c = jarak dari pusat hujan ke titik keluar sungai (km)

C_t dan C_l = koefisien empiris yang bergantung pada karekristik DAS

Debit puncak hidrograf satuan (Q_p)

$$Q_p = 2,78 C_p A T_p \dots\dots\dots \text{Persamaan (33)}$$

Keterangan:

Q_p = debit puncak (m^3/dt)

A = luas DAS (Km^2)

C_p = koefisien puncak yang nilainya bervariasi antara 0,3 – 0,8 tergantung koefisien DAS.

Durasi dasar hidrograf (T_b)

$$T_b = 3 + 1,67 T_p \dots\dots\dots \text{Persamaan (34)}$$

Metode Snyder dikenal cukup andal karena mempertimbangkan faktor morfometri DAS yang memengaruhi respon aliran permukaan terhadap hujan. Nilai koefisien C_t dan nC_p biasanya ditentukan berdasarkan kalibrasi terhadap DAS yang memiliki karakteristik serupa dengan daerah yang sedang dianalisis. Secara umum metode Snyder banyak digunakan dalam studi hidrologi terapan seperti perencanaan bendungan, analisis banjir dan pengelolaan tata air, terutama pada wilayah yang tidak memiliki data debit sungai lengkap. Kelebihan metode ini terletak pada kesederhanaan

perhitungannya dan kemampuannya memberikan estimasi hidrograf yang cukup representatif untuk berbagai kondisi DAS.

2.4.3 Metode Nakayasu (1959)

Metode Nakayasu (1959) merupakan salah satu metode Hidrograf Satuan Sintetik yang di kembangkan oleh K. Nakayasu di Jepang berdasarkan hasil analisis empiris terhadap berbagai daerah aliran sungai (DAS) di Jepang. Metode ini bertujuan untuk memperkirakan bentuk dan karekteristik hidrograf satuan pada DAS yang tidak memiliki data pengamatan debit, dengan mempertimbangkan faktor fisik DAS sereta durasi hujan efektif.

Metode Nakayasu berawal dari konsep dasar hidrograf satuan yaitu respon aliran permukaan (runoff) suatu DAS akibat hujan efektif dengan durasi tertentu. Namun berbeda dari metode Synder yang menggunakan korelasi empiris sederhana, metode Nakayasu menekankan pada bentuk geometrik hidrograf yang disusun berdasarkan hubungan antara waktu ke puncak, debit puncak, dan bagian resesi hidrograf.

Secara umum, bentuk hidrograf menurut Nakayasu dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu :

1. Bagian naik (rising limb) => menggambarkan peningkatan debit dari awal hujan efektif hingga mencapai puncak.
2. Bagian puncak (peak) => menggambarkan debit maksimum akibat hujan efektif.
3. Bagian turun (reccesion limb) => menggambarkan penurunan debit hingga kembali ke kondisi dasar (base flow)

Formulasi utama dalam metode Nakayasu meliputi beberapa paramater penting sebagai berikut :

$$T_p = t_r + 0,8 T_s \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (35)}$$

Keterangan:

T_p = waktu dari awal hujan efektif hingga debit puncak (jam)

t_r = durasi hujan efektif (jam)

T_g = waktu dari akhir hujan efektif hingga debit puncak (jam),

umumnya diperkirakan secara empiris antara 0,3 – 0,5 dari waktu konsentrasi DAS.

Debit puncak hidrograf satuan (Q_p) :

$$Q_p = A \cdot 3,6 (0,3 T_p + t_r) \dots\dots\dots \text{Persamaan (36)}$$

Keterangan:

Q_p = debit puncak hidrograf satuan ($m^3/det/mm$)

A = luas DAS (km^2)

Waktu dari puncak hingga debit menurun menjadi 30 % dari debit puncak ditetapkan sebagai $1,5 T_g$, waktu dari puncak hingga debit menurun menjadi 10 % dari debit puncak disebut T_r dengan nilai empiris sekitar $2,7 - 3,0 T_g$

Dengan demikian, hidrograf Nakayasu dibentuk secara empiris dari hubungan antara parameter fisik DAS dan waktu reaksi hidrologis yang kemudian digambarkan dalam bentuk kurva kontinu.

Kelebihan metode Nakayasu terletak pada kemampuannya menghasilkan bentuk hidrograf yang realistis dan sesuai dengan kondisi fisik DAS, terutama di wilayah dengan topografi kompleks atau curah hujan tinggi seperti di kawasan Asia Timur dan Asia Tenggara. Selain itu metode ini relatif mudah diterapkan dan dapat disesuaikan untuk berbagai lokasi daerah, sehingga banyak digunakan dalam analisis banjir, perencanaan infrastruktur pengendali banjir, dan studi hidrologi terapan lainnya.

Dengan kata lain, Metode Nakayasu (1959) merupakan pendekatan empiris yang memberikan estimasi hidrograf satuan secara praktis dan cukup akurat dengan mempertimbangkan respon waktu DAS terhadap hujan efektif serta karakteristik morfometri wilayahnya.

Metode Nakayasu menggunakan tahapan perhitungan sebagai berikut:

Data yang ada untuk diproses R24 dalam mm, panjang sungai (L) dalam km,

Catcment area (A) dalam km²

Menentukan Tp, T0.3 dan Qp.

$$T_p = T_g + 0.8 \cdot T_r$$

$$T_r = 0.5 T_g \text{ s/d } T_g$$

$$T_g = 0.4 + 0.58.L, \text{ untuk } L > 15 \text{ km}$$

$$T_g = 0.21.L^{0.7}, \text{ untuk } L < 15 \text{ km}$$

$$T_{0.3} = \alpha \cdot T_g$$

Yaitu

$$\alpha = 2 \Rightarrow \text{Pada daerah pengaliran biasa}$$

$$\alpha = 1.5 \Rightarrow \text{Pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat}$$

$$\alpha = 3 \Rightarrow \text{Pada bagian naik hidrograf cepat, turun lambat}$$

$$T_r = \text{satuan waktu dari curah hujan yang besarnya yaitu } (0.5-1.0) \times T_g$$

$$Q_p = \frac{C.A.R_o}{3.6(0.3T_p + T_{0.3})} \dots\dots\dots \text{Persamaan (37)}$$

$$T_b = T_p + T_{0.3} + 1.5T_{0.3} + 2 T_{0.3} \dots\dots\dots \text{Persamaan (38)}$$

dimana :

$$Q_p = \text{Debit puncak banjir (m}^3\text{/dt)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran}$$

$$A = \text{Luas daerah aliran sungai (km}^2\text{)}$$

$$R_o = \text{Hujan satuan, 1 mm}$$

$$T_p = \text{Waktu puncak (jam)}$$

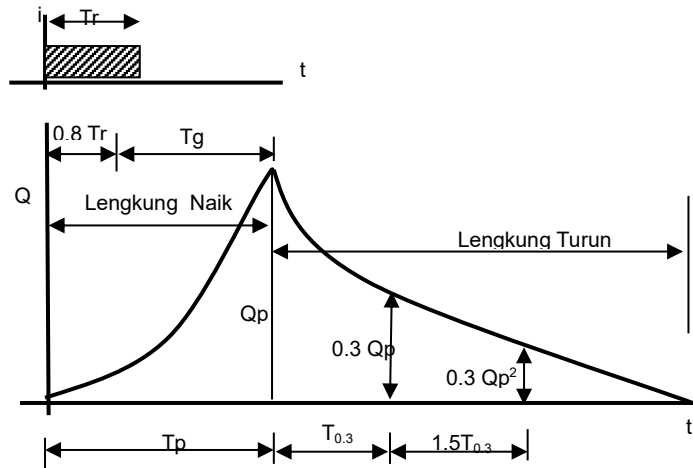
$$T_{0.3} = \text{Waktu yang diperlukan untuk penurunan debit, dari debit puncak menjadi 30 \% dari debit puncak (jam)}$$

$$T_r = \text{Satuan waktu hujan}$$

$$T_g = \text{Waktu konsentrasi (jam), ditentukan berdasarkan } L$$

$$T_b = \text{Time Base}$$

1. Menentukan keadaan kurva sebagai berikut.



Gambar 9. Hidrograf satuan metode nakayasu.

