PROYEKSI DAERAH RESAPAN AIR BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI DAERAH ALIRAN SUNGAI ONTO, KABUPATEN BANTAENG

A. MUHAMMAD FASHAL AKBAR

M011221014

PROGRAM STUDI KEHUTANAN

FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2026

PROYEKSI DAERAH RESAPAN AIR BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI DAERAH ALIRAN SUNGAI ONTO, KABUPATEN BANTAENG

A. MUHAMMAD FASHAL AKBAR

M011221014

PROGRAM STUDI KEHUTANAN

FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2026

PROYEKSI DAERAH RESAPAN AIR BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI DAERAH ALIRAN SUNGAI ONTO, KABUPATEN BANTAENG

A. MUHAMMAD FASHAL AKBAR

M011221014

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Kehutanan

Pada

PROGRAM STUDI KEHUTANAN
DEPARTEMEN KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2026

SKRIPSI

PROYEKSI DAERAH RESAPAN AIR BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI DAERAH ALIRAN SUNGAI ONTO, KABUPATEN BANTAENG

A. MUHAMMAD FASHAL AKBAR
M011221014

Skripsi,
Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana S-1 Kehutanan pada
24 September 2026 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
Pada

Program Studi Kehutanan
Departemen Kehutanan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:
Pembimbing tugas akhir,

Andang Suryana Soma, S.Hut., M.P., Ph.D
NIP 19780325200812 1 002

Mengetahui:
Ketua Program Studi,

Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M.P.
NIP 196804101995122001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul Proyeksi Daerah Resapan Air Berbasis Sistem Informasi Geografis di Daerah Aliran Sungai Onto, Kabupaten Bantaeng adalah asli merupakan hasil karya ilmiah saya sendiri, bukan hasil plagiat, jiplakan, maupun terjemahan dari karya orang lain. Saya telah mencantumkan seluruh sumber referensi yang dikutip dan dirujuk secara lengkap dan benar sesuai dengan kaidah penulisan ilmiah yang berlaku. Atas bantuan prinsipil atau kerja sama yang bersifat fundamental dalam penelitian ini, saya telah mencantumkannya secara jujur pada bagian yang telah disediakan. Apabila dikemudian hari ada kecurangan atau ditemukan plagiasi, saya siap menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Makassar, 24 September 2026



A. Muhammad Fashal Akbar
M011221014

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat dan rahmatnya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul **"Proyeksi Daerah Resapan Air Berbasis Sistem Informasi Geografis Di Daerah Aliran Sungai Onto, Kabupaten Bantaeng"** Salawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW, sebagai manifestasi sempurna dari nilai-nilai ilahi dalam kehidupan manusia dan sebagai teladan utama dalam membangun kehidupan yang berlandaskan keimanan, ilmu pengetahuan, dan akhlak mulia. Skripsi ini merupakan hasil penelitian yang diajukan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan program pendidikan Sarjana (S1) Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.

Ucapan terima kasih yang sebesarnya-besarnya penulis sampaikan kepada kedua orang tua, bapak **Andi Muhammad Adrian** dan Ibu **Adelina Alimuddin** yang senantiasa menjadi sandaran terkuat dan selalu memberikan do'a dan motivasi dengan penuh keikhlasan. Tak lupa penulis juga mengucapkan terimakasih kepada segenap keluarga besar **Alimuddin Family** yang memberikan dukungan berupa motivasi dan nasihat dari mereka sehingga berpengaruh besar dalam perjalanan akademik penulis. Penulis mampu tetap tegar dan konsisten menyelesaikan perkuliahan sampai pada tahap akhir penyusunan skripsi.

Selama penelitian hingga penyusunan skripsi tentu banyak menghadapi masalah dan tantangan dalam hidup penulis. Namun berkat bantuan, saran, dorongan serta bimbingan dari berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalamn-dalamnya kepada:

1. Dosen pembimbing bapak **Andang Suryana Soma, S.Hut., M.P., Ph.D**. yang telah sabar, meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dan banyak membantu dan membimbing penulis dari tahap awal skripsi hingga tahap akhir.
2. Dosen Penguji Bapak **Dr. Ir Andi Sadapotto, M.P.** Dan Ibu **Wahyuni S.Hut., M.Hut** yang telah memberikan saran dan masukan terhadap skripsi ini.
3. Dekan Fakultas Kehutanan Bapak **Prof. Dr. Ir. A. Mujetahid M., S.Hut., M.P.**, Ketua Program Studi **Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M.P**., Dosen Penasehat Akademik **Prof. Dr. Ir. Samuel Arung Paembonan, IPU**, Bapak/Ibu **Dosen Pengajar dan Staf Pegawai Fakultas Kehutanan** yang telah membantu memberikan ilmu pengetahuan, arahan serta pengalaman yang berharga bagi penulis selama perkuliahan.
4. Terima kasih kepada **A. Nurul Afifah Tajuddin** selaku individu yang senantiasa mendampingi selama penelitian ini berlangsung.
5. Terima kasih kepada masyarakat **Kabupaten Bantaeng** yang telah memberikan informasi terkait penelitian penulis dalam pengambilan data di lapangan.
6. Keluarga besar **Laboratorium Pengelolaan Daerah Sungai** yang menjadi tempat penulis mengalami perkembangan diri, pengetahuan dan menemukan banyak hal-hal baru.
7. Keluarga besar **Leonum 22** yang selalu membantu dan menamani dari awal semester hingga semester akhir.
8. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dari doa, dukungan, saran, serta saat penulis mengalami kesulitan penyusunan skripsi.

ABSTRAK

A. Muhammad Fashal Akbar. **Proyeksi Daerah Resapan Air Berbasis Sistem Informasi Geografis Di Daerah Aliran Sungai Onto, Kabupaten Bantaeng** (Dibimbing oleh Andang Suryana Soma).

Daerah resapan air memiliki peran krusial dalam menjaga keseimbangan siklus *hidrologi*, namun fungsinya semakin tertekan akibat alih fungsi lahan menjadi permukiman dan pertanian, khususnya di Daerah Aliran Sungai (DAS) Onto, Kabupaten Bantaeng, yang melintasi kawasan perkotaan dengan aktivitas pemanfaatan lahan yang terus berkembang. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi eksisting daerah resapan air di DAS Onto pada tahun 2025 serta memproyeksikan kondisinya hingga tahun 2035. Metode yang digunakan mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 10 Tahun 2022, melalui pendekatan Sistem Informasi Geografis dengan *skoring* dan *overlay* parameter potensi infiltrasi alami (jenis tanah, kemiringan lereng, curah hujan, dan potensi air tanah) serta infiltrasi aktual berdasarkan tutupan lahan. Proyeksi tutupan lahan dilakukan menggunakan metode *Cellular Automata–Artificial Neural Network* (CA-ANN), sedangkan proyeksi curah hujan diperoleh dari model iklim global CMIP5 skenario RCP 4.5 dengan koreksi bias metode Delta. Hasil penelitian menunjukkan kondisi daerah resapan air tahun 2025 didominasi oleh kelas Mulai Kritis (42,82%), Agak Kritis (24,74%), dan Kritis (32,44%), yang disebabkan dominasi tutupan lahan pertanian lahan kering campur, permukiman, dan sawah. Proyeksi tahun 2035 menunjukkan perubahan yang relatif kecil, dengan kelas Mulai Kritis (42,46%), Agak Kritis (25,06%), dan Kritis (32,48%), akibat laju alih fungsi lahan yang melambat. Penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan kondisi daerah resapan air berkaitan erat dengan perubahan infiltrasi aktual yang ditentukan oleh tutupan lahan, sehingga temuan ini dapat menjadi dasar bagi perencanaan pengelolaan DAS dan mitigasi bencana *hidrometeorologi.*

Kata kunci: Daerah resapan air, Sistem Informasi Geografis, DAS Onto, Proyeksi

ABSTRACT

A. Muhammad Fashal Akbar. **Projection of Groundwater Recharge Areas Based on Geographic Information System in the Onto Watershed, Bantaeng Regency** (Supervised by Andang Suryana Soma).

Water recharge areas play a crucial role in maintaining hydrological balance. However, their function is increasingly under pressure due to land cover conversion into residential and agricultural areas, particularly in the Onto Watershed, Bantaeng Regency, which traverses an urban zone characterized by continuously expanding land cover change. This study aims to identify the existing condition of water recharge areas in the Onto Watershed in 2025 and to project their condition through 2035. The method applied refers to Regulation of the Minister of Environment and Forestry No. 10 of 2022, using a Geographic Information System (GIS) approach with scoring and overlay of natural infiltration potential parameters (soil type, slope gradient, rainfall, and groundwater potential) as well as actual infiltration based on land cover. Land cover projection was performed using the Cellular Automata–Artificial Neural Network (CA-ANN) method, while rainfall projection was derived from the CMIP5 global climate model under the RCP 4.5 scenario with bias correction using the Delta change method. The results show that in 2025, the recharge area condition was dominated by the Slightly Critical (42.82%), Moderately Critical (24.74%), and Critical (32.44%) classes, attributed to the dominance of mixed dryland agriculture, settlements, and paddy fields as land cover. Projections for 2035 indicate relatively minor changes, with Slightly Critical (42.46%), Moderately Critical (25.06%), and Critical (32.48%) classes, resulting from a slowing rate of land cover change. These findings indicate that changes in recharge area condition are closely associated with changes in actual infiltration as determined by land cover, providing an important basis for sustainable watershed management planning and hydrometeorological disaster mitigation.

Keywords: Water recharge area, Geographic Information System (GIS), Onto Watershed, Spatial projection.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI v
UCAPAN TERIMAKASIH vi
ABSTRAK vii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xii
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Tujuan dan Kegunaan 2
BAB II 3
METODE PENELITIAN 3
2.1 Waktu dan Tempat 3
2.2 Alat dan Bahan 3
2.3 Teknik Pengumpulan Data 4
2.4 Prosedur Penelitian dan Analisis Data 5
2.5 Identifikasi Daerah Resapan Air 17
2.6 Klasifikasi Kondisi Daerah Resapan Air 18
2.7 Alur Penelitian 20
BAB III 21
HASIL DAN PEMBAHASAN 21
3.1 Identifikasi Kondisi Daerah Resapan Air 21
3.1.1 Identifikasi Potensi Infiltrasi Alami 21
3.1.2 Jenis Tanah 22
3.1.3 Kemiringan Lereng 23
3.1.4 Curah Hujan 23
3.1.5 Potensi Air Tanah 24
3.1.6 Identifikasi Infiltrasi Aktual 25
3.1.7 Kondisi Daerah Resapan Air 26
3.1.8 Validasi Kondisi Daerah Resapan Air 28
3.2 Proyeksi Kondisi Daerah Resapan Air 29
3.2.1 Proyeksi Tutupan Lahan 29
3.2.2 Proyeksi Curah Hujan 32
3.2.3 Proyeksi Identifikasi Potensi Infiltrasi Alami 35
3.2.4 Proyeksi Identifikasi Infiltrasi Aktual 36
3.2.5 Proyeksi Kondisi Daerah Daerah Resapan Air 36
BAB IV 38
PENUTUP 38
DAFTAR PUSTAKA 39

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Alat yang digunakan dalam penelitian 3
Tabel 2. Bahan yang digunakan dalam penelitian 4
Tabel 3. Confusion matrix untuk menguji keakuratan interpretasi citra 8
Tabel 4. Reklasifikasi Kelas Tekstur USDA Ke Dalam Kelompok Tekstur 12
Tabel 5. Klasifikasi Laju Infiltrasi 14
Tabel 6. Klasifikasi Jenis Tanah 14
Tabel 7. Klasifikasi Kemiringan Lereng dan Penotasiannya 15
Tabel 8. Klasifikasi nilai “hujan infiltrasi” RD 15
Tabel 9. Klasifikasi Potensi Air Tanah 17
Tabel 10. Skoring Infiltrasi Potensial 17
Tabel 11. Klasifikasi infiltrasi aktual 18
Tabel 12. Klasifikasi Kondisi Daerah Resapan Air 19
Tabel 13. Luas Potensi Infiltrasi Alami DAS Onto 21
Tabel 14. Luas Jenis Tanah, Kelas Tekstur, dan Tekstur Tanah DAS Onto 22
Tabel 15. Luas Kemiringan Lereng DAS Onto 23
Tabel 16. Nilai Rata-rata Hujan Infiltrasi DAS Onto 23
Tabel 17. Luas Potensi Air Tanah DAS Onto 24
Tabel 18. Luas Tutupan Lahan DAS Onto 25
Tabel 19. Luas Sebaran Kondisi Daerah Resapan Air DAS Onto 26
Tabel 20. Rekapitulasi Luas Sebaran Kondisi Daerah Resapan Air DAS Onto dan Kode Notasinya 27
Tabel 21. Klasifikasi Laju Infiltrasi DAS Onto 28
Tabel 22. Luas Perubahan Tutupan Lahan 2016-2035 DAS Onto 30
Tabel 23. Luas Perubahan Tutupan Lahan 2016-2025 DAS Onto 31
Tabel 24. Matriks Perubahan Tutupan Lahan 2025-2035 DAS Onto 32
Tabel 25. Identifikasi Potensi Infiltrasi Alami DAS Onto tahun 2035 35
Tabel 26. Infiltrasi Aktual DAS Onto Tahun 2035 36
Tabel 27. Luas Sebaran Kondisi Daerah Resapan Air DAS Onto Tahun 2035 36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian 3
Gambar 2. Skrip Cloud Masking 5
Gambar 3. Skrip Filter Image dan pemotongan citra 6
Gambar 4. Skrip Visualisasi Citra 6
Gambar 5. Skrip Export Image 6
Gambar 6. Peta Sebaran Titik Groundcheck 8
Gambar 7. Segitiga USDA 12
Gambar 8. Sebaran titik pengambilan sampel tanah dan pengukuran laju infiltrasi di DAS Onto 14
Gambar 9. Alur Identifikasi Kondisi Daerah Resapan Air 19
Gambar 10. Peta Kondisi Daerah Resapan Air DAS Onto Tahun 2025 27
Gambar 11. Peta Tutupan Lahan DAS Onto Tahun 2035 31
Gambar 12. Grafik Perbandingan Pola Curah Hujan Bulanan Periode Baseline (2016 2025) dan Proyeksi RCP 4.5 (2026–2035) sesudah koreksi di DAS Onto 33
Gambar 13. Grafik Perbandingan Pola Hari Hujan Bulanan Periode Baseline (2016 2025) dan Proyeksi RCP 4.5 (2026–2035) sesudah koreksi di DAS Onto 34
Gambar 14. Kondisi Daerah Resapan Air DAS Onto Tahun 2035 37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta-Peta 42
Lampiran 2. Skrip Ekstraksi Data GCM CMIP5 RCP 4.5 via Google Earth Engine untuk Periode 2016–2025 dan 2026–2035 46
Lampiran 3. Skrip Pemrograman Python untuk Perhitungan dan Rekapitulasi Hari Hujan (HH) 48
Lampiran 4. Skrip Pemrograman Python untuk Koreksi Bias Curah Hujan Menggunakan Metode Delta Change 51
Lampiran 5. Dokumentasi Penutupan Lahan di DAS Onto dan Kenampakan Pada Citra Landsat 8 Dengan Kombinasi Band 6-5-4 54
Lampiran 6. Uji Akurasi dSata di Lapangan 55
Lampiran 7. Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi pada Jenis Tanah Gleusol Eutrik (L1) dan Gleusol Eutrik (L2) 59
Lampiran 8. . Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi pada Jenis Tanah kambisol Eutrik (L1) dan Kambisol Gleik (L2) 60
Lampiran 9. Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi pada Jenis Tanah Gleusol Eutrik (L1) dan Gleusol Eutrik (L2) 61
Lampiran 10. Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi pada Jenis Tanah Mediteran Haplik (L1) dan Kambisol Eutrik (L2) 62
Lampiran 11. Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi pada Jenis Tanah Mediteran Gleik (L1) dan Andosol Gleik (L2) 63
Lampiran 12. Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi pada Jenis Tanah Mediteran Haplik (L1), Mediteran Haplik (L2), dan Kambisol Eutrik (L3) 64
Lampiran 13. Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi pada Jenis Tanah Gleusol Eutrik (L1) dan Gleusol Eutrik (L2) 65
Lampiran 14. Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi pada Jenis Tanah Mediteran Haplik (L1), Mediteran Haplik (L2), dan Andosol Eutrik (L3) 66
Lampiran 15. Dokumentasi Kegiatan 67
Lampiran 16. Rata-rata Curah Hujan Das Onto 2016-2025 68
Lampiran 17. Jumlah Hari Hujan DAS Onto 2016-2025 69
Lampiran 18. Nilai RD / Hujan Infiltrasi 70
Lampiran 19. Proyeksi Rata-rata Curah Hujan (2026-2035) 71
Lampiran 20. Proyeksi Jumlah Hari Hujan (2026-2035) 72
Lampiran 21. Proyeksi Nilai RD / Hujan Infiltrasi 73
Lampiran 22. Uji Akurasi Kappa di QGIS 74
Lampiran 23. Uji Akurasi Tutupan Lahan 74

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah resapan air adalah kawasan yang berfungsi menyerap air hujan ke dalam tanah sehingga dapat mengisi cadangan air tanah dan menjaga keseimbangan siklus hidrologi. Keberadaannya memegang peranan krusial sebagai kawasan lindung dalam menjamin ketersediaan air tanah, mengurangi limpasan permukaan dan mencegah banjir (Djamaluddin, 2023). Daerah resapan air berfungsi sebagai wilayah yang menjaga kestabilan siklus hidrologi, proses ini memastikan kebutuhan air bersih tetap terjaga sepanjang tahun bahkan di musim kemarau. Selain itu, air yang tersimpan di dalam tanah berperan dalam mempertahankan kelembapan tanah yang bermanfaat bagi pertumbuhan vegetasi, menjaga keseimbangan iklim mikro, serta menopang ekosistem yang sehat dan produktif. Akan tetapi, saat ini keberadaan daerah resapan air menghadapi berbagai permasalahan serius, terutama di wilayah perkotaan yang semakin tertekan oleh laju urbanisasi. (Hakim & Rochayati, 2025).

Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan meningkatnya aktivitas manusia, tekanan terhadap daerah resapan air semakin besar. Pertambahan jumlah penduduk secara langsung menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan air bersih, sementara secara bersamaan memperbesar eksploitasi terhadap air tanah. Aktivitas manusia seperti pengambilan air tanah secara berlebihan, pembangunan infrastruktur yang tidak memperhatikan daya dukung lingkungan telah menurunkan kemampuan daerah resapan dalam menyerap air. Degradasi fungsi ekologis daerah resapan air ini menyebabkan penurunan cadangan air tanah dan meningkatkan kerentanan wilayah terhadap bencana *hidrometeorologi*, seperti banjir dan kekeringan (Manullang et al., 2025).

Tekanan terhadap daerah resapan air juga semakin meningkat akibat alih fungsi lahan menjadi kawasan permukiman. Ketika area yang sebelumnya berfungsi sebagai daerah resapan berubah menjadi permukaan kedap air seperti bangunan, jalan, dan infrastruktur lainnya, proses infiltrasi air ke dalam tanah menurun drastis, sementara aliran permukaan (*run-off)* meningkat. Dalam jangka panjang kondisi ini bukan hanya mengurangi cadangan air tanah, tetapi juga memicu banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau. Hilangnya tutupan vegetasi turut memperburuk kondisi hidrologi dengan mengganggu siklus air alami dan menurunkan kualitas lingkungan. Jika tidak dikelola secara berkelanjutan, alih fungsi lahan ini berpotensi memicu krisis air bersih dan mengancam keseimbangan ekosistem (Khasanah et al., 2022).

Disisi lain, tekanan terhadap daerah resapan air semakin diperparah dengan masifnya alih fungsi lahan menjadi kawasan pertanian. Pada kondisi alami vegetasi berperan melindungi permukaan tanah dari energi hujan dan menjaga struktur tanah tetap stabil. Akar tanaman membantu membentuk pori tanah sehingga air dapat meresap dengan baik. Ketika lahan dibuka untuk pertanian intensif vegetasi alami berkurang atau bahkan hilang sama sekali. Tanah menjadi lebih terbuka terhadap pukulan air hujan dan tekanan aktivitas manusia. Pengolahan tanah yang dilakukan secara terus menerus mengubah struktur tanah menjadi lebih padat dan mudah tererosi. Akibatnya

kemampuan tanah dalam menyerap air menurun dan kesuburan tanah secara bertahap ikut berkurang (Aulia et al., 2025).

Daerah Aliran Sungai Onto memiliki peran yang sangat vital dan strategis di Kabupaten Bantaeng. Secara administratif, DAS ini mencakup tiga kecamatan, yaitu Kecamatan Bisappu, Kecamatan Sinoa, dan Kecamatan Bantaeng. Letaknya yang berada di pusat perkotaan membuat kondisi hidrologis DAS ini berdampak langsung terhadap dinamika perkotaan. Hasil penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa DAS Onto mengalami laju erosi rata-rata 9,45 ton/ha/tahun (Alwaqia, 2026) dan total laju sedimen mencapai 390,31 ton/ha/tahun dengan sebaran antar sub-DAS yang bervariasi antara 0,008 hingga 37,578 ton/ha/tahun, serta didominasi oleh Koefisien Aliran Tahunan (KAT) tinggi hingga sangat tinggi (nilai KAT mencapai 0,62) yang mengindikasikan rendahnya daya resapan air dan tingginya potensi limpasan permukaan di sebagian besar wilayah DAS, sehingga diperlukan kajian lebih mendalam mengenai kondisi daerah resapan air (Mussyahri, 2026).

Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan pendekatan yang strategis dalam menganalisis serta mengidentifikasi kondisi daerah resapan air. Identifikasi daerah resapan air yang masih melakukan metode konvensional memiliki keterbatasan pada pengamatan lapangan atau analisis satu parameter tertentu, sehingga kurang mampu menggambarkan kondisi spasial DAS secara menyeluruh. Keunggulan SIG terletak pada kemampuannya dalam mengintegrasikan berbagai data secara sistematis dan akurat. Melalui teknologi SIG, analisis potensi resapan air dapat dilakukan secara lebih objektif dan menyeluruh, sehingga dapat menjadi dasar yang ilmiah dan aplikatif dalam perencanaan pengelolaan DAS serta perumusan strategi terhdapat daya dukung dan daya tampung DAS (Wiyanti et al., 2022).

Keunggulan teknologi SIG tidak hanya terletak pada kemampuannya dalam mempermudah evaluasi kondisi eksisting, tetapi juga dalam mendukung pemodelan prediktif. Proyeksi ini menjadi elemen penting dalam strategi mitigasi, khususnya untuk merespon percepatan perubahan penggunaan lahan yang berisiko melampaui kapasitas daya dukung dan daya tampung di DAS Onto (Adityarahman et al., 2026). Dengan memanfaatkan pola perubahan penggunaan lahan proyeksi ini memberikan indikasi awal (*early warning*) terhadap potensi penurunan cadangan air tanah serta meningkatnya risiko bencana *hidrometeorologi* sebelum dampaknya bersifat permanen. Dengan demikinan pendekatan ini tidak hanya memetakan isu spasial yang ada, tetapi juga menjadi dasar ilmiah bagi pemerintah daerah dalam merencanakan pembangunan. Tujuannya agar pembangunan infrastruktur tetap berjalan tanpa merusak kondisi ekologis di wilayah DAS Onto (Restusari et al., 2024).

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan Dari Penelitian ini adalah sebagai berikut:

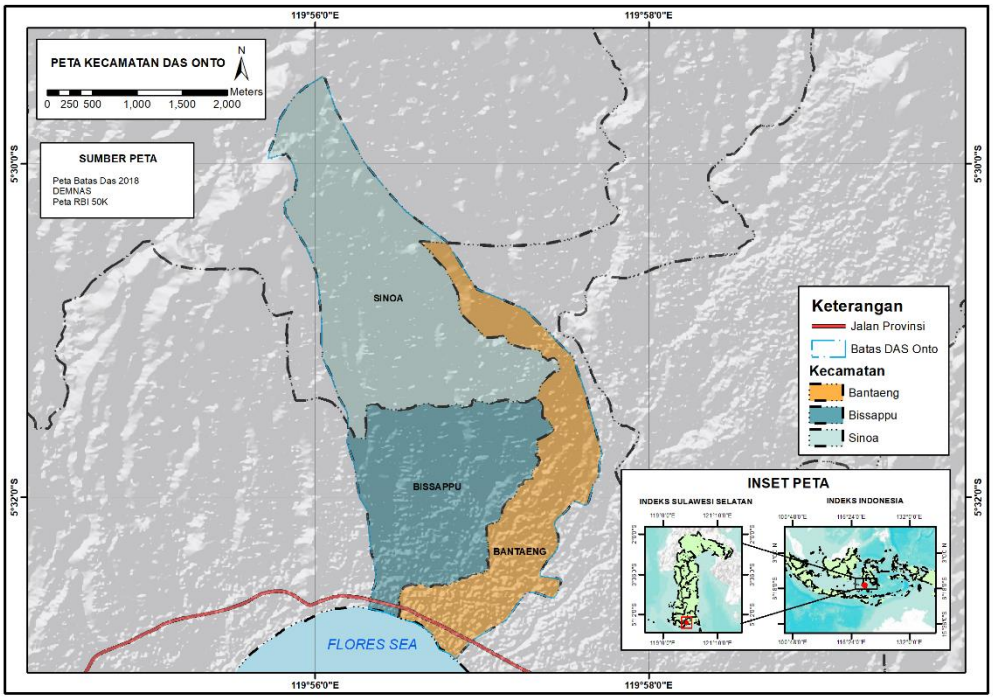
1. Mengidentifikasi kondisi eksisting daerah resapan air di DAS Onto
2. Memproyeksikan kondisi daerah resapan air tahun 2035

Adapun kegunaan penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang akurat kepada masyarakat dan pemerintah daerah mengenai kondisi daerah resapan air di DAS Onto, sehingga hasilnya dapat dijadikan acuan dalam perencanaan pengelolaan sumber daya air dan lingkungan. Selain itu, informasi yang dihasilkan juga dapat menjadi pertimbangan penting dalam upaya pencegahan serta penanggulangan bencana banjir.

BAB II
METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2025 – Agustus 2026. Lokasi penelitian ini berada pada DAS Onto yang terletak di Kabupaten Bantaeng, Provinsi Sulawesi Selatan. Pengolahan dan analisis data dilakukan di Laboratorium Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Laboratorium Silvikultur dan Fisiologi Pohon, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitain ini yaitu:

Tabel 1. Alat yang digunakan dalam penelitian

No	Alat	Kegunaan
1	Laptop yang dilengkapi dengan *Software ArcGIS*	Perangkat untuk studi literatur dan mengolah data
2	Handphone yang dilengkapi *GPS dan Stopwatch*	Mendokumentasikan kegiatan penelitian, *Ground check* tutupan lahan, dan Mengukur waktu pada saat pengukuran infiltrasi
3	Linggis	Untuk Menggali Tanah
4	Plastik Sampel	Untuk menyimpan Tanah
5	Label	Untuk Melabeli Tanah yang telah di ambil

No	Alat	Kegunaan
6	Infiltrometer	Untuk mengukur Laju Infiltrasi
7	Jerigen	Untuk menampung air

2.2.2 Bahan

Tabel 2. Bahan yang digunakan dalam penelitian

No.	Bahan	Kegunaan	Sumber
1	Peta Batas DAS Onto	Peta lokasi penelitian	Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 304 Tahun 2018 tentang Penetapan Peta DAS (Nomor: SK.304/MENLHK/PDASHL/DAS. 0/7/2018)
2	Citra Landsat 8 tahun 2016, 2020, dan 2025	Melakukan interpretasi citra penutupan lahan tahun 2016, 2020, 2025	*Google Earth Engine* (*https://earthengine.google.com/*)
3	Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:50.000	Menentukan batas administrasi wilayah penelitian serta menyediakan data jalan untuk faktor pendukung proyeksi tutupan lahan	Portal Geospasial Indonesia (*https://tanahair.indonesia.go.id*)
4	DEMNAS (*Digital Elevation Model*	Membuat peta kemiringan lereng	Portal Geospasial Indonesia (*https://tanahair.indonesia.go.id*)
5	Data Jenis Tanah	Membuat Peta Jenis Tanah	Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Kementerian Pertanian
6	Data Curah Hujan Tahun 2016-2025	Membuat Peta Curah Hujan	CHRS Data Portal (*https://chrsdata.eng.uci.edu/*)
7	Data Iklim GCM CMIP5 RCP 4.5	Membuat Peta Proyeksi Curah Hujan	*Google Earth Engine* (*https://earthengine.google.com/*)
8	Data Potensi Air Tanah	Membuat Peta Hidrogeologi	Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

2.3 Teknik Pengumpulan Data

Terdapat dua sumber data yang dikumpulkan dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Data primernya berupa pengambilan sampel tanah, pengukuran laju infiltrasi, dan groundcheck tutupan lahan. Kemudian Data sekundernya berupa Peta

tanah 1:50.000 dari Balai Besar Penelitain dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Data curah hujan dari CHRS Data Portal, Data DEMNAS dari Portal Geospasial Indonesia, Citra Landsat 8 dari *Google Earth Engine*, data demnas dari Portal Geospasial Indonesia, dan data potensi air tanah dari Kementerian ESDM.

2.4 Prosedur Penelitian dan Analisis Data

Penelitian ini dilakukan di DAS Onto yang penetapan lokasinya berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 304 Tahun 2018 tentang Penetapan Peta DAS (SK.304/MENLHK/PDASHL/DAS.0/7/2018). Analisis kondisi daerah resapan air di DAS Onto mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 10 Tahun 2022 tentang Penyusunan Rencana Umum Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai dan Rencana Tahunan Rehabilitasi Hutan dan Lahan (Permen LHK No. 10 Tahun 2022). Permen ini merupakan acuan terbaru yang mengatur secara spesifik tata cara penyusunan Rencana Umum Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RURHL-DAS), sehingga pendekatan yang digunakan telah sesuai dengan kebijakan dan perkembangan ilmu pengetahuan terkini di bidang pengelolaan DAS.

Penelitian ini diawali dengan digitasi tutupan lahan tahun 2016, 2020, dan 2025, dilanjutkan dengan pengolahan data kemiringan lereng, curah hujan, jenis tanah, dan potensi air tanah menggunakan metode *overlay* dan *skoring* untuk memperoleh nilai infiltrasi potensial. Sementara itu, peta tutupan lahan diberi notasi untuk menghasilkan nilai infiltrasi aktual. Kedua hasil tersebut kemudian digabungkan melalui proses *overlay* untuk menghasilkan peta kondisi daerah resapan air yang selanjutnya akan diproyeksikan hingga tahun 2035.

2.4.1 Tutupan Lahan

Cloud Masking

Pada tahap ini dilakukan pemanggilan citra satelit menggunakan platform *Google Earth Engine*. Tahapan ini meliputi penapisan (*masking*) piksel yang terpengaruh oleh awan dan bayangan awan untuk memperoleh citra dengan kualitas visual dan spektral yang optimal. Skrip pemrosesan ditampilkan pada gambar 2.

```
function maskL8sr(image) {
  var cloudShadowBitMask = (1 << 3);
  var cloudsBitMask = (1 << 5);
  var qa = image.select('QA_PIXEL');
  var mask = qa.bitwiseAnd(cloudShadowBitMask).eq(0)
                 .and(qa.bitwiseAnd(cloudsBitMask).eq(0));
  return image.updateMask(mask)
                 .select(['SR_B2','SR_B3','SR_B4','SR_B5','SR_B6','SR_B7'])
                 .divide(10000)
                 .copyProperties(image, ['system:time_start']);}
```

Gambar 2. Skrip Cloud Masking

***Filter Image* dan pemotongan citra**

Pada tahap ini, data penginderaan jauh diproses untuk memilih citra berdasarkan waktu perekaman yang disesuaikan dengan kebutuhan dan tujuan penelitian serta membatasi area analisis sesuai dengan batas spasial wilayah penelitian. Skrip yang digunakan pada proses *Filter Image* dan pemotongan citra disajikan pada Gambar 3.

```
var L8 = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1_L2")
  .filterBounds(SMG)
  .filterDate('2025-01-01', '2025-12-31')
  .map(maskL8sr);
print('Jumlah Citra Landsat 8:', L8.size());

var L8Median = L8.median().clip(SMG);
```

Gambar 3. Skrip Filter Image dan pemotongan citra

Visualisasi Citra

Tahap ini adalah bertujuan untuk memvisualisasikan band-band multispektral guna mendukung analisis interpretatif. Proses ini memungkinkan peneliti untuk mengamati dan memahami karakteristik visual permukaan bumi berdasarkan respon spektral setiap band, sehingga memudahkan identifikasi objek dan pola spasial. Skrip yang digunakan untuk menampilkan citra disajikan pada Gambar 4.

```
Map.addLayer(L8Median, {bands:['SR_B4','SR_B3','SR_B2'], min:0.7, max:2,
gamma: 1.7}, 'True Color Landsat 8');

Map.addLayer(L8Median, {bands:['SR_B6','SR_B5','SR_B4'], min:0.7, max:2,
gamma: 1.7}, 'False Color Landsat 8');
```

Gambar 4. Skrip Visualisasi Citra

Export Image

Tahap ini merupakan proses pengunduhan citra satelit yang disesuaikan dengan tahun perekaman dan batas wilayah penelitian yang telah ditentukan.

```
Export.image.toDrive({
  image: L8Median,
  description: 'Citra Landsat 8 Das Onto',
  folder: 'penelitian',
  scale: 30,
  region: SMG,
  maxPixels: 1e13})
```

Gambar 5. *Skrip Export Image*

Interpretasi Citra

Tahap selanjutnya adalah interpretasi citra menggunakan data satelit Landsat 8 OLI/TIRS yang diperoleh melalui platform *Google Earth Engine* (GEE). Untuk mengoptimalkan visualisasi objek, disusun komposit band dengan kombinasi 6–5–4. Kombinasi band ini dipilih karena mampu menonjolkan perbedaan karakteristik spektral, rona, dan tekstur antar objek, sehingga meningkatkan kejelasan visual dalam proses identifikasi. Digitasi dilakukan langsung (*on-screen)* pada layar komputer berdasarkan kenampakan spasialnya. Seluruh proses interpretasi citra mengacu pada Petunjuk Teknis Penafsiran Citra Satelit Resolusi Sedang untuk Data Penutupan Lahan Nasional skala 1:50.000, yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Nomor Juknis 1/PSDH/PLA.1/7/2020). Melalui rangkaian prosedur tersebut, dihasilkan peta penutupan lahan yang representatif untuk kurun waktu tahun 2016, 2020, dan 2025 (Putri & Sibarani, 2023).