- a) Keadaan Kurva Naik, dengan $0 < Q < Q_p$

$$Q = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2.4} \dots\dots\dots \text{Persamaan (39)}$$

- b) Keadaan kurva turun dengan $Q > 0.3 Q_p$

$$Q = Q_p \cdot 0.3 \left(\frac{t - T_p}{T_{0.3}} \right) \dots\dots\dots \text{Persamaan (40)}$$

- c) Keadaan Kurva Turun $0.3^2 \cdot Q_p < Q < 0.3 Q_p$

$$Q = Q_p \cdot 0.3 \left(\frac{t - T_p + 0.5 T_{0.3}}{1.5 T_{0.3}} \right) \dots\dots\dots \text{Persamaan (41)}$$

- d) Keadaan Kurva Turun $Q < 0.3^2 Q_p$

$$Q = Q_p \cdot 0.3 \left(\frac{t - T_p + 1.5 T_{0.3}}{2 T_{0.3}} \right) \dots\dots\dots \text{Persamaan (42)}$$

Selanjutnya hubungan antara t dan Q/R_o untuk setiap kondisi kurva dapat digambarkan melalui grafik

2. Banjir Rancangan (Design Flood)

Dihitung dengan prinsip superposisi,

$$Q_1 = Re_1 U_1$$

$$Q_2 = Re_1 U_2 + Re_2 U_1$$

$$Q_3 = Re_1 U_3 + Re_2 U_2 + Re_3 U_1$$

$$Q_n = Re_1 U_n + Re_2 U_{(n-1)} + Re_3 U_{(n-2)} \dots + Re_{(n)} U^1 \dots \dots \dots \text{Persamaan (43)}$$

2.4.4 Koefisien Pengaliran

Koefisien limpasan/pengaliran adalah variabel untuk menentukan besarnya limpasan permukaan tersebut dimana penentuannya didasarkan pada kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan yang jatuh di daerah tersebut. Koefisien pengaliran seperti yang disajikan pada tabel berikut, didasarkan pada suatu pertimbangan bahwa koefisien pengaliran sangat tergantung pada faktor-faktor fisik. Koefisien pengaliran dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Koefisien Pengaliran

Kondisi DAS	Angka Pengaliran
Pegunungan curam	0.75 - 0.90
Pegunungan tersier	0.70 - 0.80
Tanah bergelombang dan hutan	0.50 - 0.75
Dataran pertanian	0.45 - 0.60
Persawahan yang diairi	0.70 - 0.80
Sungai di pegunungan	0.75 - 0.85
Sungai di dataran	0.45 - 0.75
Sungai besar yang sebagian alirannya berada di dataran rendah	0.50 - 0.75

Sumber : Sosrodarsono, (1980)

2.4.5 Distribusi Curah Hujan Jam-Jaman

Sebelum menghitung banjir rancangan perlu diketahui terlebih dahulu sebaran hujan jam-jaman dengan suatu interval tertentu. Intensitas hujan dapat diidentifikasi sebagai tinggi air hujan persatuan waktu, biasanya satuan curah hujan digunakan mm/jam.

Untuk mendapatkan intensitas hujan selama waktu konsentrasi digunakan rumus Mononobe sebagai berikut (Sosrodarsono,1987:32):

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots \text{Persamaan (44)}$$

dengan:

I = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)

t = lamanya hujan (jam)

Setelah didapat sebaran hujan jam-jaman, kemudian dapat dihitung ratio sebaran hujan sebagai berikut:

$$R_t = t.R_T - (t-1).R_{(T-1)} \dots\dots\dots \text{Persamaan (45)}$$

dengan:

R_t = curah hujan pada jam ke T

R_T = intensitas hujan rerata dalam T jam (mm/jam)

t = waktu hujan dari awal sampai dengan jam ke T

R_(t-1) = rerata hujan dari awal sampai dengan jam ke (t-1)

T = waktu mulai hujan

Sehingga menjadi:

$$R_1 = 1.R_1 - (1-1).R_{(1-1)}$$

$$R_2 = 2.R_2 - (2-1).R_{(2-1)}$$

$$R_3 = 3.R_3 - (3-1).R_{(3-1)}$$

$$R_4 = 4.R_4 - (4-1).R_{(4-1)}$$

$$R_5 = 5.R_5 - (5-1).R_{(5-1)}$$

$$R_6 = 6.R_6 - (6-1).R_{(6-1)}$$

2.4.6 Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif adalah bagian hujan total yang menghasilkan limpasan langsung (*direct run-off*). Limpasan langsung ini terdiri atas limpasan permukaan (*surface run-off*) dan *interflow* (air yang masuk ke dalam lapisan tipis dibawah permukaan tanah dengan permeabilitas rendah, yang keluar lagi ditempat yang lebih rendah dan berubah menjadi limpasan permukaan).

Dengan menganggap bahwa proses transformasi hujan menjadi limpasan langsung mengikuti proses linier dan tidak berubah oleh waktu (linear and time invariant process), maka hujan netto (R_n) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$R_n = C \times R$	Persamaan (46)
--------------------	---------------------

dengan :

R_n = Hujan netto

C = koefisien limpasan

R = Intesitas curah hujan

2.5. Kebutuhan Air Untuk Irigasi

Kebutuhan air irigasi merujuk pada volume air yang diperlukan untuk mencukupi kebutuhan tanaman, termasuk penguapan, kehilangan air, serta pasokan air dari hujan dan air tanah **Invalid source specified**.. Secara umum, air irigasi berasal dari bangunan pengambilan air dengan sumber utama dari sungai,

sementara lahan juga memperoleh tambahan air dari curah hujan yang langsung jatuh ke permukaannya. Ketersediaan air ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan lahan irigasi berdasarkan pola tanam yang ada. Tujuan dari perhitungan kebutuhan air irigasi adalah untuk menentukan jumlah air yang diperlukan agar lahan dapat berproduksi secara optimal dan efisien (Sutrisno & Hamdani, 2019). Dalam proses ini, efisiensi saluran irigasi menjadi faktor yang diperhitungkan. Selain itu, nilai koefisien tanaman (k_c) juga menjadi pertimbangan, yang ditentukan berdasarkan jenis.

2.5.1 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan proses kehilangan air yang mencakup total penguapan dari lahan serta jumlah air yang diserap oleh tanaman. Besarnya evapotranspirasi berperan dalam menentukan kebutuhan debit irigasi bagi tanaman. Evapotranspirasi Potensial (Potential Evapotranspiration) mengacu pada jumlah air yang menguap ketika ketersediaan air mencukupi, baik dari curah hujan maupun irigasi, sehingga memungkinkan pertumbuhan tanaman secara optimal. Sementara itu, Evapotranspirasi Sesungguhnya (Actual Evapotranspiration) adalah jumlah air yang benar-benar menguap dalam kondisi suplai air yang terbatas atau sesuai dengan jumlah yang tersedia. **Invalid source specified..** Faktor utama dalam menentukan kebutuhan air adalah evapotranspirasi, karena dengan mengetahui besarnya evapotranspirasi, dapat dihitung jumlah air yang diperlukan. Selain itu, proses evapotranspirasi memiliki pengaruh signifikan terhadap debit sungai, ketersediaan air di waduk, dan aspek hidrologi lainnya. Kecepatan evapotranspirasi dipengaruhi oleh berbagai faktor iklim, termasuk suhu udara, tingkat kelembaban, kecepatan angin, serta intensitas radiasi matahari.