Validasi Data Lapangan

Validasi lapangan untuk mengetahui kondisi faktual di lapangan. Uji validasi merupakan tahapan yang dilakukan untuk membandingkan antara data spasial hasil pengolahan citra dan data lapangan hasil *ground check*. Hasil uji validasi dapat memberikan informasi tentang tingkat akurasi data yang digunakan dalam proses interpretasi melalui citra satelit (Arafah et al., 2024).

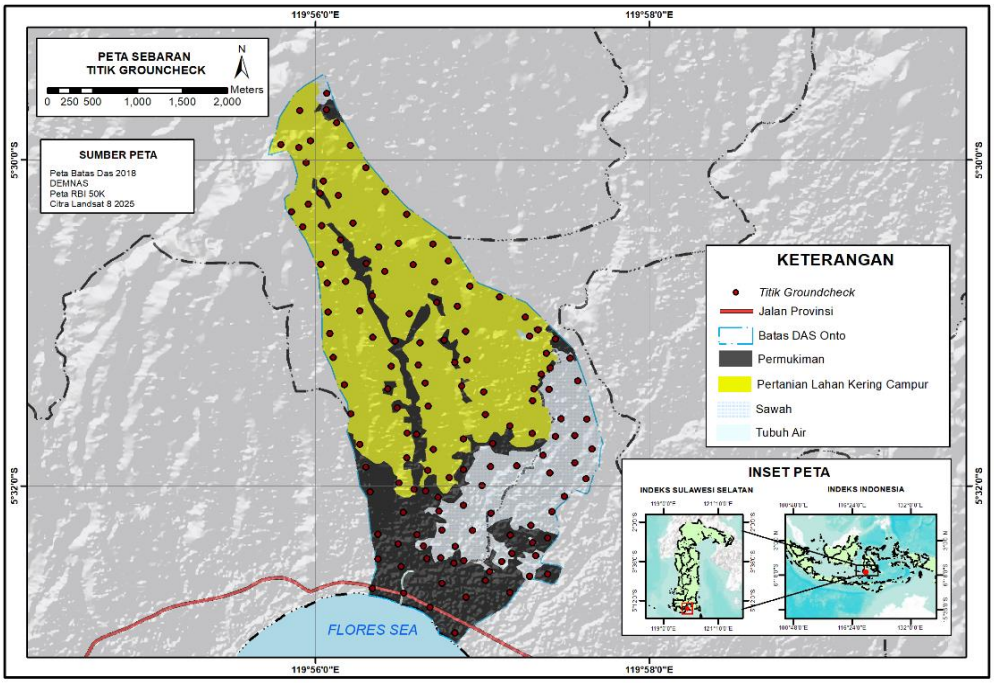
Kegiatan *ground check* ini dilakukan dengan menentukan titik sampel pengamatan secara *purposive*. Penentuan banyaknya titik validasi dapat dilakukan dengan menggunakan rumus *Estok Navitte Cowan.*

$$n = \frac{Z^2(P(1 - P)N}{Z^2(P(1 - P) + (N - 1)E^2} \quad (1)$$

Keterangan:

n : Jumlah sampel
Z : Koefisien reliabilitas atau nilai variabel normal standar
P (1-P) : Variasi populasi
E : Tingkat kepercayaan yang ditoleransi
N : Ukuran populasi

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah sampel pada tahun 2025 dengan menggunakan tingkat kepercayaan Z = 1,65 dan tingkat kesalahan E = 0,1, diperoleh jumlah sampel total sebanyak 139 sampel. Jumlah sampel tersebut selanjutnya didistribusikan secara proporsional berdasarkan persentase luas masing-masing kelas penutupan lahan. Penutupan lahan pertanian lahan kering campur memperoleh jumlah sampel terbesar, yaitu 61 sampel, diikuti oleh permukiman sebanyak 42 sampel, sawah sebanyak 35 sampel, dan tubuh air sebanyak 1 sampel. Distribusi sampel secara proporsional ini bertujuan untuk memastikan keterwakilan setiap kelas penutupan lahan sesuai dengan proporsi luas wilayahnya, sehingga hasil analisis yang diperoleh bersifat representatif terhadap kondisi wilayah penelitian.



Gambar 6. Peta Sebaran Titik Groundcheck

Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan untuk mengukur ketelitian hasil interpretasi citra dengan membandingkan data lapangan dan hasil klasifikasi. Perbandingan ini disajikan dalam bentuk *confusion matrix/error*. Parameter ketelitian yang dihitung meliputi *Overall Accuracy* (OA), *Producer's Accuracy* (PA), *User's Accuracy* (UA), serta Koefisien Kappa Accuracy dengan persamaan sebagai berikut:

Tabel 3. Confusion matrix untuk menguji keakuratan interpretasi citra

		Data Acuan (Pengecekan Lapangan)			Total Kolom
Data hasil klasifikasi citra		A	B	C	
	A	Xn			Xk+
	B				
	C			Xkk	
Total Baris		X+k			N

1. *Overall Accuracy* (OA)

$$\mathrm{OA} = \frac{\sum_{i=1}^{r} xii}{N} \times 100\% \quad (2)$$

2. *Producer's Accuracy* (PA)

$$PA = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100\% \quad (3)$$

3. *User's Accuracy* (UA):

$$UA = \frac{X_{ii}}{X_{i+}} \times 100\% \quad (4)$$

4. *Koefisien Kappa Accuracy* ($\hat{K}$):

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^{k} X_{ii} - \sum_{i=1}^{k} (X_{i+} \cdot X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^{k} (X_{i+} \cdot X_{+i})} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan :

Xii : Nilai diagonal dari matriks kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i
X+i : Jumlah nilai dalam kolom ke-i
Xi+ : Jumlah nilai dalam baris ke-i
N : Banyaknya piksel dalam contoh

Hasil klasifikasi tutupan lahan memenuhi kriteria akurasi dan dapat diterima untuk analisis selanjutnya apabila nilai *Overall Accuracy* (OA) mencapai minimal 80% dan nilai Koefisien *Kappa* ($\hat{K}$) $> 80\%$ (Ramadhan & Nugroho, 2025).

Perubahan Tutupan Lahan

Analisis perubahan penutupan lahan dilakukan melalui perhitungan kehilangan dan penambahan luasan untuk mengetahui transisi antar kelas lahan. Evaluasi perubahan dilakukan dengan metode *overlay* peta periode 2016, 2020, 2025, hingga hasil proyeksi 2035. Seluruh hasil tumpang susun tersebut kemudian diformulasikan ke dalam matriks transformasi untuk mengidentifikasi pola perubahan tutupan lahan.

Proyeksi Tutupan Lahan

Pemodelan proyeksi tutupan lahan menggunakan metode *Cellular Automata - Artificial Neural Network* (CA-ANN) merupakan pendekatan spasial dinamis yang mengintegrasikan aturan transisi berbasis piksel tetangga dari *Cellular Automata* dengan algoritma kecerdasan buatan dari Jaringan Saraf Tiruan. Komponen ANN pada model ini bertindak sebagai pemroses data yang kuat untuk menangkap hubungan non-linear dan pola interaksi kompleks antara perubahan lahan dengan berbagai variabel pendorong riil di lapangan. Melalui proses *training* berbasis data spasial multitemporal, ANN akan menetapkan bobot kecocokan transisi yang presisi untuk setiap piksel lahan,

yang kemudian dialokasikan oleh *Cellular Automata*. Dengan demikian, model CA-ANN tidak hanya mampu memproyeksikan kuantitas atau luasan perubahan tutupan lahan di masa depan secara akurat, tetapi juga mampu mensimulasikan lokasi sebaran perubahannya secara lebih dinamis dan mendekati kondisi realitas (Mufarrij & Adrianto, 2026).

Pemodelan ini dioperasikan melalui plugin NextGIS MOLUSCE (*Modules for Land Use Change Evaluation*), yaitu sebuah perangkat lunak ekstensi berbasis *open-source* pada Quantum GIS (QGIS) yang dirancang khusus untuk menganalisis dan mengevaluasi dinamika perubahan penggunaan atau tutupan lahan dari waktu ke waktu. *Plugin NextGIS MOLUSCE* dijalankan untuk memproyeksikan peta tutupan lahan hingga tahun 2035, sehingga diperoleh nilai peluang perubahan dan kecenderungan perluasan masing-masing kelas tutupan lahan dari waktu ke waktu. Pendekatan ini telah banyak digunakan karena dinilai memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam memprediksi pola perubahan tutupan lahan (Ayu Hapsary et al., 2021). Adapun tahapan proyeksi tutupan lahan dijelaskan sebagai berikut:

Inputs Tahap awal ini berfungsi untuk memasukkan seluruh basis data spasial yang diperlukan dalam pemodelan. Data yang dimasukkan meliputi peta tutupan lahan historis awal (*Initial Land Use*), peta tutupan lahan historis akhir (*Final Land Use*), serta beberapa peta variabel spasial pendorong seperti kemiringan lereng, ketinggian, lahan terbangun dan jarak dari jalan.

Evaluating Tahap ini sistem melakukan analisis *overlay* secara otomatis antara peta tutupan lahan awal (*initial*) dan akhir (*final*). Tahap ini bertujuan untuk menghitung *transition matrix* guna melihat seberapa besar luas dan ke arah mana perpindahan atau perubahan kelas tutupan lahan yang terjadi selama periode historis tersebut.

Area Change Pada tahap ini menyajikan hasil perhitungan kuantitatif dan statistik dari evaluasi perubahan lahan berupa grafik atau tabel dinamis. *Area Change* mempermudah peneliti dalam mengidentifikasi kelas tutupan lahan mana yang mengalami penurunan luasan secara signifikan dan kelas mana yang mengalami penambahan luasan secara agresif.

Transition Potential Modelling Tahapan pemodelan potensi transisi merupakan inti dari proses pengenalan pola spasial dalam *plugin NextGIS MOLUSCE*. Tahap ini bertujuan untuk menganalisis korelasi dan menghitung bobot pengaruh dari setiap variabel spasial pendukung terhadap dinamika perubahan tutupan lahan historis. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan algoritma *machine learning* berbasis Jaringan Saraf Tiruan (*Artificial Neural Network* - ANN) dengan metode *Multilayer Perceptron* (MLP). Parameter *Neighborhood* mengatur radius sel di sekitar piksel target yang turut memengaruhi perubahan status spasial piksel tersebut. Jumlah sampel pelatihan (*number of samples*) ditentukan secara proporsional untuk mencegah *underfitting* akibat kekurangan data latih sekaligus menghindari *overfitting* yang dapat menurunkan kemampuan generalisasi model. Parameter *Learning Rate* dan *Momentum* dikalibrasi untuk mengatur kecepatan algoritma dalam menyesuaikan bobot sinapsis antarlapisan saraf agar proses pembelajaran model berjalan stabil menuju titik *konvergensi*. Sementara itu, parameter *Maximum Iteration* ditetapkan sebagai ambang batas bagi algoritma *backpropagation* dalam memperbarui bobot sinapsis secara iteratif hingga mencapai tingkat kesalahan komputasi (*error*) minimum. Konfigurasi akhir

seluruh parameter ditentukan berdasarkan hasil pengujian kalibrasi yang menghasilkan nilai validasi akurasi (*Overall Kappa*) tertinggi. Keluaran dari tahap ini adalah *Transition Potential Map* yang merepresentasikan tingkat kesesuaian atau kerentanan spasial setiap piksel lahan untuk berubah menjadi kelas tutupan lahan lain di masa depan berdasarkan variabel pendorong yang diuji.

Cellular Automata Simulation Pada tahap ini mengoperasikan algoritma *Cellular Automata* (CA) untuk menghasilkan peta proyeksi tutupan lahan pada tahun rencana yang ditargetkan. Berbeda dengan tahapan ANN yang hanya bekerja menghitung potensi transisi berupa angka probabilitas, komponen CA ini bertindak sebagai pengalokasi perubahan status piksel secara nyata di atas peta. Secara mekanis, simulasi ini bekerja dengan mengombinasikan dua input utama, yaitu peta potensi transisi (*transition potential map*) hasil pemrosesan ANN dan peta tutupan lahan pada tahun yang telah interpretasi.

Validation Tahapan validasi bertujuan untuk menguji tingkat akurasi, dari model proyeksi tutupan lahan yang telah dibangun. Proses validasi dilakukan secara tumpang susun (*overlay*) dengan cara membandingkan dua buah peta pada titik tahun yang sama, yaitu Peta Hasil Simulasi (*Simulated Map*) dengan Peta Aktual Lapangan. Melalui perbandingan ini, sistem akan mengevaluasi seberapa dekat kemampuan algoritma CA-ANN dalam meniru pola perubahan riil di lapangan.

2.4.2 Jenis Tanah

Jenis tanah memegang peranan yang sangat penting dalam menentukan kemampuan infiltrasi serta fungsi suatu daerah resapan air. Penggunaan data sekunder dinilai belum cukup representative, untuk menjamin akurasi dan presisi data tersebut maka dilakukan Pengambilan sampel tanah dan uji infiltrasi menggunakan alat infiltrometer secara langsung di lapangan.

Pengambilan Sampel Tanah

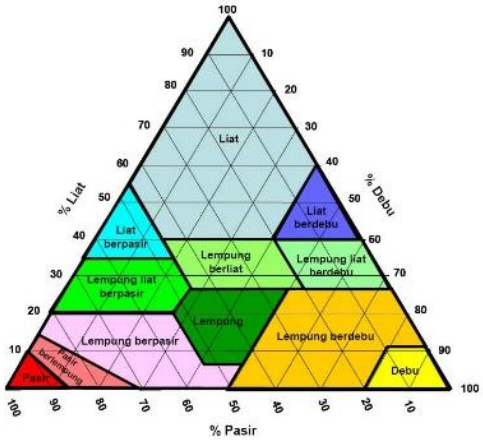
Dalam penelitian ini, pengambilan sampel tanah mengacu pada peta Jenis Tanah skala 1:50.000. Berdasarkan data spasial tersebut, teridentifikasi 8 poligon yang merepresentasikan variasi jenis tanah di area penelitian. Untuk penentuan lokasi titik sampelnya, metode yang digunakan adalah *purposive sampling* dengan mempertimbangkan keterwakilan karakteristik fisik dan faktor pembentuk tanah seperti tutupan lahan dominan dan kelerengan dengan tetap memperhatika aksesibilitas medan di lapangan. Adapun tahapan pengambilan sampel tanah sebagai berikut:

1. Persiapan Lokasi Sampel
   Setelah lokasi pasti ditentukan, permukaan tanah dibersihkan terlebih dahulu dari serasah daun, perakaran tumbuhan, maupun batuan kerikil agar tidak mengganggu proses penggalian dan tidak mengkontaminasi sampel.
2. Penggalian Profil Tanah
   Tanah digali secara bertahap menggunakan linggis. Penggalian ini disesuaikan untuk mengambil sampel pada tiga titik kedalaman yang berbeda, yakni kedalaman 30 cm, 60 cm, dan 90 cm.
3. Pengambilan Sampel Tidak Terusik
   Pada masing-masing kedalaman tersebut, *ring sample* diletakkan tegak lurus pada permukaan lapisan tanah. Untuk mencegah kerusakan atau penyok pada *ring* saat ditekan, bagian atasnya diberi bantalan berupa papan kayu. Papan kayu tersebut

kemudian dipukul secara perlahan hingga *ring* terbenam sepenuhnya ke dalam tanah. Setelah terisi penuh, *ring* digali dan diangkat dengan hati-hati agar struktur tanah di dalamnya tetap utuh.