Terdapat berbagai metode yang dapat digunakan untuk menentukan nilai evapotranspirasi, salah satunya adalah metode Penman Modifikasi. Akurasi dari metode ini ditentukan oleh beberapa parameter, seperti data suhu, kelembaban

udara, persentase radiasi matahari, dan kecepatan angin (Zulfimar, 2021). Metode Penman dipilih karena memberikan perhitungan yang lebih akurat dengan mempertimbangkan berbagai faktor dalam analisisnya.. Berikut beberapa parameter penentu yang merupakan data perbulan dari keadaan meteorologi yaitu:

1. Data Temperatur (°C)
2. Data Kelembapan Udara (%)
3. Persentase Penyinaran Matahari (%)
4. Kecepatan Angin (m/det)

Berikut rumus yang digunakan dalam menentukan evapotranspirasi dengan menggunakan metoda Penman yaitu:

$$ET_o = c.(w.R_n + (1-w).f(u).(e_a - e_d)) \dots\dots\dots \text{Persamaan (47)}$$

Keterangan:

- ET_o = Evapotranspirasi (mm/hari)
 C = Faktor koreksi akibat keadaan iklim siang dan malam
 w = Faktor bobot tergantung temperatur udara dan ketinggian tempat
 R_n = Radiasi netto ekivalen evapotranspirasi (mm/hari)
 f(U) = Suatu factor yang bergantung pada kecepatan angin(km/hari)
 e_a =NilaitTekanan uapjenuh (mbar)
 e_d = NilaitTekanan uapair nyata(mbar)

Proses hilangnya air akibat evapotranspirasi merupakan salah satu komponen penting dalam hidrologi karena proses tersebut dapat mengurangi simpanan air dalam badan-badan air, tanah, dan tanaman. Untuk kepentingan sumber daya air, data ini untuk menghitung kesetimbangan air dan lebih khusus untuk keperluan penentuan kebutuhan air bagi tanaman (pertanian) dalam periode pertumbuhan atau periode produksi. Oleh karena itu data evapotranspirasi sangat dibutuhkan untuk tujuan irigasi atau pemberian air, perencanaan irigasi atau untuk konservasi air. Evapotranspirasi ditentukan oleh banyaknya :

- a. Radiasi surya (R_d): Komponen sumber energi dalam memanaskan badan-badan air, tanah dan tanaman. Radiasi potensial sangat ditentukan oleh posisi geografis lokasi,
- b. Kecepatan angin (v): Angin merupakan yang menyebabkan terdistribusinya air yang telah diuapkan ke atmosfer, sehingga proses penguapan dapat berlangsung terus sebelum terjadinya kejenuhan kandungan uap di udara,
- c. Kelembaban (RH): Parameter iklim ini memegang peranan karena udara memiliki kemampuan untuk menyerap air sesuai kondisinya termasuk temperature udara dan tekanan udara atmosfer.
- d. Temperatur: Suhu merupakan komponen tak terpisah dari RH dan Radiasi. Suhu ini dapat berupa suhu badan air, tanah, dan tanaman ataupun juga suhu atmosfer.

2.5.2 Kondensasi (Pengembunan)

Pengembunan adalah suatu uap air di udara yang mengembang, mendingin kemudian pada titik embun berubah menjadi butiran air yang berkondensasi, biasanya ada pada partikel – partikel debu kecil di udara. Ketika kondensasi terjadi, dapat berubah menjadi cair kembali atau langsung berubah menjadi padat (es, salju, hujan batu (hail)). Partikel – partikel ini kemudian berkumpul dan membentuk awan. Proses ini penting dalam berbagai siklus air untuk menjadi faktor pengaruh terhadap kondisi pembentukan awan dan hujan yang pada gilirannya dapat mengakibatkan banjir pada suatu kawasan.

2.5.3 Presipitasi

Presipitasi adalah proses jatuhnya air dari atmosfer ke permukaan bumi, dalam bentuk hujan, salju dan hujan batu (hail) yang berasal dari kumpulan awan. Awan – awan tersebut bergerak mengelilingi bumi, yang diatur oleh arus udara. Sebagai contoh ketika awan – awan tersebut bergerak menuju pegunungan, maka awan – awan tersebut menjadi dingin kemudian air tersebut jatuh ke bumi.

Persipitasi merupakan bagian penting dalam proses siklus air, karena dapat membantu mengembalikan air ke permukaan tanah serta dapat mendukung keseimbangan ekosistem dan sumber daya air.

Dalam pengertian lain presipitasi secara umum uap yang mengkondensasi dan jatuh ke tanah dalam rangkaian proses sirkulasi hidrologi, daerah pertanian yang bisa ditanam memiliki presipitasi tahunan 450 mm, jika daerah pertanian hanya memiliki presipitasi di bawah 330 mm, hanya mungkin dapat dilakukan harus mendapat suplai air dari sungai.

Presipitasi yang ada di bumi ini berupa :

- a. Hujan , merupakan bentuk yang paling penting.
- b. Embun, merupakan hasil kondensasi di permukaan tanah atau tumbuh-tumbuhan dan kondensasi di dalam tanah.
- c. Kondensasi, di atas lapisan es terjadi jika ada massa panas yang bergerak di atas lapisan es.
- d. Kabut, pada saat terjadi kabut, partikel-partikel air diendapkan di atas permukaan tanah dan tumbuh- tumbuhan.

2.5.4 Evaporasi (penguapan)

Peristiwa air atau es menjadi uap dan naik keudara disebut penguapan dan berlangsung secara terus – menerus tidak berhenti dari permukaan air atau permukaan tanah, padang rumput, persawahan, hutan dan lain – lain. Penguapan ini terjadi pada setiap keadaan suhu tertentu. Tetapi jumlah penguapan tergantung dari, suhu, kelembaban dan kecepatan angin dan tekanan atmosfer. Ketika air dipanaskan oleh sinar matahari permukaan molekul – molekul air memiliki cukup energi untuk melepaskan ikatan molekul air tersebut, kemudian terlepas dan mengembang sebagai uap air yang tidak terlihat di atmosfer.

2.5.5 Perkolasi

Perkolasi adalah proses pergerakan air melalui pori – pori tanah atau batuan dari permukaan tanah ke lapisan tanah yang lebih dalam. Beberapa presipitasi dan salju cair bergerak kelapisan bawah tanah mengalir secara infiltrasi atau perkolasi melalui celah – celah dan pori – pori tanah dan batuan sehingga mencapai muka tanah yang kemudian menjadi air tanah.

Pemanasan air samudra oleh sinar matahari merupakan kunci untuk proses siklus hidrologi dapat berjalan secara kontinu. Air berevaporasi kemudian jatuh sebagai presipitasi dalam bentuk hujan salju, hujan batu, hujan es, hingga gerimis atau kabut.

Infiltrasi, air bergerak kedalam tanah melalui celah – celah pori tanah dan batuan menuju permukaan tanah. Air dapat bergerak akibat aksi kapiler dan air dapat bergerak secara vertikal dan horizontal dibawah permukaan tanah, sehingga air tersebut memasuki kembali kedalam sistem air permukaan. Air Permukaan, air bergerak diatas permukaan tanah, permukaan yang dekat dengan aliran utama dan danau. Semakin landai lahan semakin sedikit pori – pori tanah, maka aliran permukaan semakin besar. Aliran permukaan tanah biasanya dapat dilihat pada

daerah urban. Sungai – sungai bergabung satu sama lain dan membentuk sungai utama yang membawa saluran air permukaan disekitar daerah aliran sungai menuju laut.

Air permukaan baik yang mengalir maupun yang tergenang (danau, rawa, waduk) dan sebagian air bawah permukaan akan berkumpul dan mengalir membentuk sungai untuk kemudian berakhir ke laut. Proses perjalanan air di daratan itu terjadi dalam komponen – komponen siklus hidrologi yang membentuk sistem Daerah Aliran Sungai (DAS).

Sifat tanah mempengaruhi laju perkolasi, dimana data mengenai perkolasi dapat diperoleh dari penelitian kemampuan tanah yang dilakukan dengan tes kelulusan tanah.

Perkolasi atau resapan air kedalam tanah merupakan penjenjutan yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Tekstur tanah.
2. Permeabilitas tanah.
3. Tebal *Top Soil*.
4. Letak permukaan air tanah, semakin tinggi letak muka air tanah semakin rendah perkolasinya.

Pada tanah lempung sesudah dilakukan penggenangan nilainya sekitar antara 1 sampai 3 mm/hari. Pada daerah miring rembesan dari sawah terhadap sawah dapat mengakibatkan kehilangan air yang banyak. Pada daerah yang memiliki kemiringan lebih dari 5%, tidak terjadi kehilangan 5 mm/hari akibat perkolasi dan rembesan. Namun pada tanah yang ringan, nilai laju perkolasi bisa menjadi lebih tinggi.

Tabel 2.7 Harga Perkolasi dari Berbagai Jenis Tanah

No.	Macam Tanah	Perkolasi(mm/hr)
1.	<i>Sandy Loam</i>	3-6
2.	<i>Loam</i>	2-3
3.	<i>Clay</i>	1-2

Sumber: Soemarto, 1987

2.6. Efisiensi Irigasi

Untuk menilai apakah suatu pemberian air itu efektif dan efisien atau tidak, dinyatakan dengan efisiensi. Dari sudut pandang keteknikan, pengertian efisiensi irigasi ini didasarkan pada kenyataan bahwa tidak seluruh air yang diberikan atau disadap dan masuk ke saluran dapat dialirkan ke bangunan penyadapan berikutnya serta petak lahan yang diairi, tetapi ada bagian yang hilang atau tidak dapat dimanfaatkan. Efisiensi penyaluran (*Conveyance efficiency*) adalah efisiensi di saluran utama yakni primer dan sekunder dari bendung sampai ke sadap tersier, dan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$E_c = \frac{W_f}{W_r} \times 100 (\%) \dots\dots\dots \text{Persamaan (48)}$$

Keterangan:

E_c = Efisiensi penyaluran

W_f = jumlah air yang di salurkan

W_r = jumlah air yang diambil dari sungai

Tabel 2. 8 Standar Tingkat Efisiensi untuk Saluran Irigasi

Saluran	Efisiensi(%)
Primer	90
Sekunder	90
Tersier	80

Sumber: Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi (KP-01)

Manfaat pengukuran efisiensi pada jaringan irigasi adalah:

1. Untuk menghasilkan penggunaan air irigasi yang efisien di tingkat petani yang disesuaikan dengan kebutuhan air tanaman.
2. Untuk penelitian terapan dalam evaluasi tingkat efisiensi penggunaan air irigasi permukaan, misalnya rembesan/bocoran di saluran, debit yang diperlukan, panjang alur (*furrow*) dan sebagainya.
3. Untuk keperluan iuran pelayanan air irigasi diperlukan alat ukur untuk menetapkan jumlah air yang telah digunakan dan besarnya iuran air yang harus dibayar oleh pemakai air tersebut.

2.7. Neraca Air (water balance)

Neraca air adalah konsep dalam hidrologi yang menggambarkan keseimbangan antara input dan output air dalam suatu sistem, seperti Daerah Aliran Sungai (DAS) atau wilayah tertentu seperti kawasan persawahan. Dalam proses sirkulasi air hubungan antara aliran ke dalam tanah (*inflow*) dan aliran keluar (Outflow) disuatu daerah disebut Neraca Air (*water balance*). Neraca air memperhitungkan beberapa komponen, antara lain :

- a. Input: Curah hujan, aliran air yang masuk (*inflow*) dari luar sistem
- b. Output: air yang keluar (*outflow*) melalui Evapotranspirasi, infiltrasi dan penguapan air lainnya oleh manusia
- c. Penyimpanan: air yang tersimpan dalam tanah, danau dan waduk, catchment area, dapat juga disebut daerah tangkapan air yang merujuk pada suatu wilayah daratan yang menampung, menyimpan, dan mengalirkan air hujan ketitik keluaran seperti sungai, danau atau waduk.

Neraca air dapat membantu mengoptimalkan penggunaan air, untuk pertanian, industri dan kebutuhan lainnya. Dengan menganalisa Neraca air, kita dapat memahami dinamika air. Dalam suatu sistem dan membuat keputusan yang tepat, untuk pengelolaan sumber daya air.

Neraca air adalah perbandingan antara masukan (*inflow*: curah hujan, aliran masuk) dan keluaran (*outflow*: evaporasi, evapotranspirasi, aliran permukaan,

dll) pada suatu tempat dan periode tertentu. Apabila $\text{inflow} > \text{outflow} \rightarrow$ terjadi surplus; jika $\text{inflow} < \text{outflow} \rightarrow$ terjadi defisit (Mori, 2003). Komponen neraca air secara umum dapat dinyatakan dalam persamaan 3.

$$P = E_{To} + R + \Delta S \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (49)}$$

Keterangan:

P = Presipitasi/hujan (mm/hari) E_{To} = Evapotranspirasi (mm/hari)

R = *Run off*/aliran permukaan (mm/hari) ΔS = Perubahan simpanan air tanah (mm)

Catatan : 1 mm/hari = 1 / 8,64 $\approx$ 0,1157 L/det/Ha

2.8. Evapotranspirasi

Dalam melakukan analisa ketersediaan air dan kebutuhan air irigasi perlu terlebih dahulu dilakukan analisa terhadap data iklim untuk mengetahui besaran nilai evapotranspirasi. Persamaan - persamaan yang digunakan dalam menghitung evapotranspirasi menggunakan persamaan 4 – 10 (KP-01, 2013).

$$ET = E_{To} -$$

$$E = E_{To} \frac{n}{18-n}$$

$$E_{To} = c (W R_n + ((1-W)f(U)(e_s - e_d))$$

$$E_{Tc} = E_{To} \times K_c$$

$$R_s = (0,25 + 0,5 \frac{n}{13}) R_a$$

$$f(U) = 0,27(1 + \frac{U}{13})$$

$$e_d = e_s \frac{R_h}{e_s} \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan (50)}$$

Keterangan:

E_{Tc} = Evapotranspirasi terbatas

E_{To} = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)

E_{Tc} = Kebutuhan konsumtif tanaman (mm/hari)

K_c	=	Keofisien tanaman
E	=	Beda antara evapotranspirasi potensial dengan evapotranspirasi terbatas (mm)
m	=	Proporsi permukaan tanah yang tidak ditutupi oleh tanaman dalam tiap setengah bulanan. Dihitung dari peta tata guna lahan.
n	=	Jumlah hari hujan dalam setengah bulan
c	=	Faktor penyesuaian untuk rasio U siang ke U malam untuk R_{hmax} dan untuk R_s
W	=	Faktor penimbang untuk suhu dan lintang
R_s	=	Jumlah radiasi matahari gelombang pendek (m/hari)
R_a	=	Radiasi dari luar (<i>extra-terr.rad</i>) (mm/hari)
n	=	Rata-rata lamanya cahaya matahari sebenarnya (jam/hari)
N	=	Lama cahaya matahari maksimum yang mungkin (jam/hari)
$f(U)$	=	Suatu fungsi angin
U	=	Kecepatan angin rata-rata siang hari (m/det) diketinggian 2 m
$es-ed$	=	Defisit tekanan uap atau selisih antara uap jenuh (es) pada rata-rata (mbar) dan tekanan uap jenuh sebenarnya (ed) (mbar)
Es	=	Tekanan uap jenuh sebagai fungsi dari suhu
Rh	=	Kelembaban relatif rata-rata (%)

2.8.1 Potensi Neraca air DAS Way Ketibung

Analisis potensi neraca air di daerah Kabupaten Lampung Selatan, khusus yang berkaitan langsung dengan daerah studi yaitu wilayah kecamatan Candipuro, desa Trimomukti, belum pernah ada penelitiannya yang di informasikan oleh peneliti. Namun penelitian mengenai potensi neraca air DAS Way Ketibung

yang berada di bagian hulu kawasan studi, sudah ada, pernah dilakukan oleh *Karina H. Ananta*.

Berdasarkan hasil studi kasus penggunaan sumber daya air di daerah aliran sungai (DAS) Way Ketibung Kabupaten Lampung Selatan, adalah : Potensi ketersediaan air DAS Way Ketibung rata – rata sebesar 4.228 m³ / detik. Sedangkan kebutuhan air irigasi rata – rata sebesar 2,1773 m³ /detik. Kebutuhan air domestik dapat dipenuhi samapai tahun 2024 dengan proyeksi penduduk sebanyak 144.496 jiwa.

2.8.2 Potensi Neraca air DAS Way Sekampung

Analisis potensi neraca air di daerah Kabupaten Lampung Selatan, khusus pengaruh potensi neraca air DAS Way Sekampung yang berada di perbatasan antara Kabupaten Lampung Timur dengan kawasan kabupaten lampung selatan di bagian hulu kawasan studi, “Studi kasus penggunaan sumber daya air di daerah aliran sungai (DAS) Way Sekampung Kabupaten Lampung Timur, berbatasan dengan Lampung Selatan”

Analisis neraca air di Way Sekampung wilayah Lampung Selatan menunjukkan bahwa ketersediaan air di wilayah tersebut dapat mencukupi kebutuhan air domestik dan irigasi.

a. Ketersediaan dan Kebutuhan air

Berkaitan dengan jumlah air yang tersedia di kawasan DAS Way Sekampung untuk mendukung pertumbuhan tanaman, baik bersumber dari alam dalam bentuk hujan, maupun dalam sitem irigasi.