4. Pengambilan Sampel Terusik
   Pada lapisan kedalaman yang sama (30 cm, 60 cm, dan 90 cm), sampel tanah terusik juga diambil secukupnya dan langsung diletakkan ke dalam plastik sampel.
5. Pengemasan dan Pemberian Kode
   Ring sampel kemudian di masukkan kedalam plastik sampel. Lalu label di tempelkan pada plastik sampel dengan diberikan keterangan pada setiap sampel guna memastikan data tidak tertukar saat proses analisis di laboratorium.

Jenis tanah ditentukan dengan mengacu pada segitiga tekstur USDA, yaitu diagram klasifikasi yang digunakan untuk mengidentifikasi tekstur tanah berdasarkan komposisi pasir, debu, dan liat, berikut gambar segita USDA dapat dilihat pada



Gambar 7. Segitiga USDA

Setelah didapatkan hasil tekstur tanah perlu lagi dilakukan generalisasi agar sesuai dengan pedoman skoring. Menurut (Ritung et al., 2011) secara spesifik 12 kelas USDA Dikelompokkan menjadi 5 kelas, dapat dilihat pada tabel 4:

Tabel 4. Reklasifikasi Kelas Tekstur USDA Ke Dalam Kelompok Tekstur

No	Kelas Tekstur USDA	Klasifikasi Tekstur Tanah
1	Liat Berpasir, Liat, Liat Berdebu	Halus
2	Lembung berliat, Lempung Liat Berpasir,Lempung Berliat Berdebu	Agak Halus
3	Lempung Berpasir Sangat, Halus, Lempung, Lempung Berdebu, Debu	Sedang
4	Lempung Berpasir	Agak Kasar
5	Pasir, Pasir Berlempung	Kasar

Berdasarkan pedoman klasifikasi dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.10 Tahun 2022 mengklasifikasikan tanah berdasarkan tingkat kemampuannya meresapkan air. Perbedaan jenis tanah juga memengaruhi tingkat resapan air. Sebagai salah satu parameter dalam penilaian daerah resapan air, variasi

tekstur tanah menentukan besarnya volume air yang dapat meresap ke dalam tanah (Husaini et al., 2022).

Pengukuran Laju Infiltrasi

Laju infiltrasi adalah kecepatan pergerakan air yang meresap masuk ke dalam profil tanah secara vertikal dari permukaan tanah. Laju ini menunjukkan seberapa cepat tanah mampu menyerap air sebelum akhirnya terjadi genangan atau aliran permukaan. Pengukuran fisik di lapangan dilakukan menggunakan alat *double ring infiltrometer*. Alat ini terdiri dari dua buah silinder pelat, yakni silinder bagian dalam dengan diameter 5 cm dan silinder luar berdiameter 11 cm. Penggunaan dua silinder ini sangat penting secara teknis. Silinder luar berfungsi sebagai pembatas untuk mencegah air merembes ke samping (aliran lateral/horizontal). Dengan tertahannya aliran ke samping, maka penurunan muka air yang diamati pada silinder dalam benar-benar murni merepresentasikan laju pergerakan air secara vertikal ke dalam tanah (Farida et al., 2023). Setelah data penurunan muka air beserta catatan waktunya diperoleh dari *double ring infiltrometer*, data tersebut kemudian diolah lebih lanjut menggunakan persamaan model Horton. Model Horton dipilih karena pendekatannya sangat bergantung pada fungsi waktu, di mana laju resapan akan menurun seiring bertambahnya waktu hingga mencapai laju konstan. Sejak pertama kali diperkenalkan, persamaan ini dinilai sangat akurat dalam memodelkan proses infiltrasi secara natural, sehingga sering dijadikan standar analisis dalam berbagai kajian hidrologi.

Adapun rumus untuk menghitung laju infiltrasi (Asrul et al., 2021) :

$$ft = \frac{\Delta h}{\Delta t} \tag{6}$$

Keterangan :
ft = Laju Infiltrasi (cm/jam)
Δh = Penurunan Muka air (cm)
Δt = Waktu (jam)

Kemudian setelah memperoleh data laju infiltrasi aktual dari lapangan adalah melakukan pengolahan data lanjutan. Rangkaian data tersebut diolah menggunakan model infiltrasi Horton untuk mendeskripsikan karakteristik hidrologis tanah secara kuantitatif (Farida et al., 2023)

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \tag{7}$$

Keterangan :
f = Kapasitas infiltrasi pada waktu tertentu (cm/jam)
f_c = Kapasitas Infiltrasi konstan (cm/jam)
f_0 = Kapasitas Infiltrasi awal (cm/jam)
e = Bilangan logaritma natural (2,718)
k = Konstanta laju penurunan
t = Waktu yang dihitung dari awal percobaan

Pernyataan konstanta horton (k) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$k = \frac{-1}{m \log e} \tag{8}$$

Tabel 5. Klasifikasi Laju Infiltrasi

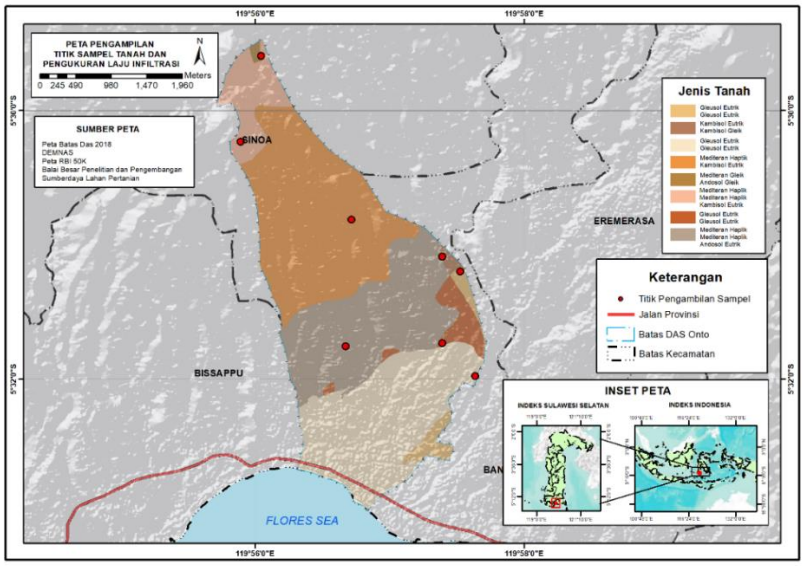
Deskripsi	Infiltrasi (cm/jam)
Sangat Lambat	0,1
Lambat	0,1 – 0,5
Sedang Lambat	0,5 – 2
Sedang	2 – 6,5
Sedang Cepat	6,5 – 12,5
Cepat	12,5 – 25
Sangat Cepat	>25

Sumber :(Farida et al., 2023)

Tabel 6. Klasifikasi Jenis Tanah

No	Jenis Tanah	Tingkat Infiltrasi	Tekstur Tanah	Skoring
1	Regosol	Besar	Kasar	5
2	Alluvial, andosol	Agak Besar	Agar Kasar	4
3	Latosol, Podsolik Merah Kuning	Sedang	Sedang	3
4	Litosol mediteran	Agak Kecil	Agak Halus	2
5	Grumusol	Kecil	Halus	1

Sumber : RURHL-DAS, 2022



Gambar 8. Sebaran titik pengambilan sampel tanah dan pengukuran laju infiltrasi di DAS Onto

2.4.3 Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kondisi daerah resapan air. Lereng yang datar hingga landai cenderung memberikan peluang lebih besar bagi air hujan untuk menggenang sementara di permukaan sehingga proses infiltrasi ke dalam tanah berjalan lebih optimal. Sebaliknya, pada lereng yang curam hingga sangat curam, air hujan akan lebih cepat mengalir sebagai limpasan permukaan sehingga kesempatan air untuk meresap menjadi lebih kecil. Kondisi ini membuat potensi resapan air menurun, kecuali jika daerah tersebut memiliki tutupan vegetasi yang baik dapat memperlambat aliran permukaan. Secara umum, semakin landai kemiringan lereng suatu wilayah maka semakin besar potensi daerah tersebut untuk menjadi kawasan resapan air, sedangkan semakin curam lerengnya potensi resapan air cenderung menurun (Guvil et al., 2019).

Tabel 7. Klasifikasi Kemiringan Lereng dan Penotasiannya

No	Kelas	Deksripsi	Kelas Lereng (%)	Skoring
1	I	Datar	< 8	5
2	II	Landai	8 - 15	4
3	III	Bergelombang	15 - 25	3
4	IV	Curam	25 - 40	2
5	V	Sangat Curam	< 40	1

Sumber : RURHL-DAS, 2022

2.4.4 Hujan infiltrasi

Curah hujan memiliki hubungan erat dengan daerah resapan air, di mana intensitas dan volume curah hujan yang tinggi cenderung meningkatkan potensi infiltrasi air ke dalam tanah, sehingga memperkuat fungsi daerah resapan sebagai penyimpan air tanah (Nst et al., 2022). Perhitungan nilai hujan infiltrasi diperoleh melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.10 Tahun 2022.

$$RD = 0{,}01 \times P \times H \quad (9)$$

Keterangan :

RD : Faktor hujan infiltrasi
P : Curah hujan tahunan
H : Jumlah hari hujan tiap tahun (berapa hari hujan dalam tiap tahun)

Tabel 8. Klasifikasi nilai “hujan infiltrasi” RD

No	Kelas	Deksripsi	Curah Hujan Tahunan (mm)	Skoring
1	I	Sangat Besar	> 5.500	5
2	II	Besar	4.500-5.500	4
3	III	Sedang	3.000-4.500	3
4	IV	Rendah	1.500-3.000	2
5	V	Sangat Rendah	< 1.500	1

Sumber : RURHL-DAS, 2022

Proyeksi Curah Hujan

Data proyeksi curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari luaran model iklim global CMIP5, pengaksesan dan pengolahan data luaran GCM dilaksanakan pustaka *earthengine-api* dan *geemap* sebagai antarmuka penghubung untuk melakukan komputasi secara langsung (*real-time cloud computation*) pada platform *Google Earth Engine*. Data proyeksi mentah yang telah diekstraksi tersebut selanjutnya diproses di lingkungan *JupyterLab* untuk dilakukan koreksi bias (*bias correction*) menggunakan metode *Delta Change*. Koreksi bias menjadi tahapan yang krusial dalam pengolahan data GCM karena data mentah dari model iklim global umumnya mengandung bias sistematis yang disebabkan oleh perbedaan resolusi spasial dan parameterisasi fisika antar model. Melalui penerapan koreksi bias, kesalahan statistik dapat diminimalkan sehingga data proyeksi yang dihasilkan lebih representatif terhadap kondisi aktual di wilayah kajian. Adapun skrip pemograman yang digunakan dalam proses ektraksi, pengolahan, dan koreksi bias disajikan pada lampiran 2 (Hidayat & Haryanto, 2023).

Metode koreksi bias yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Delta. Metode ini termasuk dalam pendekatan *downscaling* statistik yang paling sederhana dan telah banyak diaplikasikan dalam kajian proyeksi iklim skala lokal karena kemudahan implementasinya serta efisiensi komputasi yang relatif tinggi. Prinsip dasar metode Delta adalah memanfaatkan rasio antara nilai rata-rata data model pada periode *baseline* dan periode proyeksi, yang kemudian diterapkan pada data observasi sebagai acuan. Secara matematis, persamaan koreksi untuk curah hujan dengan metode Delta dapat dirumuskan sebagai berikut (Watanabe et al., 2012):

$$x_{(cor,i)} = x_{(o,i)}\ x\ \mu_p\ -\ \mu_b \tag{10}$$

$$x_{(cor,i)} = x_{(o,i)}\ x\ (\mu_p)/(\mu_b) \tag{11}$$

Keterangan:

$\boldsymbol{x_{(cor,i)}}$: Nilai curah hujan model terkoreksi

$\boldsymbol{x_{(o,i)}}$: Nilai curah hujan observasi pada periode baseline

μ_p : Rata-rata curah hujan hasil simulasi model pada periode proyeksi

μ_b : Rata-rata curah hujan hasil simulasi model para periode baseline

Berdasarkan persamaan tersebut apabila rasio μ_p / μ_b bernilai lebih besar dari satu, maka data observasi akan dikalikan dengan faktor pengali yang lebih besar dari satu, sehingga proyeksi curah hujan menunjukkan peningkatan. Sebaliknya, apabila rasio tersebut kurang dari satu, hasil proyeksi akan lebih rendah dibandingkan kondisi baseline. Dengan demikian, metode Delta mempertahankan sinyal perubahan relatif (anomali) dari model, sekaligus menyesuaikan nilai absolutnya agar sesuai dengan pola observasi aktual di wilayah kajian.

Metode ini cukup memadai dan telah banyak digunakan dalam berbagai studi proyeksi iklim di wilayah Indonesia karena kemudahan dan efisiensi dalam penggunaannya meskipun memiliki keterbatasan dalam mengoreksi perubahan pada

nilai rata-rata tanpa memperbaiki perubahan pada variabilitas atau kejadian ekstrem.

2.4.5 Potensi Air Tanah

Potensi air tanah di suatu wilayah memiliki keterkaitan erat dengan karakteristik hidrogeologi yang menentukan efektivitas daerah tersebut sebagai zona resapan. Air tanah pada dasarnya terkandung dalam media yang disebut akuifer, yaitu struktur batuan jenuh air yang memiliki karakteristik khusus untuk menyimpan serta meloloskan air dalam jumlah tertentu. Wilayah dengan potensi air tanah yang besar umumnya dicirikan oleh adanya lapisan batuan sedimen yang memiliki porositas dan permeabilitas tinggi yang mampu menyerap air permukaan secara optimal ke dalam sistem akuifer. Semakin besar ketebalan akuifer di suatu titik, maka semakin besar pula potensi debit air yang dapat dihasilkan dan disimpan, yang secara tidak langsung mengindikasikan bahwa wilayah tersebut memiliki fungsi hidrologis yang penting sebagai penampung air tanah (Prabowo et al., 2022).

Tabel 9. Klasifikasi Potensi Air Tanah

No	Infiltrasi	Potensi Air Tanah	Skoring
1	Besar	Tinggi di Akuifer Dangkal	4
2	Agak Besar	Sedang di Akuifer Dangkal	3
3	Sedang	Rendah di Akuifer Dangkal	2
4	Kecil	Nihil di Akuifer Dangkal	1

Sumber : RURHL-DAS, 2022

2.5 Identifikasi Daerah Resapan Air

Untuk melakukan identifikasi daerah resapan air, diterapkan metode pembobotan yang mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 10 Tahun 2022. Pembobotan tersebut terbagi ke dalam dua komponen, yaitu infiltrasi potensi alami dan infiltrasi aktual.

a. Infiltrasi Potensi Alami

Penentuan infiltrasi potensi alami dilakukan melalui proses overlay beberapa peta yaitu, peta kemiringan lereng, peta curah hujan, peta jenis tanah, dan peta *hidrogeologi*. Skoring masing-masing parameter tersebut disajikan pada tabel skoring yang telah ditampilkan sebelumnya. Setelah peta infiltrasi potensi alami terbentuk, tahapan selanjutnya adalah penerapan pembobotan sebagaimana tercantum pada Tabel 10.

Tabel 10. Skoring Infiltrasi Potensial

No	Jumlah Score	Deksripsi	Notasi	Kelas
1	<6	Sangat Kecil	e	V
2	6-9	Kecil	d	IV
3	10-13	Sedang	c	III
4	14-17	Besar	b	II
5	>17	Sangat Besar	a	I

Sumber : RURHL-DAS, 2022

b. Infiltrasi Aktual

Penentuan infiltrasi aktual dilakukan dengan memanfaatkan peta tutupan lahan yang telah diklasifikasikan sesuai kategori tutupan lahannya, kemudian diberi bobot sesuai dengan Tabel 11.