1. Potensi ketersediaan air di Way Sekampung mencapai 450,73 m³ /detik.
2. Namun ketersedediaan air nyata yang dapat dipenuhi hanya sebesar 81,55
3. m³/detik, karena pemanfaatan air saat ini belum optimal.
4. Kebutuhan air irigasi sebesr 139,637m³/detik.

5. Kebutuhan air baku untuk rumah tangga, perkotaan dan industri sebesar
6. 7,95 m³/detik.
7. Total kebutuhan air mencapai 147,10 m³/detik.
- b. Kendala yang timbul dalam kawasan DAS

Berbagai kendala yang sering terjadi dalam kawasan DAS, meliputi

1. Kekurangan air pada musim kemarau.
2. Penurunan fungsi resapan air akibat berkurangnya vegetasi pada daerah tangkapan air.
3. Kinerja sistem pengelolaan yang ada belum optimal.
4. Pembuatan bendung baru untuk meningkatkan ketersediaan air
5. Perbaikan sistem pengelolaan untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan air.
6. pengembangan teknologi untuk meningkatkan ketersediaan air dan mengurangi pencemaran.

Upaya konservasi lingkungan untuk mengurangi dampak kerusakan pada lingkungan lahan pertanian, harus menjadi unsur penting yang diperhatikan dalam menjaga ekosistem dan pelestarian sumber daya alam.

2.8.3 Topografi Kawasan Studi

Pengukuran topografi kawasan sangat diperlukan untuk dipahami karena mempengaruhi perencanaan pembangunan dan pengelolaan sumber daya alam, pengendalian banjir, pertanian. Dengan memahami topografi kita dapat melakukan perencanaan yang benar, menentukan kebijakan yang tepat serta keputusan yang lebih baik dan efisien dalam pengelolaan suatu kawasan. Topografi kawasan dapat memberikan gambaran tentang bentuk permukaan bumi di suatu kawasan. Topografi meliputi ketinggian kontur, kemiringan dan gambaran geografis lainnya pada suatu wilayah.

Pengukuran topografi di wilayah desa Trimomukti wilayah studi (pada zona 1) dimaksud untuk mengetahui batas genangan maksimum yang terjadi serta untuk melakukan pemetaan situasi di daerah yang mengalami genangan

tertinggi. Sehingga kita dapat mengetahui luas areal yang terkena dampak banjir dan dapat mengetahui besarnya volume air yang menggenang pada areal persawahan.

Adapun tujuan dari pengukuran topografi ini adalah untuk menyajikan peta dan data yang dibutuhkan dalam menghitung luasan genangan dan volume air yang tergenang. Dalam bentuk :

- a. Peta situasi areal persawahan
- b. Potongan Melintang dan memanjang

Peta situasi yang dimaksud lengkap dan sesuai dengan keadaan lapangan yang sebenarnya, bentuk penampang melintang dan memanjang areal persawahan, serta saluran sekunder maupun tersier serta bangunan irigasi yang ada di lokasi tersebut akan tergambar dalam peta dan dimensi, posisi dan ketinggian yang benar.

Pengukuran penampang memanjang dan melintang pada lokasi studi dimaksud, untuk mengetahui kondisi tampang permukaan tanah pada posisi tegak lurus terhadap as saluran pembuang sekunder, yang diukur menggunakan alat automatic. Pengukuran penampang memanjang dan melintang dilakukan pada daerah genangan, saluran pembuang sekunder dan saluran tersier dengan uraian kriteria sebagai berikut :

1. Pengukuran penampang memanjang saluran pembuang sekunder dilakukan pada setiap jarak 100 m
2. Pengukuran penampang melintang saluran dilakukan setiap jarak 50 m untuk penampang lurus 25 meter pada belokan dan lebar koridor 20 m ke kiri dan 20 m ke kanan dari tepi saluran sekunder.
3. Titik tempat pengukuran potongan melintang secara techimetric ini harus diukur posisi vertikal dengan automatic level dan posisi horizontalnya harus terikat pada jalur poligon di sisi saluran pembuang sekunder.
4. Setiap center line titik *cross section* dipakai juga sebagai pengukur *long secti*

2.9. Modul Pembuangan

Dalam budidaya padi metode *System of Rice Intensification* (SRI) yaitu merupakan pendekatan agroekologi dalam budidaya padi yang meminimalkan persaingan antar-tanaman, menanam bibit padi tunggal, menggunakan bahan organik, meningkatkan sirkulasi udara tanah, dan mengoptimalkan pengelolaan air untuk menciptakan kondisi optimal bagi pertumbuhan tanaman yang sehat, genangan air pada saat-saat tertentu disarankan untuk dibuang secepatnya dalam rangka memberi kesempatan aerasi akar tanaman, tanpa mengakibatkan stress tanaman. Jumlah kelebihan air yang harus dikeringkan per petak disebut *modulus pembuang* atau koefisien pembuang dan ini bergantung pada:

- ✓ Curah hujan selama periode tertentu
- ✓ Pemberian air irigasi pada waktu itu
- ✓ Kebutuhan air tanaman
- ✓ Perkolasi tanah
- ✓ Tampungan di sawah-sawah selama atau pada akhir periode yang bersangkutan
- ✓ Luasnya daerah
- ✓ Sumber-sumber kelebihan air yang lain.

Pembuang permukaan untuk petak dinyatakan sebagai $D(n)$;

$$D(n) = R(n)T + n(I - ET - P) - \Delta S \dots\dots\dots \text{Persamaan (51)}$$

dimana :

n = jumlah hari berturut-turut

$D(n)$ = limpasan pembuang permukaan selama n hari, mm

$R(n)T$ = curah hujan dalam n hari berturut-turut dengan periode ulang T tahun, mm

I = pemberian air irigasi, mm/hari

ET = evapotranspirasi, mm/hari

P = perkolasi, mm/hari

ΔS = tampungan tambahan, mm.

Untuk penghitungan modulus pembuangan, komponennya dapat diambil sebagai berikut:

- ✓ Dataran Rendah
- ✓ Pemberian air irigasi (I) sama dengan nol (0) jika irigasi di hentikan atau
- ✓ Pemberian air irigasi (I) sama dengan evapotranspirasi (ET) jika irigasi diteruskan
- ✓ Kadang-kadang pemberian air irigasi dihentikan di dalam petak tersier, tetapi air dari jaringan irigasi utama dialirkan kedalam jaringan pembuang
- ✓ Tampungan tambahan disawah pada 150 mm lapisan air maksimum, tampungan tambahan (ΔS) pada akhir hari-hari berturutan n diambil maksimum 50 mm
- ✓ Perkolasi (P) sama dengan nol (0)
- ✓ Daerah Terjal

Seperti untuk kondisi dataran rendah tetapi dengan perkolasi (P) sama dengan 3 mm/ hari. Untuk modulus pembuang rencana dipilih curah hujan 3 hari dengan periode ulang 5 tahun.

Modulus pembuang dihitung dengan persamaan berikut:

$$D_m = \frac{D(3)}{3 \times 8.64} \dots \dots \dots \text{Persamaan (52)}$$

dimana :

D_m = modulus pembuang, ltr/dt. ha

$D(3)$ = limpasan pembuang permukaan selama 3 hari, mm

1 mm/ hari = 1/8,64 ltr/dt.ha

Untuk daerah-daerah sampai seluas 400 ha pembuang air per petak di ambil konstan. Jika daerah-daerah yang akan dibuang airnya yang lebih besar akibat menurunnya curah hujan (pusat curah hujan sampai daerah curah hujan) dan dengan demikian tampungan sementara yang relatif lebih besar, maka dipakai harga pembuang yang lebih kecil per petak; lihat (Gambar 21.). Debit pembuang rencana dari sawah dihitung sebagai berikut:

$$Q_d = 1.62 D_m A^{0.92} \dots\dots\dots \text{Persamaan (53)}$$

dimana :

Q_d = debit pembuang rencana, l/dt

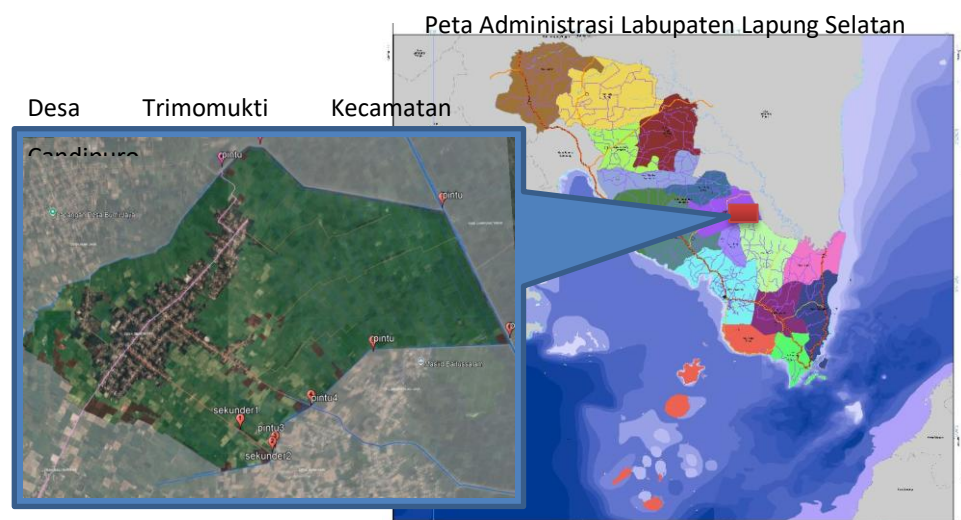
D_m = modulus pembuang, l/dt.ha

A = luas daerah yang dibuang airnya, ha

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada lokasi kawasan Pertanian Desa Trimomukti Kecamatan Candipuro Kabupaten Lampung Selatan seperti terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Lokasi penelitian

3.2 Tahap Pengumpulan Data dan Jenis Data.

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Tahapan persiapan

Tahap persiapan diawali dengan melakukan inventarisasi data- data yang diperlukan serta menyiapkan administrasi berupa surat- menyurat permohonan data dan izin untuk dapat melakukan penelitian di wilayah studi.

2. Tahapan pengumpulan data

Pengumpulan data primer dan sekunder dilakukan setelah menyelesaikan tahapan persiapan.

Jenis data yang digunakan meliputi data sekunder dan data primer. Pengumpulan data sekunder, berupa data curah hujan diperoleh dari BB-WS. Mesuji Sekampung yaitu pada stasiun pencatat curah hujan terdekat yang ada di sekitar kawasan studi studi, desa Trimomukti.

Data curah hujan yang representatif adalah data curah hujan yang diolah dari minimal dari 4 stasiun pencatat. Lokasi stasiun pencatat data curah hujan yang berdekatan dengan lokasi studi dan berpengaruh terhadap neraca air ketersediaan air dan kebutuhan air irigasi.

- a. Lokasi Stasiun pencatat data curah hujan yaitu R.019 Talang Baru
- b. Lokasi Stasiun data curah hujan yaitu R. 127 Negara Batin (Jabung)
- c. Lokasi Stasiun data curah hujan yaitu R.233 Pulau Tengan
- d. Lokasi Stasiun data curah hujan yaitu PH. 031 Palas

Sedangkan data primer diperoleh dengan melakukan pengukuran topografi kawasan persawaahan di desa Primomukti sebagai lokasi studi.

3.3. Metode Analisis

3.3.1 Analisis Data Hidrologi

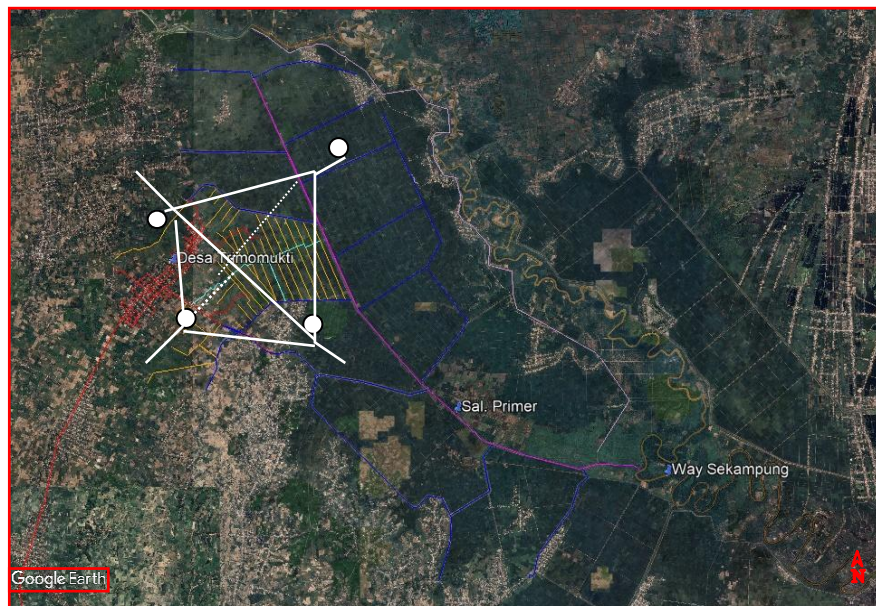
Pengumpulan data hidrologi di sekitar lokasi penelitian dimanfaatkan dalam analisis hidrologi untuk mengetahui berapa besar hujan yang terjadi, dan berapa besar pengaruh banjir pada lokasi persawaahan desa Trimomukti. Analisa Hidrologi dalam studi ini meliputi analisa ketersediaan air dan analisa kebutuhan air untuk irigasi.

Data hidrologi yang digunakan dalam analisis studi ini terdiri dari data hujan yang berasal dari lokasi pencatatan curah hujan yang berada disekitar wilayah studi yang bersumber dari Kantor Balai besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung.

Penentuan pemilihan stasiun hujan pada penelitian ini berdasarkan pada :

1. Data hujan yang memiliki tingkat kontinuitas optimal merujuk pada rangkaian data curah hujan harian yang dicatat secara konsiten.
2. Rentang waktu yang digunakan mencakup deret data curah hujan selama 10 tahun terakhir.
3. Lokasi tempat kedudukan stasiun hujan yang gunakan berdekatan dengan lokasi studi/penelitian

Pemilihan stasiun hujan dilakukan melalui analisis spasial dengan menerapkan metode poligon Thiessen untuk menentukan kontribusi area pengaruh masing – masing stasiun terhadap wilayah tangkapan hujan. Dalam penelitian ini, analisis difokuskan pada empat stasiun hujan terdekat yang memiliki keterkaitan langsung dengan catchment area Desa Trimomukti, yaitu satasiun pencataat R.019 lokasi Talang Baru, R. 127 lokasi di Negara Batin (Jabung), R.233 lokasi di Pulau Tengan, PH. 031 lokasi di Palas.