Tabel 11. Klasifikasi infiltrasi aktual

No	Deksripsi	Tipe Penutupan Lahan	Notasi
1	Besar	Hutan lahan kering primer, Hutan lahan kering sekunder	A
2	Agak Besar	Hutan produksi, Perkebunan, Hutan Tanaman	B
3	Sedang	Semak/Belukar, padang rumput	C
4	Agak Kecil	Hortikultura, Pertanian Lahan Kering Campur	D
5	Kecil	Pemukiman, sawah, Airportm Belukar Rawa, Hutan Mangrove Primer, Hutan Mangrove Sekunder, Hutan Rawa Primer, Hutan Rawa Sekunder, Pertambangan, Rawa, Tambak, Tanah Terbuka, Transmigrasi, Tubuh Air	E

Sumber : RURHL-DAS, 2022

2.6 Klasifikasi Kondisi Daerah Resapan Air

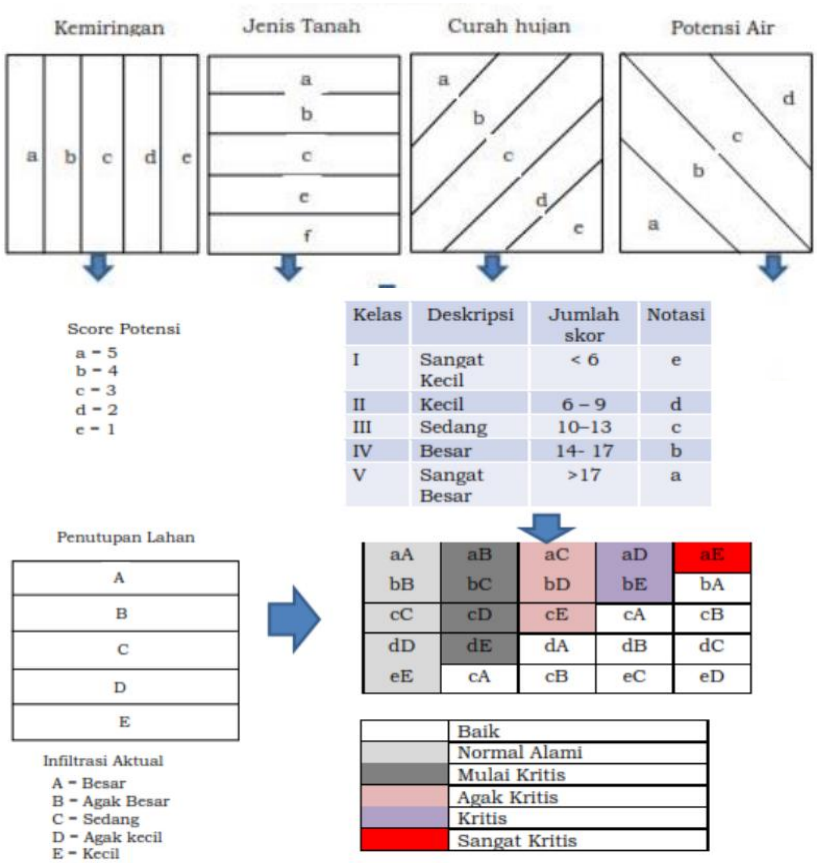
Setelah seluruh parameter dinilai dan diberi bobot sesuai pedoman yang berlaku, langkah selanjutnya adalah melakukan klasifikasi kondisi daerah resapan air. Klasifikasi ini dilakukan dengan *overlay* infiltrasi potensi alami dan infiltrasi aktual. Hasil overlay tersebut dikelompokkan ke dalam enam kelas kondisi resapan air, yaitu sebagai berikut:

1. Kelas I (Kondisi Baik), apabila nilai infiltrasi aktual lebih besar dibandingkan dengan nilai infiltrasi potensi alaminya. Kondisi ini menunjukkan adanya peningkatan kemampuan infiltrasi, misalnya dari kelas e menjadi A, dari d menjadi B, dan seterusnya.
2. Kelas II (Kondisi Normal Alami), apabila nilai infiltrasi aktual sama atau tetap seperti nilai infiltrasi potensi alaminya. Kondisi ini menggambarkan keadaan resapan air yang masih alami, misalnya dari b tetap B, dari c tetap C, dan seterusnya.
3. Kelas III (Kondisi Mulai Kritis), apabila nilai infiltrasi aktual mengalami penurunan satu tingkat dibandingkan dengan nilai infiltrasi potensi alaminya, misalnya dari a menjadi B atau dari c menjadi D.
4. Kelas IV (Kondisi Agak Kritis), apabila nilai infiltrasi aktual mengalami penurunan dua tingkat dari nilai infiltrasi potensi alaminya, misalnya dari a menjadi C atau dari b menjadi D.
5. Kelas V (Kondisi Kritis), apabila nilai infiltrasi aktual mengalami penurunan tiga tingkat dibandingkan dengan nilai infiltrasi potensi alaminya, misalnya dari a menjadi D atau dari b menjadi E.
6. Kelas VI (Kondisi Sangat Kritis), apabila nilai infiltrasi aktual berubah secara signifikan dari nilai infiltrasi potensi alaminya, yaitu dari kondisi sangat besar menjadi sangat kecil, misalnya dari a menjadi E.

Tabel 12. Klasifikasi Kondisi Daerah Resapan Air

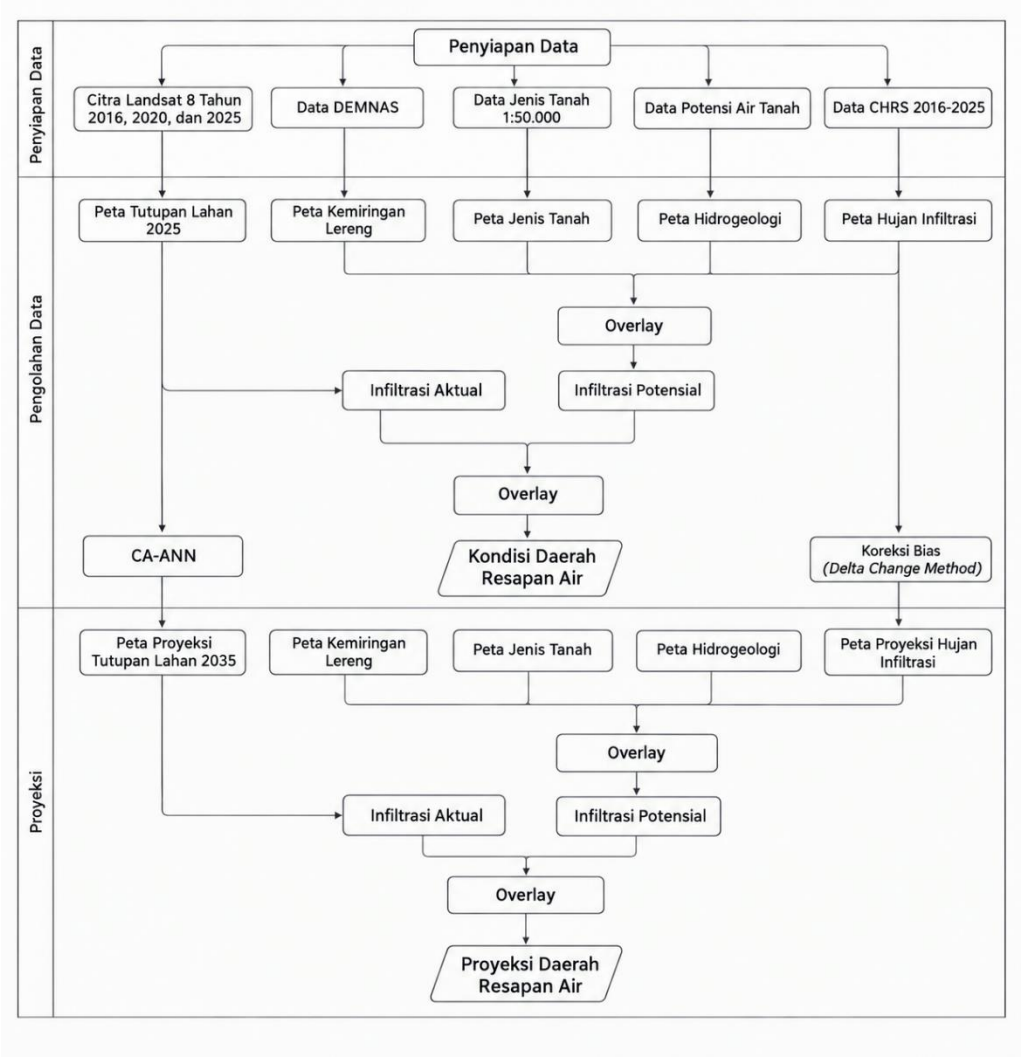
No	Deksripsi	Keterangan	Kode
I	Baik	eA, eB, eC, eD, dA, dB, dC, cA cB, bA	Rb
II	Normal Alami	aA. bB, cC, dD, eE	Rn
III	Mulai Kritis	aB, bC, cD, dE	Ra
IV	Agak Kritis	aC, bD, cE	Rmk
V	Kritis	aD, bE	Rkr
VI	Sangat Kritis	aE	Rsk

Sumber : RURHL-DAS, 2022



Gambar 9. Alur Identifikasi Kondisi Daerah Resapan Air

2.7 Alur Penelitian



BAB III
HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi Kondisi Daerah Resapan Air

Penentuan kondisi daerah resapan air dalam penelitian ini mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 10 Tahun 2022 tentang Penyusunan Rencana Umum Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai dan Rencana Tahunan Rehabilitasi Hutan dan Lahan (Permen LHK No. 10 Tahun 2022). Peraturan ini menjadi acuan utama karena mengatur secara spesifik tata cara identifikasi dan klasifikasi kondisi daerah resapan air dalam kerangka penyusunan Rencana Umum Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RURHL-DAS). Kondisi daerah resapan air ditentukan dengan membandingkan antara potensi infiltrasi alami dengan infiltrasi aktual. Infiltrasi potensial alami diperoleh melalui *overlay* dan skoring dari empat parameter, yaitu kemiringan lereng, jenis tanah, hujan infiltrasi, dan potensi air tanah. Sementara itu, infiltrasi aktual ditentukan berdasarkan tutupan lahan yang mencerminkan kondisi penggunaan lahan di lapangan. Hasil perbandingan antara infiltrasi potensi alami dan infiltrasi aktual kemudian diklasifikasikan ke dalam enam kelas kondisi daerah resapan air, yaitu: Baik, Normal Alami, Mulai Kritis, Agak Kritis, Kritis, dan Sangat Kritis. Klasifikasi ini dilakukan dengan membandingkan notasi kelas infiltrasi potensial (a, b, c, d, e) dengan notasi kelas infiltrasi aktual (A, B, C, D, E), dimana penurunan tingkat infiltrasi dari kondisi potensial ke kondisi aktual menunjukkan tingkat kekritisan daerah resapan air.

3.1.1 Identifikasi Potensi Infiltrasi Alami

Adapun hasil identifikasi potensi infiltrasi alami di DAS Onto tahun 2025 dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13. Luas Potensi Infiltrasi Alami DAS Onto

No	Jumlah Skor	Deskripsi	Notasi	LUAS	
				Ha	%
1	9	Kecil	d	0,45	0,04
2	10	Sedang	c	46,15	4,05
3	11	Sedang	c	140,35	12,33
4	12	Sedang	c	199,48	17,52
5	13	Sedang	c	223,91	19,66
6	14	Besar	b	433,90	38,11
7	15	Besar	b	94,45	8,29
Total				**1.138,69**	**100**

Berdasarkan Tabel hasil *overlay* keempat parameter potensi infiltrasi alami, diketahui bahwa sebaran tingkat potensi infiltrasi alami di DAS Onto didominasi oleh kelas Sedang (notasi c) dengan total luas 609,89 ha (53,56 % dari total wilayah), yang terdiri dari skor 10 seluas 46,15 ha (4,05%), skor 11 seluas 140,35 ha (12,33%), skor 12 seluas 199,48 ha (17,52%), dan skor 13 seluas 223,91 ha (19,66%). Sementara itu, kelas Besar (notasi b) mencakup luas 528,35 ha (46,4%) dengan skor 14 (433,90 ha) dan skor 15 (94,45 ha). Kelas Kecil (notasi d) hanya mencakup 0,45 ha (0,04%) pada skor 9, yang

merupakan wilayah dengan potensi infiltrasi paling rendah dan umumnya berada pada kombinasi parameter yang kurang mendukung seperti jenis tanah bertekstur halus dan kemiringan lereng curam. Dominasi kelas potensi infiltrasi alami sedang dan besar di DAS Onto menunjukkan bahwa secara alami wilayah ini memiliki kondisi biofisik yang cukup mendukung untuk proses infiltrasi.

Adapun penjelasan mengenai pemberian skor untuk masing-masing parameter penyusun infiltrasi potensi akan dijabarkan secara rinci pada sub-bab berikutnya.

3.1.2 Jenis Tanah

Jenis tanah merupakan salah satu parameter dalam menentukan potensi infiltrasi alami karena sifat fisik tanah, terutama tekstur sangat mempengaruhi kemampuan tanah dalam meresapkan air. Untuk mengetahui karakteristik tekstur tanah di DAS Onto, dilakukan pengambilan sampel tanah pada setiap poligon jenis tanah yang terbentuk, yang selanjutnya diuji di laboratorium untuk menentukan kelas teksturnya. Hasil uji laboratorium tersebut kemudian diklasifikasikan berdasarkan pedoman Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 10 Tahun 2022, yang membagi tingkat infiltrasi ke dalam lima kelas berdasarkan tekstur tanah. Berikut disajikan hasil identifikasi jenis tanah dan teksturnya di DAS Onto pada tabel 14.

Tabel 14. Luas Jenis Tanah, Kelas Tekstur, dan Tekstur Tanah DAS Onto

FID	Jenis Tanah	Kelas Tekstur	Tekstur Tanah	Tingkat Infiltrasi	Skor	LUAS	
						Ha	%
1	Gleusol Eutrik Gleusol Eutrik	Lempung Berliat Berdebu	Agak Halus	Agak Kecil	2	28,38	2,49
2	Kambisol Eutrik Kambisol Gleik	Liat	Halus	Kecil	1	5,97	0,52
3	Gleusol Eutrik Gleusol Eutrik	Liat	Halus	Kecil	1	305,17	26,80
4	Mediteran Haptik Kambisol Eutrik	Liat Berdebu	Halus	Kecil	1	389,66	34,22
5	Mediteran Gleik Andosol Gleik	Liat	Halus	Kecil	1	3,41	0,30
6	Mediteran Haplik Mediteran Haplik Kambisol Eutrik	Liat Berdebu	Halus	Kecil	1	78,02	6,85
7	Gleusol Eutrik Gleusol Eutrik	Liat	Halus	Kecil	1	38,54	3,38
8	Mediteran Haplik Mediteran Haplik Andosol Eutrik	Lempung Berliat Berdebu	Agak Halus	Agak Kecil	2	289,53	25,43
Total						**1.138,69**	**100**

Berdasarkan Tabel 14, diketahui bahwa sebagian besar wilayah DAS Onto didominasi oleh jenis tanah dengan tingkat infiltrasi kecil hingga agak kecil, dimana jenis tanah mediteran haplik dan gleusol eutrik menjadi dua jenis tanah yang paling luas, keduanya memiliki tekstur halus dengan tingkat infiltrasi kecil (skor 1). Hal ini mengindikasikan bahwa kemampuan lahan dalam meresapkan air hujan di DAS Onto tergolong rendah jika ditinjau dari parameter jenis tanahnya, yang berarti air hujan yang jatuh cenderung lebih banyak menjadi aliran permukaan dibandingkan meresap ke dalam tanah sebagai

air tanah, sehingga berisiko meningkatkan kejadian banjir di musim hujan dan kekeringan di musim kemarau (Adudu et al., 2023). Hasil ini sejalan dengan penelitian (Negara et al., 2026) yang menemukan bahwa tanah bertekstur halus memiliki laju infiltrasi yang jauh lebih rendah. Secara implikasi, dominasi jenis tanah dengan infiltrasi kecil ini menuntut adanya upaya konservasi tanah dan air secara terarah, peningkatan bahan organik tanah, dan pembatasan alih fungsi lahan terbangun di wilayah yang didominasi jenis tanah mediteran haplik dan gleusol eutrik agar fungsi resapan air tetap terjaga.