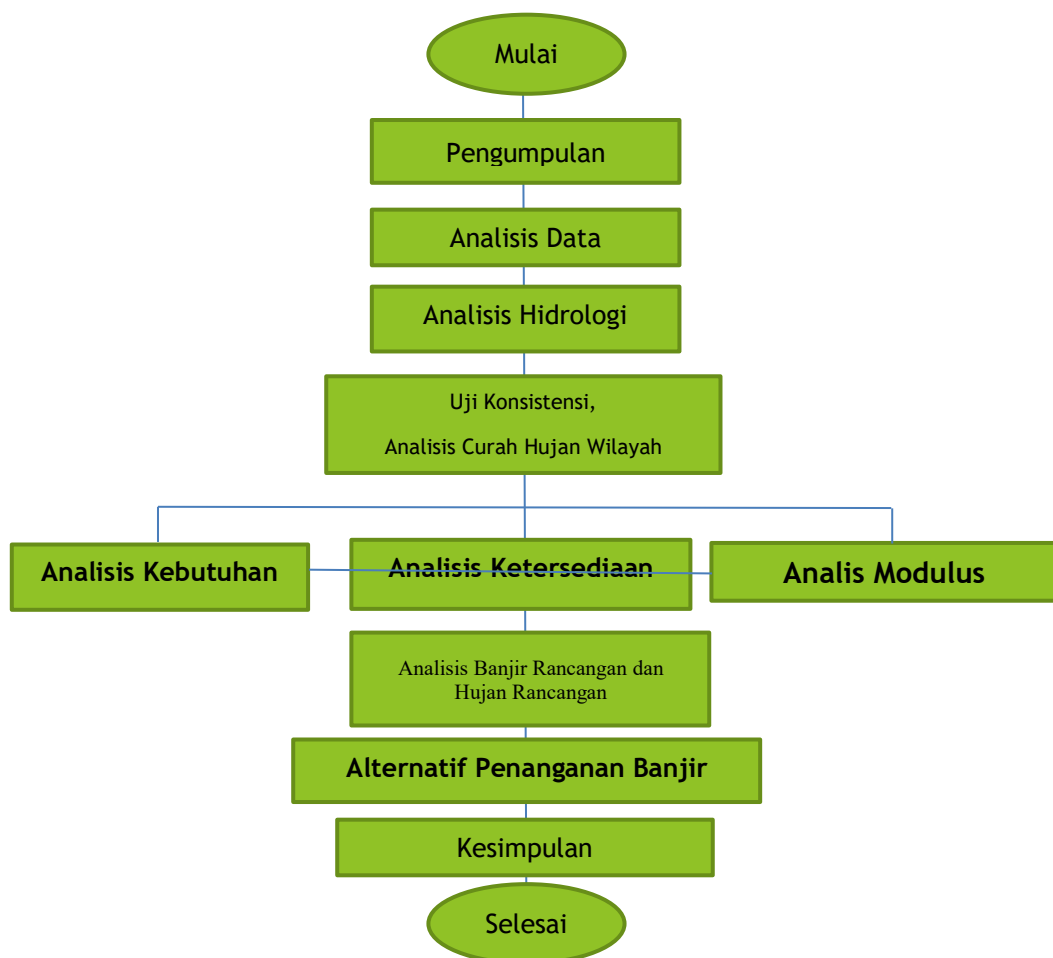


Gambar 11. Lokasi stasiun hujan terdekat pada lokasi Desa Trimomukti

3.3.2 Analisis Daerah Tangkapan Air

Dalam analisa ketersediaan air suatu daerah pengaliran diperlukan data luas Daerah Tangkapan Air (DTA) daerah tersebut. Dalam studi ini luas DTA diperoleh dengan analisa Peta Digital Elevation Model (DEM) menggunakan software GIS. Luas Daerah Tangkapan Air (DTA) untuk Daerah Irigasi Trimomukti..adalah 205,55 km.

3.3 Diagram Alur Metodologi Penelitian



Gambar 12. Diagram Alur Metodologi Penelitian

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Kondisi eksisting elevasi, kontur lahan, serta sistem irigasi dan drainase pada kawasan persawahan zona 1 Desa Trimomukti menunjukkan bahwa sebagian areal persawahan berada pada elevasi yang lebih rendah dibandingkan saluran pembuang sekunder, serta kapasitas dan kondisi saluran belum optimal. Kondisi ini menyebabkan terhambatnya aliran air dan berkontribusi terhadap terjadinya genangan pada musim hujan.
2. Karakteristik hidrologi kawasan persawahan Desa Trimomukti menunjukkan potensi banjir yang cukup tinggi, yang dipengaruhi oleh intensitas curah hujan yang besar. Hasil analisis debit banjir rencana menunjukkan bahwa kapasitas saluran eksisting belum mampu menampung debit banjir pada musim hujan, sehingga menimbulkan genangan dengan tinggi muka air banjir yang signifikan.
3. Analisis kebutuhan dan ketersediaan air irigasi menunjukkan adanya ketidakseimbangan neraca air, berupa kelebihan air pada musim hujan dan kekurangan air pada musim kemarau. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengelolaan tata air irigasi belum optimal dalam menjamin ketersediaan air secara berkelanjutan untuk mendukung pola tanam padi.
4. Alternatif penanganan banjir dan pengelolaan air irigasi melalui penataan sistem aliran serta pemanfaatan bangunan penampung air seperti *long storage* dan *checkdam* dinilai layak diterapkan. Alternatif tersebut mampu berfungsi sebagai pengendali banjir pada musim hujan sekaligus sebagai penyedia cadangan air irigasi pada musim kemarau, sehingga mendukung pengelolaan air pertanian yang berkelanjutan di kawasan persawahan zona 1 Desa Trimomukti.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang diperoleh, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penataan dan peningkatan kapasitas sistem drainase dan irigasi pada kawasan persawahan zona 1 Desa Trimomukti untuk mengurangi risiko banjir dan genangan.
2. Penerapan bangunan penampung air seperti *long storage* dan *checkdam* disarankan sebagai solusi pengendalian banjir sekaligus penyediaan air irigasi pada musim kemarau.
3. Pengelolaan tata air irigasi secara terpadu dan berkelanjutan perlu didukung oleh pemeliharaan jaringan serta keterlibatan pemerintah daerah dan masyarakat tani.
4. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan melalui pemodelan hidraulika yang lebih rinci serta kelayakan teknis dan ekonomis terhadap infrastruktur pengelolaan air

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, W., Nurmayasari, Z. I. & Syahputra, E., 2022. Analisis Produksi dan Ketahanan Pangan Padi di Provinsi Lampung.. *Jurnal Ilmu-Ilmu Agribisnis (JILA)*., p. 185–194.
- Amelia, Amin, M. & Asmara, S., 2022. Analisis Tingkat Rawan Kekeringan Berbasis Sistem Informasi. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, pp. 283–290.
- Ananta, L. M., Limantara, A. s. & Nurdin, H., 2024. analisa curah hujan rancangan di daerah aliran sungai. *Jurnal Teknik Sipil dan Infrastruktur*; p. 142–155.
- Ardiyansyah, I. W. M., 2025. Studi Evaluaasi dan perencanaan pengembangan. *Unisma*, p. 67–78..
- Badan Pusat Statistik, P. L., 2025. *Luas Panen dan Produksi Padi di Provinsi Lampung 2024*, Bandar Lampung: No. 15/03/18/Th. XXVIII.
- Chalvyn, S. P. & Tambaip, B., 2025. Adaptasi Terhadap Perubahan Iklim dan Dinamika Kebijakan:Strategi Pengelolaan Sumber Daya Air di Kabupaten Merauke. *Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora*, pp. 171-189.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2018. *Jejak Langkah Pak Harto: Pembangunan Lima Tahun III (1979-1984)*., s.l.: Perpustakaan Nasional.
- Firwanto, M., 2025. Optimalisasi Peningkatan Kinerja Sistem Jaringan Daerah Irigasi Cipanas II Kabupaten Indramayu. *UNISAS*, p. 89–102..
- Gumay , F. I., Ariestadi, R. & Yudhiantoro, D., 2022. Pemetaan Potensi Lahan Persawahan dan Zonasi Produksi Padi di Desa Trimomukti, Kecamatan Candipuro, Lampung Selatan.. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*., pp. 145-158.

Guntoro, S. S. & Setiawan, M. A., 2021. Analisis Statistik Kejadian Hujan Ekstrem dan Hubungannya dengan Periode Ulang Banjir di Wilayah Tropis. *Jurnal Geografi*, p. 34–46.

Hadihardaja, I. K. & Zakaria, S. E., 2021. Analisis Sensitivitas Koefisien Limpasan terhadap Perubahan Tata Guna Lahan di Wilayah DAS Tropis. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain (JRSD)*., p. 412–425.

Harto, S., 1993. *Analisis Hidrologi*. Yogyakarta: FT UGM.

Ismaya, A. K. & Faiza, R., 2021. Analisis Kecukupan Air dan Strategi Suplai Irigasi pada Lahan Pertanian di Wilayah dengan Presipitasi Rendah.. *Jurnal Sumber Daya Air Terpadu*, p. 67–79.

Jayantari, I. G. A. P. E., 2024. analisis debit banjir rancangan daerah aliran sungai yeh ho dengan metode hss nakayasu. *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, pp. 72-84.

Kurniasih, N. L. & Susandi, A., 2021. Komparasi Metode Poligon Thiessen dan Arithmetic Mean dalam Penentuan Curah Hujan Wilayah untuk Analisis Debit Rancangan.. *Jurnal Pendidikan Teknik Sipil*, p. 40–52.

Kurniawan, W. & Pramudiyanto, H., 2021. Analisis Hubungan Probabilitas Kumulatif dan Periode Ulang pada Penentuan Hujan Rancangan untuk Infrastruktur Pengendali Banjir. *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, p. 45–58.

Latief, M. . R., Baskoro, D. P. T. & Wahjunie, E. D., 2019. Evaluasi Sifat Fisik Tanah Pengendali Kemampuan Tanah Memegang. *Jurnal Agroteknologi*, p. 22–34..

Limantara, E. S., 2018. Aplikasi Hidrograf Satuan Sintetik dalam Perencanaan Sistem Drainase Terintegrasi.. *Jurnal Teknik Pengairan*., p. 78–89.

Limantara, P. S. & Montarich, L., 2020. Uji Independensi dan Homogenitas Data Hujan sebagai Prasyarat Analisis Frekuensi Banjir.. *Jurnal Teknik Pengairan*, p. 120–132.

Lopa, F. M. & Tahir, R., 2022. Analisis Karakteristik Hujan Jam-Jaman untuk Penyusunan Hyetograf Satuan dalam Prediksi Banjir Rancangan.. *Jurnal Transportasi dan Sipil*..

Mahdika, P. N., Riswanto, S. & Suryono, A., 2024. tinjauan pemeliharaan irigasi berdasarkan. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, pp. 1-10.

Murtiningrum, S. S. A. & Sadira, P., 2017. Analisis Kinerja Jaringan Irigasi Tersier dan Partisipasi Petani dalam Pengelolaan Air di Tingkat Usaha Tani. *Jurnal Irigasi*, pp. 35-48.

Muslich, I., 2025. analisis perbandingan penggunaan metode aritmatik, poligon thiessen, dan isohyet dalam perhitungan curah hujan rerata kawasan di das progo. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, p. 88–101.

Negara, B. A. S. & Jaya, I. D. G., 2021. Analisis Perubahan Bobot Poligon Thiessen Akibat Penambahan Stasiun Hujan terhadap Estimasi Debit Banjir. *Jurnal Ganec Swara*., p. 1012–1019.

Nelvi, Y., 2019. isu dan pembaharuan pengelolaan sistem irigasi. *Jurnal Agri Sains*.

Nugroho, A. S. & Putri, T. A., 2021. Optimasi Ambang Batas pada Analisis Frekuensi Seri Parsial untuk Estimasi Debit Banjir Rancangan.. *Jurnal Teknik Sipil dan Infrastruktur*, p. 56–68.

Paramadita, T. D., 2025. Analisis Perhitungan Debit banjir rancangan untuk perencanaan pembangunan bendungan cabean kabupaten blora, provinsi jawa tengah. *Unisas*, pp. 22-34.

Permatasari, R. & Natakusumah, A. D. K., 2017. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Rezim Hidrologi DAS. *Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, pp. 91-98.

Pramono, M. & Setyawan, H. S., 2021. Optimalisasi Penentuan Hujan Wilayah dengan Pendekatan Geometri Poligon Thiessen pada DAS dengan Sebaran Stasiun Tidak Seragam. *Jurnal Teknik Sipil dan Tata Kota*, pp. 12-23.

Purwantini, T. B. & Suhaeti, R. N., 2017. irigasi kecil: kinerja, masalah, dan solusinya. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, pp. 91-105.

Putro, R. H. S. & Sekaranom, A. B., 2021. Validasi Asumsi Stasioneritas pada Analisis Frekuensi Hujan Ekstrem dalam Perencanaan Infrastruktur Keairan.. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan.*, p. 105–118.

Raharjo, A. P. & Suneeth, S. K., 2021. Akurasi Perhitungan Hujan Wilayah: Studi Kasus Perbandingan Metode Aritmatik dan Thiessen pada DAS Kecil.. *Jurnal Teknik Sipil (JTS)*, p. 188–195.

Rinaldi, Y. A. R. & Pramono, T. B., 2021.. Analisis Potensi Desa Trimomukti sebagai Kawasan Pertanian Padi Unggul di Kecamatan Candipuro, Lampung Selatan.. *Jurnal Riset Agribisnis & Peternakan.*, pp. 12-25.

Ritonga, A., Amini, A. A. & Mutianda, L., 2025. Analisis Probabilitas Hujan Menggunakan Data Historis Dari BMKG. *Jurnal Riset Rumpun Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (JURRIMIPA)*, pp. 01-20.

Saida, M. T. S. & Munir, A., 2020. Analisis Karakteristik Curah Hujan Harian untuk Menentukan Jadwal Tanam dan Kebutuhan Air Irigasi pada Lahan Sawah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*.

Sangkawati, S. & Prihatin, S. J., 2018. Analisis Sensitivitas Penentuan Hujan Wilayah terhadap Debit Banjir Rancangan pada Berbagai Karakteristik Sebaran Stasiun Hujan. *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, p. 115–124.

Sangkawati, W. S. & Edi, S., 2019. Aplikasi Metode Partial Duration Series dalam Analisis Frekuensi Hujan Ekstrem untuk Wilayah dengan Rekam Data Pendek.. *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil.*, p. 130–142..

Santoso, H. I. S. & Munir, A., 2019.. Analisis Keseimbangan Ketersediaan dan Kebutuhan Air Akibat Pertumbuhan Penduduk dan Aktivitas Ekonomi di Wilayah Sungai.. *urnal Sumber Daya Air (JSDA).*, pp. 23-36.

Saputra, A. N. S. E., 2024. perancangan penampungan air hujan bawah tanah untuk menunjang kebutuhan air bersih. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan (JTSL)*, pp. 22-35.

Sayekti , P. S. & Wahyuni, S., 2022. Studi Evaluasi Sistem Drainase dan Pengendalian Banjir untuk Kawasan Pertanian dan Permukiman.. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*.

Soedarsono, 1980. *Hidrologi Teknik*. Bandung: Nova..

Soemarto, W., 2020. Analisis Perbandingan Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Wilayah untuk Penentuan Debit Banjir Rancangan.. *Jurnal Teknik Pengairan*.

Sri, H. B., 2015. Peran Hidrologi dalam Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu: Pendekatan Interdisipliner.. *Jurnal Sumber Daya Air*, pp. 1-15.

Sugiyanto & Rahmandi, B., 2019. Evaluasi Kinerja Jaringan Irigasi Way Sekampung dalam Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain (JRSD) – Universitas Lampung*..

Suhardjono, M. J. & Wigati, A. S., 2021. Pengaruh Tata Guna Lahan dan Kemiringan Lereng terhadap Koefisien Limpasan Permukaan di Wilayah Aliran Sungai.. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, p. 432–445.

Suni, P. K. & Yulius, D. L., 2021. manajemen sumber daya air terpadu dalam skala global, nasional dan regional. *Jurnal Teknik Sipil*, pp. 77-88.

Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.

Suripin, S. & Kurniani, A., 2016. Pengembangan Kurva Intensity-Duration-Frequency (IDF) dan Hyetograf Satuan untuk Analisis Debit Banjir Rancangan.. *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*., p. 45–54.

Suroso, D. I. K. d. F. A. N., 2023. Inovasi Pengelolaan Air Terpadu pada Lahan Persawahan Berbasis Kondisi Lokal untuk Mitigasi Banjir dan Kekeringan.. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, pp. 55-70.

Sutrisno, N. & Hamdani, A., 2019. Optimalisasi Pemanfaatan Sumber Daya Air untuk Meningkatkan Produksi. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, pp. 73-88.

Syahputra, T. L. & Susandi, A., 2022. Evaluasi Simpangan Vertikal dan Horizontal pada Uji Keselarasan Distribusi Frekuensi Hidrologi.. *Jurnal Pendidikan Teknik Sipil.*, p. 15–28.

Tjandra, M. A., Fadila, S. N. & Yanti, N. R., 2025. Perbandingan metode pendugaan evapotranspirasi berbasis radiasi matahari. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, p. 112–125.

Wirahadi, G., Arsyad, S. & Galib, M., 2020. Uji Konsistensi dan Homogenitas Data Curah Hujan untuk Analisis Hidrologi di Wilayah Aliran Sungai.. *Jurnal Konstruksi*, p. 145–156.

Zulfimar, E. Z., 2021. Distribusi Probabilitas Curah Hujan pada daerah aliran sungai kurangi. *Jurnal REKAYASA*, pp. 17-26.