3.1.3 Kemiringan Lereng

Berdasarkan data DEMNAS, diketahui sebaran luas kemiringan lereng DAS Onto pada tabel 15**:**

Tabel 15. Luas Kemiringan Lereng DAS Onto

No	Kemiringan Lereng (%)	Deskripsi	Skor	LUAS	
				Ha	%
1	0-8	Datar	5	382,67	33,61
2	8-15	Landai	4	90,68	7,96
3	15-25	Bergelombang	3	281,71	24,74
4	25-40	Curam	2	317,02	27,84
5	> 40	Sangat Curam	1	66,61	5,85
	Total			**1.138,69**	**100**

Berdasarkan Tabel 15, karakteristik kemiringan lahan di DAS Onto yang seluas 1.138,69 hektar terbagi menjadi lima tingkatan yang masing-masing memiliki peran berbeda dalam menyerap air hujan. Bagian paling luas di wilayah ini adalah lahan datar (0-8%) sebesar 33,61%, yang menjadi lokasi paling ideal dan diberi nilai tertinggi (skor 5) karena air bisa menggenang lebih lama sehingga maksimal meresap ke dalam tanah. Selanjutnya, terdapat area landai (8-15%) seluas 7,96% (skor 4) dan area bergelombang (15-25%) seluas 24,74% (skor 3), yang kemampuannya menyerap air masuk kategori sedang hingga baik, meskipun air mulai mengalir sedikit lebih cepat. Di sisi lain, wilayah ini juga memiliki lahan curam (25-40%) yang cukup luas yaitu 27,84% (skor 2), serta lahan sangat curam (>40%) sebesar 5,85% yang diberi nilai paling rendah (skor 1). Kondisi topografi yang curam menyebabkan air hujan yang jatuh tidak memiliki cukup waktu untuk meresap ke dalam tanah dan gravitasi mempercepat aliran permukaan, sehingga mengurangi ketersediaan air tanah (Pratama et al., 2025). Adapun peta kemiringan lereng dapat dilihat pada lampiran 1.

3.1.4 Curah Hujan

Berdasarkan hasil perhitungan Nilai hujan Infiltrasi dapat dilihat pada tabel 16:

Tabel 16. Nilai Rata-rata Hujan Infiltrasi DAS Onto

No	Nama Stasiun	X	Y	Hujan Infiltrasi	Deskripsi	Skor
1	Stasiun 1	119,89512	-5,52265	4.673,23	Besar	4
2	Stasiun 2	120,01506	-5,52265	4.687,83	Besar	4

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh dari Tabel 16, penentuan distribusi spasial curah hujan di DAS Onto menggunakan data dari dua stasiun curah hujan, yaitu Stasiun 1 (119,89512; -5,52265) dan Stasiun 2 (120,01506; -5,52265). Kedua titik tersebut merupakan titik stasiun pengaruhnya melingkupi wilayah DAS Onto. Hujan infiltrasi pada DAS Onto hanya berada pada satu rentang kategori yaitu kategori Besar. Nilai hujan infiltrasi dari masing-masing stasiun tersebut selanjutnya dijadikan sebagai masukan data spasial untuk diinterpolasi menggunakan metode Isohiet guna menggambarkan sebaran hujan infiltrasi secara menyeluruh di DAS Onto. Metode isohiet merupakan metode interpolasi yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama, dimana diasumsikan bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis isohiet adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis tersebut. Curah hujan merupakan komponen penting dalam penentuan daerah resapan air, karena besarnya curah hujan menentukan volume air yang tersedia untuk diinfiltrasi. Secara lengkap, data curah hujan, jumlah hari hujan, dan nilai Rd untuk setiap stasiun disajikan berturut-turut pada lampiran 16, 17, dan 18 (Rochdian et al., 2026).

3.1.5 Potensi Air Tanah

Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral dapat dilihat pada tabel 17:

Tabel 17. Luas Potensi Air Tanah DAS Onto

No	Potensi Air Tanah	Infiltrasi	Skor	LUAS	
				Ha	%
1	Tinggi di Akuifer Dangkal	Besar	4	1.138,69	100
Total				**1.138,69**	**100**

Berdasarkan Tabel 17, hasil analisis potensi air tanah di DAS Onto menunjukkan bahwa seluruh wilayah memiliki potensi air tanah yang tergolong tinggi di akuifer dangkal dengan skor 4. Artinya, secara geologis, seluruh kawasan DAS Onto memiliki lapisan akuifer yang cukup dekat dengan permukaan tanah sehingga air hujan yang berhasil meresap ke dalam tanah berpotensi untuk tersimpan sebagai air tanah. Namun, potensi ini hanya akan optimal jika didukung oleh kondisi infiltrasi yang baik di permukaan tanah. Jika laju infiltrasi terhambat oleh faktor-faktor seperti jenis tanah bertekstur halus, kemiringan lereng curam, atau tutupan lahan yang kedap air, maka air hujan yang jatuh tidak akan mencapai akuifer dangkal dan justru menjadi aliran permukaan yang terbuang. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Nugroho et al., 2022) yang menunjukkan bahwa potensi air tanah merupakan komponen yang memengaruhi infiltrasi potensial, formasi geologi di bawah permukaan tanah memiliki karakteristik akuifer dengan porositas dan permeabilitas yang tinggi, sehingga mampu menyimpan dan meloloskan air dalam jumlah yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh jenis batuan penyusun akuifer yang umumnya berupa material berbutir kasar seperti pasir dan kerikil dengan ruang pori antar butiran yang besar, sehingga kapasitas tampungan (*storage capacity*) dan koefisien penyimpanan (*storage coefficient*) akuifer menjadi lebih tinggi dibandingkan akuifer dengan potensi kecil yang tersusun oleh batuan berbutir halus seperti lempung

atau lanau dengan porositas rendah (Todd & Mays, 2005). Adapun peta potensi air tanah dapat dilihat pada lampiran 1.

3.1.6 Identifikasi Infiltrasi Aktual

Berdasarkan hasil interpretasi tutupan lahan di DAS Onto, dapat dilihat pada tabel 18:

Tabel 18. Luas Tutupan Lahan DAS Onto

No	Tutupan Lahan	Notasi	LUAS	
			Ha	%
1	Pertanian Lahan Kering Campur	D	646,11	56,74
2	Permukiman	E	275,87	24,3
3	Sawah	E	210,41	18,48
3	Tubuh Air	E	6,30	0,55
Total			**1.138,69**	**100**

Berdasarkan tabel 18 hasil analisis tutupan lahan pada DAS Onto, tutupan lahan tubuh air memiliki luas paling kecil, yaitu 6,30 ha atau sekitar 0,55%. Tutupan lahan yang paling dominan adalah pertanian lahan kering campur dengan luas 646,11 ha atau sekitar 56,74% dari total wilayah DAS. Dominasi ini menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah DAS Onto dimanfaatkan untuk kegiatan pertanian. Aktivitas pertanian terutama di daerah hulu DAS akan mempengaruhi penurunan laju infiltrasi dan membuat tingginya koefisien limpasan (Yuwono et al., 2023). Peta tutupan lahan dapat dilihat pada lampiran 1.

Tutupan lahan permukiman menempati urutan kedua dengan luas 275,87 ha atau sekitar 24,3%. Persentase ini tergolong cukup besar dan menunjukkan adanya tekanan penggunaan lahan akibat aktivitas manusia. Perkembangan permukiman biasanya diikuti dengan meningkatnya permukaan kedap air, seperti bangunan dan jalan, yang dapat mengurangi kemampuan tanah dalam menyerap air. Penelitian (Kurniawan & Ardi, 2022) menyebutkan bahwa setiap peningkatan 10% area terbangun pada zona hilir DAS akan meningkatkan risiko genangan permukaan hingga dua kali lipat akibat berkurangnya zona resapan mikro. Kondisi ini berpotensi memengaruhi respon hidrologi DAS, terutama pada saat curah hujan tinggi.

Kemudian sawah berada pada urutan ketiga dengan luas 210,41 ha atau sekitar 18,48% dan Tubuh Air sekitar 6,30 ha atau 0,55 %. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 10 Tahun 2022, sawah dikategorikan ke dalam kelas E. Standardisasi skor rendah pada sawah dalam Permen LHK ini didasarkan pada karakteristik fisik tanah sawah yang telah mengalami pemadatan mekanis di lapisan bawah permukaan akibat aktivitas pengolahan lahan. Lapisan kedap buatan ini bertujuan menjaga genangan air untuk padi, namun di sisi lain membatasi kapasitas infiltrasi air menuju akuifer dalam. Selain itu, kondisi tanah sawah yang cepat mencapai titik jenuh menyebabkan fungsi resapannya menurun drastis.

3.1.7 Kondisi Daerah Resapan Air

Hasil dari Overlay Peta Infiltrasi Aktual dan Infiltrasi Potensial menghasilkan peta Kondisi Daerah Resapan Air. Luas sebarannya dapat dilihat pada tabel 19:

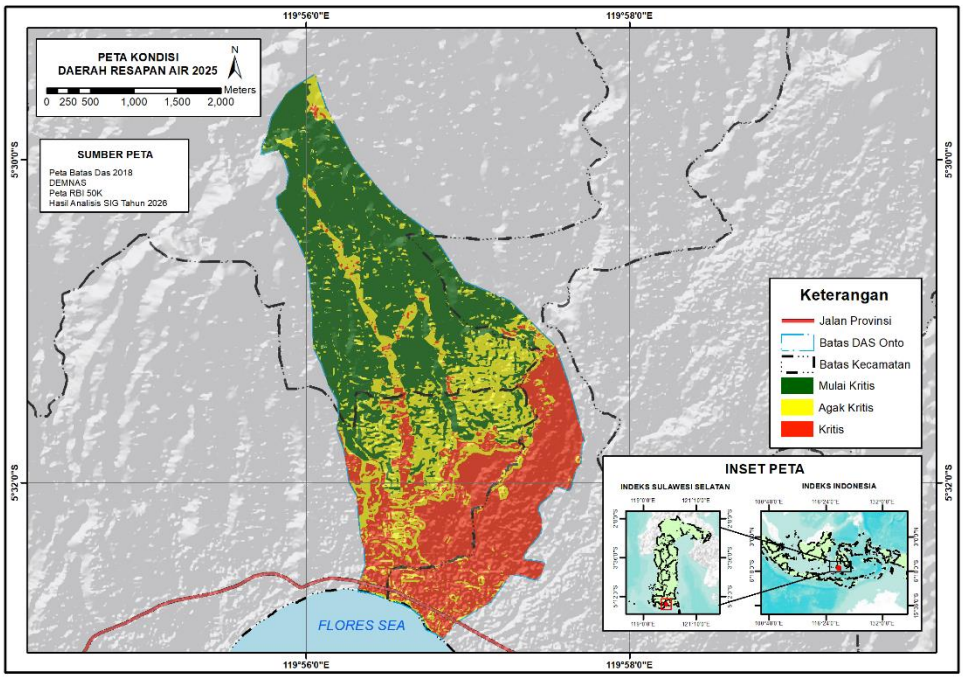
Tabel 19. Luas Sebaran Kondisi Daerah Resapan Air DAS Onto

No	Deskripsi / Kecamatan	Kondisi Daerah Resapan Air			LUAS	
		Mulai Kritis (Kelas III)	Agak Kritis (Kelas IV)	Kritis (Kelas v)	Ha	%
1	Bantaeng	44,26	36,96	212,22	293,44	25,77
2	Bisappu	54,53	136,65	149,96	341,13	29,96
3	Sinoa	388,79	108,15	7,18	504,12	44,27
Luas	**Ha**	487,57	281,76	369,36	**1.138,69**	
	%	42,82	24,74	32,44		**100**

Diketahui bahwa kondisi daerah resapan air terbagi ke dalam tiga kelas kondisi resapan air, yaitu mulai kritis (Kelas III), agak kritis (Kelas IV), dan kritis (Kelas V). Secara keseluruhan, kondisi mulai kritis dan kritis mendominasi wilayah dengan persentase masing-masing sebesar 42,82% dan 32,44%, sementara kondisi agak kritis hanya mencakup 24,74%, yang menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah telah mengalami penurunan fungsi resapan air. Kecamatan Sinoa memiliki luas wilayah resapan air terbesar yaitu 504,12 ha (44,27%), dengan dominasi kelas mulai kritis seluas 388,79 ha, namun relatif kecil pada kelas kritis yaitu hanya 7,18 ha, mengindikasikan bahwa degradasi resapan air di kecamatan ini masih berada pada tahap awal. Sebaliknya, Kecamatan Bantaeng dan Bisappu menunjukkan kondisi yang lebih mengkhawatirkan karena memiliki luasan kelas kritis yang cukup besar, masing-masing sebesar 212,22 ha dan 149,96 ha, yang mencerminkan tekanan penggunaan lahan dan aktivitas manusia yang lebih intensif. Kecamatan Bisappu juga memiliki proporsi agak kritis tertinggi yaitu 136,65 ha, menunjukkan wilayah transisi yang berpotensi memburuk apabila tidak dilakukan upaya pengelolaan.

Perbedaan antara kondisi infiltrasi potensial dan infiltrasi aktual menjadi faktor utama yang menyebabkan tingginya persentase kelas mulai kritis dan kritis di DAS Onto. Berdasarkan hasil *overlay*, wilayah dengan infiltrasi potensial besar (skor 14-15) yang mendominasi DAS Onto seharusnya memiliki kemampuan alami yang baik dalam meresapkan air hujan. Namun, ketika hasil infiltrasi potensial tersebut dibandingkan dengan infiltrasi aktual yang ditentukan oleh tutupan lahan, terjadi penurunan kemampuan resapan yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh dominasi tutupan lahan di DAS Onto yang didominasi oleh pertanian lahan kering campur (56,74%), permukiman (24,30%), dan sawah (18,48%), dimana ketiga jenis tutupan lahan tersebut memiliki tingkat infiltrasi aktual yang tergolong kecil hingga agak kecil berdasarkan klasifikasi dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 10 Tahun 2022. Kondisi ini mengindikasikan bahwa tutupan lahan memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap kemampuan aktual tanah dalam meresapkan air, sehingga meskipun suatu wilayah memiliki potensi alami yang baik, fungsi resapan airnya dapat menurun drastis apabila tutupan lahannya didominasi oleh lahan pertanian dan permukiman.

Distribusi spasial dari data diatas dipresentasikan dalam bentuk peta kondisi daerah resapan air sebagaimana tersaji pada Gambar 9.



Gambar 10. Peta Kondisi Daerah Resapan Air DAS Onto Tahun 2025

Tabel 20. Rekapitulasi Luas Sebaran Kondisi Daerah Resapan Air DAS Onto dan Kode Notasinya

PIA	Tutupan Lahan	IA	DRA	Klasifikasi	Luas	
					Ha	%
b	Permukiman	E	bE	Kritis	180,1	15,82
b	Pertanian Lahan Kering Campur	D	bD	Agak Kritis	158,99	13,96
b	Sawah	E	bE	Kritis	187,88	16,50
b	Tubuh Air	E	bE	Kritis	1,38	0,12
c	Permukiman	E	cE	Agak Kritis	97,2	8,54
c	Pertanian Lahan Kering Campur	D	cD	Mulai Kritis	487,12	42,78
c	Sawah	E	cE	Agak Kritis	24,52	2,15
c	Tubuh Air	E	cE	Agak Kritis	1,05	0,09
d	Permukiman	E	dE	Mulai Kritis	0.45	0,04
Total					**1.138,69**	**100**

Pada kondisi Kritis, kode notasinya adalah E, yang terbentuk dari kombinasi tutupan lahan permukiman, sawah, dan tubuh air. Kemudian infiltrasi potensi alaminya adalah b (besar). Berdasarkan klasifikasi, daerah resapan air dengan notasi E memiliki kemampuan meresapkan air yang rendah karena permukaannya yang kedap air

(permukiman) atau tanahnya yang jenuh air (sawah), sehingga air hujan lebih banyak menjadi aliran permukaan. Wilayah dengan kondisi kritis secara spasial berada pada bagian hilir DAS Onto dengan kondisi topografi yang relatif datar. Pada kondisi Agak Kritis, ditemukan variasi kode notasi yang lebih beragam, yaitu dengan akhiran notasi D (pertanian lahan kering campur) dan notasi E, dan didukung infiltrasi potensi alami dengan awalan notasi b (besar) dan c (sedang). Berdasarkan klasifikasi, pertanian lahan kering campur dengan notasi D masih memberikan ruang resapan yang lebih baik dibandingkan tutupan lahan permukiman, sawah, dan tubuh air. Wilayah dengan status agak kritis ini umumnya terletak pada wilayah tengah DAS Onto. Pada kelas Mulai Kritis, kode notasi yang tercatat adalah dengan akhiran notasi D dan E yang berarti kondisi aktual tutupan lahannya Adalah pertanian lahan kering campur dan permukiman, yang didukung infiltrasi potensi alami dengan awalan notasi c (sedang) dan d (kecil). Secara spasial, kondisi mulai kritis ini berada pada bagian hulu DAS Onto, yang didominasi oleh tutupan pertanian lahan kering campur. Meskipun secara umum permukiman berada pada kelas terbawah tapi dukung dengan potensi infiltrasi alaminya.

3.1.8 Validasi Kondisi Daerah Resapan Air

Validasi kondisi daerah resapan air dilakukan dengan melakukan pengukuran laju infiltrasi langsung dilapangan menggunakan *double ring infiltrometer*. Pengukuran ini dilakukan pada 8 titik berdasarkan poligon jenis tanah yang terbentuk dari Peta Jenis Tanah 1:50.000 dari BBSDLP, Kementerian Pertanian. Sementara itu, klasifikasi laju infiltrasi menggunakan model horton yang mengelompokkan berdasarkan rentang nilai laju infiltrasi aktual dalam satuan cm/jam dan klasifikasinya terbagi menjadi enam kelas, yaitu Sangat Lambat, Lambat, Sedang Lambat, Sedang, Sedang Cepat, dan Cepat hingga Sangat Cepat (Farida et al., 2023). Sedangkan kondisi daerah resapan air menggunakan Permen LHK No. 10 Tahun 2022 yang mengelompokkan tingkat infiltrasi berdasarkan kelas tekstur tanah. Adapun hasil pengukuran langsung dilapangan dapat dilihat pada tabel 21.

Tabel 21. Klasifikasi Laju Infiltrasi DAS Onto

No	Titik Pengamatan	Laju Infiltrasi (cm/Jam)	Klasifikasi	Kondisi DRA
1	Gleusol Eutrik Gleusol Eutrik	2,42	Sedang	Agak Kritis
2	Kambisol Eutrik Kambisol Gleik	3,44	Sedang	Agak Kritis
3	Gleusol Eutrik Gleusol Eutrik	1,16	Agak Lambat	Kritis
4	Mediteran Haplik Kambisol Eutrik	6,76	Agak Cepat	Mulai Kritis
5	Mediteran Gleik Andosol Gleik	5,08	Sedang	Agak Kritis
6	Mediteran Haplik Mediteran Haplik Kambisol Eutrik	6,87	Agak Cepat	Mulai Kritis
7	Gleusol Eutrik Gleusol Eutrik	5,92	Sedang	Agak Kritis
8	Mediteran Haplik Mediteran Haplik Andosol Eutrik	4,52	Sedang	Agak Kritis

Berdasarkan hasil pengukuran, diketahui bahwa nilai laju infiltrasi bervariasi antara 1,16 cm/jam hingga 6,87 cm/jam. Pada titik pengamatan 1, laju infiltrasi tercatat sebesar 2,42 cm/jam (sedang), berada pada kondisi DRA berstatus agak kritis dengan jenis tanah gleusol eutrik dan tutupan lahan sawah. Titik pengamatan 2 menunjukkan nilai 3,44 cm/jam (sedang) pada kondisi DRA berstatus agak kritis dengan dominasi tutupan lahan permukiman dengan jenis tanah kambisol eutrik dan kambisol gleik. Adapun titik pengamatan 3 mencatat nilai terendah, yaitu 1,16 cm/jam (agak lambat), berada pada DRA berstatus kritis dengan tutupan lahan sawah dan jenis tanah gleusol eutrik. Pada sisi lain, titik pengamatan 4 dan 6 mencatat nilai laju infiltrasi yang relatif tinggi, masing-masing 6,76 cm/jam dan 6,87 cm/jam (keduanya tergolong agak cepat). Kedua titik ini berada pada kondisi DRA berstatus mulai kritis dengan dominasi tutupan lahan pertanian lahan kering campur dan jenis tanah mediteran haplik. Titik pengamatan 5 mencatat nilai 5,08 cm/jam (sedang) pada kondisi DRA berstatus agak kritis dengan tutupan lahan sawah serta jenis tanah mediteran gleik dan andosol gleik. Titik pengamatan 7 mencatat nilai 5,92 cm/jam (sedang) pada kondisi DRA berstatus agak kritis dengan dominasi pertanian lahan kering campur dan jenis tanah gleusol eutrik serta mediteran haplik. Sementara itu, titik pengamatan 8 mencatat nilai 4,52 cm/jam (sedang) pada kondisi DRA berstatus agak kritis dengan tutupan lahan sawah dan jenis tanah mediteran haplik serta andosol eutrik.

Berdasarkan hasil analisis per titik pengamatan di atas, terlihat adanya korelasi yang logis antara nilai hasil pengukuran laju infiltrasi di lapangan dengan hasil kondisi daerah resapan air berdasarkan Permen LHK No. 10 Tahun 2022. Poligon yang terklasifikasi berstatus kritis ditandai oleh nilai laju infiltrasinya paling rendah (1,16 cm/jam), Sebaliknya, poligon berstatus mulai kritis (seperti titik 4 dan titik 6) secara konsisten mencatatkan laju infiltrasi dalam kelas agak cepat (6,76 cm/jam dan 6,87 cm/jam), yang didukung dengan dominasi tutupan lahan pertanian lahan kering campur. Adapun status agak kritis pada mayoritas poligon lainnya (titik 1, 2, 5, 7, dan 8) mencerminkan kondisi peresapan tingkat sedang (2,42–5,92 cm/jam). Detail perhitungan laju infiltrasi dapat dilihat pada lampiran 7 hingga 14.

3.2 Proyeksi Kondisi Daerah Resapan Air

Proyeksi kondisi daerah resapan air di DAS Onto dilakukan dengan memproyeksikan dua parameter utama yang bersifat dinamis, yaitu tutupan lahan dan curah hujan. Parameter lain seperti jenis tanah, kemiringan lereng, dan potensi air tanah tidak dilakukan proyeksi karena ketiganya diklasifikasikan sebagai variabel yang bersifat statis dalam perencanaan 10 tahun. Jenis tanah merepresentasikan hasil akhir proses pembentukan tanah yang memerlukan waktu ribuan tahun, sehingga tidak mengalami perubahan berarti dalam periode 10 tahunan (Jalianti et al., 2025). Kemiringan lereng merupakan karakteristik fisiografis yang terbentuk dari proses *geomorfologi* dan *tektonik* sehingga relatif konstan dalam jangka waktu pendek hingga menengah (Umar et al., 2025), dan potensi air tanah mencerminkan kondisi geologi bawah permukaan yang telah terbentuk melalui proses *geodinamika* jangka panjang (Rahma, 2025).

3.2.1 Proyeksi Tutupan Lahan

Proyeksi tutupan lahan dilakukan dengan mempertimbangkan empat faktor pendukung, yaitu data lahan terbangun eksisting, jarak dari jalan, elevasi, dan kemiringan lereng. Keempat faktor ini dipilih karena secara ilmiah terbukti memiliki pengaruh signifikan

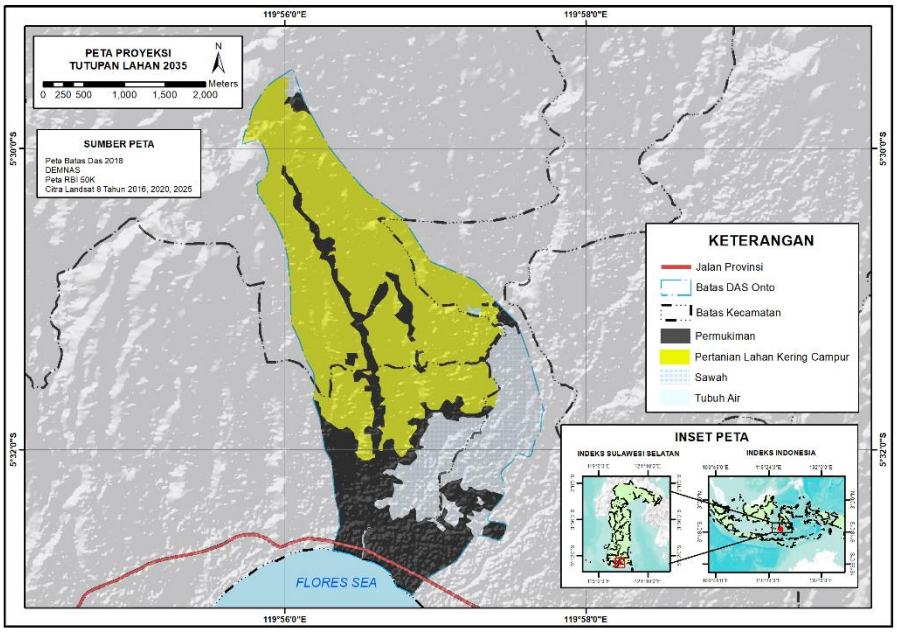
terhadap pola perubahan tutupan lahan. Lahan terbangun eksisting dipilih karena keberadaannya mendorong pertumbuhan kawasan terbangun di sekitarnya dan ketersediaan infrastruktur dasar. Jarak dari jalan dipilih karena aksesibilitas yang baik menurunkan biaya pembangunan dan meningkatkan nilai ekonomi lahan, sehingga lahan yang dekat dengan jalan lebih rentan terhadap konversi. Elevasi dipilih karena wilayah dataran rendah lebih mudah diakses dan memiliki biaya konstruksi lebih murah, sehingga lebih rentan terhadap alih fungsi lahan. Kemudian lahan yang datar hingga landai lebih mudah dikembangkan dibandingkan lahan curam. Kombinasi keempat faktor ini mencerminkan interaksi antara aspek aksesibilitas dan fisik lahan, sehingga proyeksi tutupan lahan yang dihasilkan lebih akurat (Dafadhilah & Firmansyah, 2026).

Tabel 22. Luas Perubahan Tutupan Lahan 2016-2035 DAS Onto

Tutupan Lahan	2016	2025	2035	Perubahan Luas			
	Ha	Ha	Ha	2014-2025		2025-2035	
				Ha	%	Ha	%
PLKC	668,20	646,11	641,25	-22,09	1,94	-4,53	0,40
PM	257,09	277,75	282,28	+20,66	1,81	+4,53	0,40
SW	210,97	212,40	212,40	+1,43	0,13	0	0
A	2,43	2,43	2,43	0	0	0	0
Total	**1.138,69**	**1.138,69**	**1.138,69**				

Keterangan :
(+) = Penambahan Luasan
(-) = Pengurangan Luasan

Berdasarkan Tabel 22, hasil proyeksi perubahan tutupan lahan di DAS Onto dari tahun 2016 hingga 2035 menunjukkan bahwa terjadi perubahan luasan pada beberapa kategori tutupan lahan. Pertanian Lahan Kering Campur (PLKC) mengalami penurunan luas secara bertahap, dari 668,20 ha pada tahun 2016 menjadi 646,11 ha pada tahun 2025 (berkurang 22,09 ha atau 1,94%), dan kembali turun menjadi 641,25 ha pada tahun 2035 (berkurang 4,53 ha atau 0,40%). Sementara itu, Permukiman (PM) mengalami peningkatan luas yang cukup signifikan, dari 257,09 ha pada tahun 2016 menjadi 277,75 ha pada tahun 2025 (bertambah 20,66 ha atau 1,81%), dan kembali meningkat menjadi 282,28 ha pada tahun 2035 (bertambah 4,53 ha atau 0,40%). Sawah (SW) mengalami peningkatan kecil dari 210,97 ha menjadi 212,40 ha pada tahun 2025 (bertambah 1,43 ha atau 0,13%), dan kemudian stabil hingga tahun 2035. Tubuh Air (A) tetap stabil pada luas 2,43 ha selama periode proyeksi. Adapun peta hasil proyeksi tutupan lahan DAS Onto untuk tahun 2025 dan 2035 dapat dilihat pada Gambar 10:



Gambar 11. Peta Tutupan Lahan DAS Onto Tahun 2035

Tabel 23. Luas Perubahan Tutupan Lahan 2016-2025 DAS Onto

Tutupan Lahan 2016 \ Tutupan Lahan 2025	PLKC	PM	SW	A	Total
PLKC	645,01	23,17	0	0	668,18
PM	1,06	254,33	1,70	0	257,09
SW	0,06	0,27	210,66	0	210,99
A	0	0	0	2,43	2,43
Total	646,13	277,77	212,36	2,43	**1.138,69**

Berdasarkan Tabel 23, hasil analisis perubahan tutupan lahan di DAS Onto dari tahun 2016 ke 2025 menunjukkan bahwa Pertanian Lahan Kering Campur (PLKC) mengalami penurunan luas yang cukup besar, dari 668,18 ha pada tahun 2016 menjadi 646,13 ha pada tahun 2025, dengan selisih 22,05 ha yang sebagian besar beralih menjadi Permukiman (PM) sebesar 23,17 ha dan sebagian kecil menjadi Sawah (SW) sebesar 0,06 ha. Sementara itu, Permukiman mengalami peningkatan luas yang cukup signifikan, dari 257,09 ha pada tahun 2016 menjadi 277,77 ha pada tahun 2025, dengan tambahan yang berasal dari konversi lahan PLKC (23,17 ha), Sawah (1,70 ha), dan sebagian kecil dari PLKC menjadi PM (1,06 ha). Sawah mengalami peningkatan luas dari 210,99 ha menjadi 212,36 ha (tambah 1,37 ha), yang berasal dari konversi lahan PLKC dan Permukiman. Tubuh Air (A) tetap stabil pada luas 2,43 ha selama periode tersebut. Secara keseluruhan, perubahan ini mengindikasikan bahwa selama periode 10 tahun (2016-2025), terjadi alih fungsi lahan yang cukup masif dari pertanian lahan kering campur menjadi permukiman.

Tabel 24. Matriks Perubahan Tutupan Lahan 2025-2035 DAS Onto

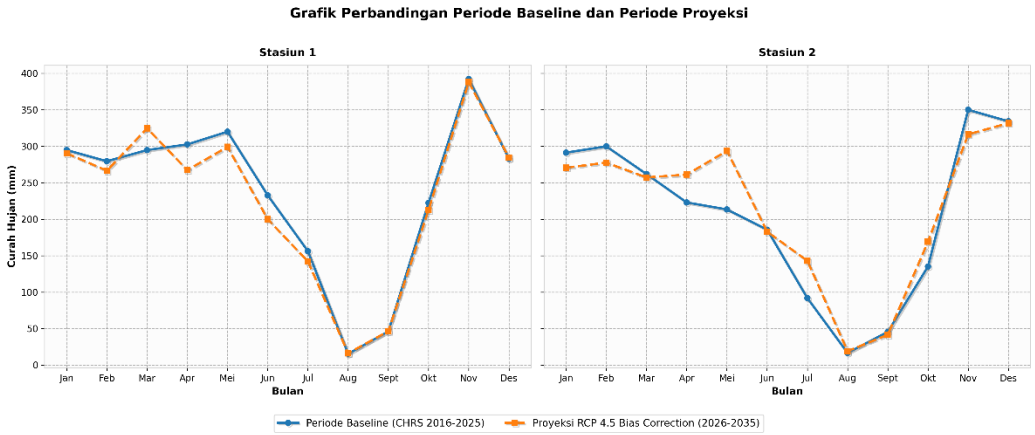
Tutupan lahan 2025 \ Tutupan lahan 2035	PLKC	PM	SW	A	Total
PLKC	641,51	4,53	0	0	646,11
PM	0	277,75	0	0	277,75
SW	0	0	212,40	0	212,40
A	0	0	0	2,43	2,43
Total	641,51	282,28	212,40	2,43	**1.138,69**

Berdasarkan Tabel 24, hasil proyeksi perubahan tutupan lahan di DAS Onto dari tahun 2025 ke 2035 menunjukkan bahwa secara umum terjadi perubahan luasan pada beberapa kategori tutupan lahan, meskipun tidak sebesar perubahan yang terjadi pada periode 2016-2025. Pertanian Lahan Kering Campur (PLKC) diproyeksikan mengalami penurunan luas dari 646,11 ha pada tahun 2025 menjadi 641,51 ha pada tahun 2035, dengan selisih 4,53 ha yang seluruhnya beralih menjadi Permukiman (PM). Sementara itu, Permukiman diproyeksikan mengalami peningkatan luas dari 275,87 ha menjadi 282,28 ha pada tahun 2035, dengan tambahan 4,53 ha yang berasal dari konversi lahan PLKC. Sawah (SW) diproyeksikan tetap stabil pada luas 212,40 ha, dan Tubuh Air (A) juga tetap pada luas 2,43 ha selama periode tersebut. Secara keseluruhan, perubahan yang terjadi pada periode 2025-2035 menunjukkan bahwa alih fungsi lahan dari pertanian lahan kering campur menjadi permukiman masih terus berlanjut, meskipun dengan laju yang lebih lambat dibandingkan periode sebelumnya (2016-2025) yang mencapai 22,05 ha.

3.2.2 Proyeksi Curah Hujan

Data proyeksi curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari luaran model iklim global CMIP5 (*Coupled Model Intercomparison Project Phase* 5) skenario *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 dari dataset NASA NEX-GDDP (NASA *Earth Exchange Global Daily Downscaled Climate Projections*). Data tersebut diekstrak untuk dua rentang periode, yakni periode baseline (2016–2025) dan periode proyeksi (2026–2035) pada cakupan wilayah DAS Onto. Luaran data model CMIP5 sebelum dikoreksi umumnya mengandung tingkat ketidakpastian dan bias statistik akibat resolusi spasial yang relatif kasar, sehingga kurang mampu merepresentasikan fenomena iklim lokal yang dipengaruhi oleh kondisi topografi serta tutupan lahan (Gultom, 2022). Maka, dilakukan proses koreksi bias (*bias correction*) antara data simulasi model dengan data observasi satelit aktual (CHRS) pada periode *baseline*.

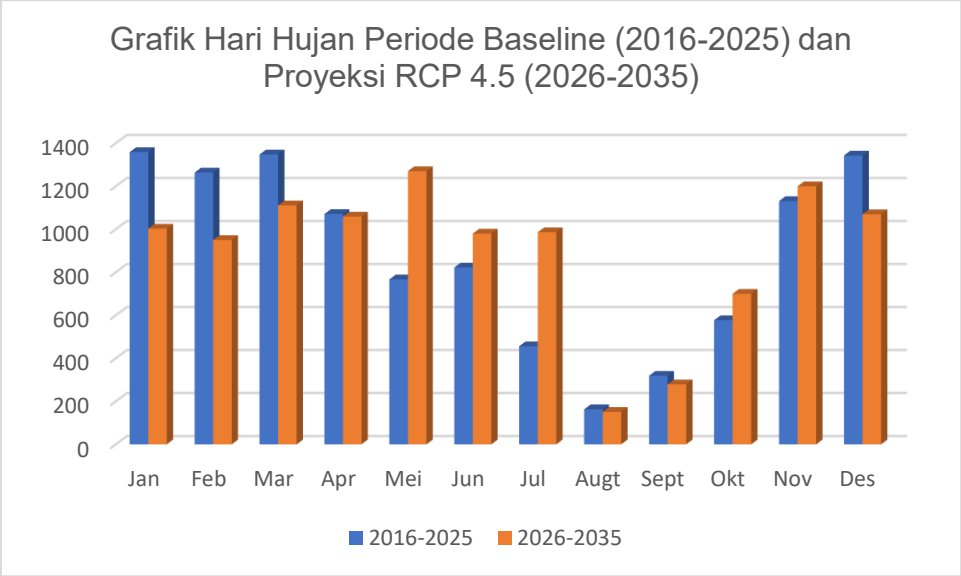
Pengolahan dan ekstraksi data dilakukan di lingkungan *JupyterLab* berbasis bahasa pemrograman *Python* dengan memanfaatkan pustaka *earthengine-api* dan *geemap* untuk terhubung secara langsung (*cloud computation*) ke platform *Google Earth Engine* (GEE). Perhitungan koreksi bias menerapkan metode *Delta Change* dengan pendekatan rasio multiplikatif. Metode ini memanfaatkan rasio antara nilai rata-rata bulanan data model periode proyeksi (2026–2035) dan periode baseline (2016–2025) sebagai faktor pengali untuk menyesuaikan data observasi historis aktual di DAS Onto.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Pola Curah Hujan Bulanan Periode Baseline (2016 2025) dan Proyeksi RCP 4.5 (2026–2035) sesudah koreksi di DAS Onto

Berdasarkan Gambar 11, grafik perbandingan pola curah hujan bulanan antara periode baseline (2016–2025) dan periode proyeksi RCP 4.5 (2026–2035) sesudah koreksi. Secara umum, kedua periode menunjukkan fluktuasi musiman yang konsisten, di mana akumulasi presipitasi tertinggi terjadi pada bulan November–Desember dan mencapai titik terendah pada Agustus–September. Pola ini mempertegas karakteristik iklim DAS Onto dengan periode musim hujan yang berlangsung pada November–Maret dan musim kemarau pada Juni–September. Meskipun demikian, pada periode proyeksi (2026–2035) menunjukkan tren kenaikan curah hujan secara menyeluruh dibandingkan periode baseline. Kenaikan paling signifikan teridentifikasi pada bulan Desember–Februari, yang memperlihatkan adanya amplifikasi intensitas hujan pada puncak musim hujan.

Peningkatan curah hujan pada periode proyeksi ini mengindikasikan terjadinya pergeseran distribusi presipitasi tahunan di DAS Onto. Peningkatan curah hujan yang terpusat pada puncak musim hujan (Desember–Februari) berpotensi melampaui kapasitas infiltrasi tanah, sehingga meningkatkan porsi limpasan permukaan (*surface runoff*) dan risiko erosi tanah. Di sisi lain, hal ini juga memiliki implikasi terhadap ketersediaan air di DAS Onto. Peningkatan curah hujan pada bulan-bulan yang biasanya kering, secara teoritis dapat meningkatkan potensi resapan air, namun penurunan curah hujan pada puncak musim hujan dapat mengurangi pasokan air yang tersedia untuk mengisi cadangan air tanah. Secara rinci, nilai rata-rata curah hujan bulanan hasil proyeksi dapat dilihat pada Lampiran 19.



Gambar 13. Grafik Perbandingan Pola Hari Hujan Bulanan Periode Baseline (2016 2025) dan Proyeksi RCP 4.5 (2026–2035) sesudah koreksi di DAS Onto

Berdasarkan Gambar 12, hasil proyeksi frekuensi Hari Hujan (HH) bulanan skenario RCP 4.5 periode 2026–2035 yang telah dikoreksi bias memperlihatkan adanya pergeseran pola frekuensi kejadian hujan di DAS Onto jika dibandingkan dengan periode *baseline* (2016–2025). Pada puncak musim hujan awal tahun (Januari–Maret) dan akhir tahun (Desember), diproyeksikan terjadi penurunan jumlah hari hujan yang cukup signifikan. Penurunan paling drastis terlihat pada bulan Januari dan Februari, di mana frekuensi hari hujan mengalami penyusutan berturut-turut dari 1.350 hari menjadi 1.000 hari dan dari 1.260 hari menjadi 950 hari. Sebaliknya, bulan Agustus dan September secara konsisten bertahan sebagai periode dengan frekuensi hari hujan terendah (puncak musim kemarau) pada kedua rentang waktu analisis.Fenomena menarik terjadi pada pertengahan tahun dan periode transisi. Pada bulan Mei, Juni, dan Juli, frekuensi hari hujan diproyeksikan mengalami lonjakan yang sangat mencolok. Peningkatan tertinggi terjadi pada bulan Mei dari 760 hari menjadi 1.270 hari serta bulan Juli dari 450 hari meningkat lebih dari dua kali lipat menjadi 980 hari. Peningkatan hari hujan juga teridentifikasi pada awal musim hujan berikutnya, yaitu bulan Oktober dan November. Pergeseran ini mengindikasikan bahwa pada periode 2026–2035, distribusi hari hujan di DAS Onto cenderung mengalami pemerataan di luar puncak musim kemarau, di mana bulan-bulan yang tadinya relatif kering pada periode baseline (seperti Mei dan Juli) diproyeksikan akan lebih sering mengalami kejadian hujan.

Pola perubahan hari hujan ini memiliki keterkaitan erat dengan analisis akumulasi curah hujan bulanan, serta memberikan implikasi hidrologis terhadap proses resapan air di DAS Onto. Hujan yang curah volumenya tinggi namun terpusat pada jumlah hari yang lebih sedikit berpotensi melampaui kapasitas laju infiltrasi tanah lokal. Kondisi ini memperbesar risiko terjadinya aliran permukaan (*surface runoff*) berlebih dan erosi tanah, terutama pada area-area DAS Onto yang memiliki kelerengan curam dan tutupan

vegetasi yang kurang rapat. Data jumlah proyeksi hari hujan dapat dilihat pada lampiran 7

3.2.3 Proyeksi Identifikasi Potensi Infiltrasi Alami

Tabel 25. Identifikasi Potensi Infiltrasi Alami DAS Onto tahun 2035

No	Jumlah Skor	Deskripsi	Notasi	LUAS	
				Ha	%
1	9	Kecil	d	0,45	0,04
2	10	Sedang	c	46,15	4,05
3	11	Sedang	c	140,35	12,33
4	12	Sedang	c	199,48	17,52
5	13	Sedang	c	223,91	19,66
6	14	Besar	b	433,90	38,11
7	15	Besar	b	94,45	8,29
Total				**1.138,69**	**100**

Berdasarkan Tabel 25, hasil identifikasi infiltrasi potensial di DAS Onto pada tahun 2035 menunjukkan bahwa sebaran tingkat infiltrasi potensial didominasi oleh kelas Besar (notasi b) dengan total luas 528,35 ha (46,40% dari total wilayah), yang terdiri dari skor 14 seluas 433,90 ha (38,11%) dan skor 15 seluas 94,45 ha (8,29%). Sementara itu, kelas Sedang (notasi c) mencakup luas 609,89 ha (53,56%) yang tersebar pada skor 10 (46,15 ha), skor 11 (140,35 ha), skor 12 (199,48 ha), dan skor 13 (223,91 ha), sedangkan kelas Kecil (notasi d) hanya mencakup 0,45 ha (0,04%) pada skor 9.

Apabila hasil ini dibandingkan dengan infiltrasi potensial pada tahun 2025, terlihat bahwa tidak terjadi perubahan pada sebaran luas dan persentase setiap kelas infiltrasi potensial. Hal ini disebabkan oleh karakteristik parameter penyusun infiltrasi potensial yang terdiri dari empat parameter, yaitu jenis tanah, kemiringan lereng, curah hujan infiltrasi, dan potensi air tanah. Dari keempat parameter tersebut, tiga di antaranya yaitu jenis tanah, kemiringan lereng, dan potensi air tanah bersifat statis dan tidak mengalami perubahan dalam kurun waktu 10 tahun (2025–2035). Sementara itu, parameter curah hujan infiltrasi memang mengalami perubahan nilai setelah proyeksi curah hujan, namun berdasarkan pedoman Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 10 Tahun 2022, perubahan nilai curah hujan pada periode proyeksi (2026–2035) masih berada dalam rentang kelas yang sama dengan periode baseline, sehingga skor yang diberikan tetap sama (skor 4).

Dengan demikian, meskipun nilai curah hujan aktual pada periode proyeksi menunjukkan peningkatan dibandingkan periode *baseline*, karena klasifikasi skor curah hujan infiltrasi dalam Permen LHK No. 10 Tahun 2022 masih mengelompokkan nilai tersebut ke dalam kelas yang sama, maka hasil akhir infiltrasi potensial antara tahun 2025 dan 2035 tetap identik. Hal ini mengindikasikan bahwa secara potensial, kemampuan alami DAS Onto dalam meresapkan air hujan tidak mengalami perubahan signifikan selama periode 2025–2035.

3.2.4 Proyeksi Identifikasi Infiltrasi Aktual

Tabel 26. Infiltrasi Aktual DAS Onto Tahun 2035

No	Tutupan Lahan	Notasi	LUAS	
			Ha	%
1	Pertanian Lahan Kering Campur	D	641,58	56,34
2	Permukiman	E	282,28	24,79
3	Sawah	E	212,40	18,65
3	Tubuh Air	E	2,43	0,21
Total			**1.138,69**	**100**

Berdasarkan Tabel 26, hasil identifikasi infiltrasi aktual di DAS Onto pada tahun 2035 menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah masih didominasi oleh Pertanian Lahan Kering Campur (PLKC) dengan luas 641,58 ha (56,34%) yang memiliki notasi D dengan tingkat infiltrasi aktual agak kecil. Sementara itu, Permukiman menempati urutan kedua dengan luas 282,28 ha (24,79%) dan Sawah seluas 212,40 ha (18,65%), dimana keduanya memiliki notasi E dengan tingkat infiltrasi aktual kecil berdasarkan klasifikasi dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 10 Tahun 2022. Tubuh Air hanya mencakup 2,43 ha (0,21%) dengan notasi E yang juga termasuk dalam kategori infiltrasi kecil. Apabila dibandingkan dengan kondisi infiltrasi aktual pada tahun 2025 (Tabel sebelumnya), terlihat bahwa terjadi perubahan luasan pada beberapa kategori tutupan lahan. Pertanian Lahan Kering Campur mengalami penurunan luas dari 646,11 ha (2025) menjadi 641,58 ha (2035) atau berkurang sekitar 4,53 ha, yang beralih menjadi Permukiman. Permukiman mengalami peningkatan dari 277,75 ha (2025) menjadi 282,28 ha (2035) atau bertambah 4,53 ha, sementara Sawah dan Tubuh Air tidak mengalami perubahan.

3.2.5 Proyeksi Kondisi Daerah Daerah Resapan Air

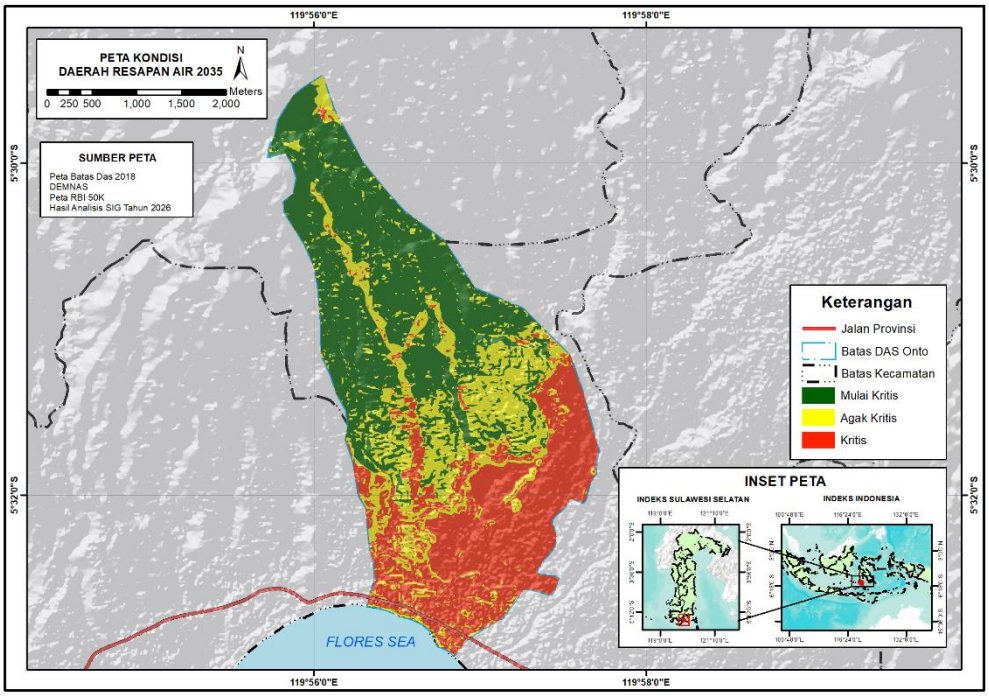
Tabel 27. Luas Sebaran Kondisi Daerah Resapan Air DAS Onto Tahun 2035

No	Deskripsi / Kecamatan	Kondisi Daerah Resapan Air			LUAS	
		Mulai Kritis (Kelas III)	Agak Kritis (Kelas IV)	Kritis (Kelas v)	Ha	%
1	Bantaeng	44,26	36,96	212,22	293,44	25,77
2	Bisappu	54,53	136,65	149,96	341,13	29,96
3	Sinoa	384,73	111,74	7,65	504,12	44,27
Luas	**Ha**	483,51	285,35	369,83	**1.138,69**	
	%	42,46	25,06	32,48		**100**

Berdasarkan Tabel 27, hasil *overlay* antara peta infiltrasi aktual dan infiltrasi potensial pada tahun 2035 menunjukkan bahwa kondisi daerah resapan air di DAS Onto terbagi ke dalam tiga kelas, yaitu Mulai Kritis (Kelas III) seluas 483,51 ha (42,46%), Agak Kritis (Kelas IV) seluas 285,35 ha (25,06%), dan Kritis (Kelas V) seluas 369,83 ha (32,48%). Apabila hasil ini dibandingkan dengan kondisi daerah resapan air tahun 2025 (Tabel 29), terlihat bahwa terjadi perubahan yang cukup kecil pada sebaran luasan setiap kelas. Kelas Mulai Kritis mengalami penurunan dari 487,57 ha (42,82%) menjadi 483,51 ha

(42,46%) atau berkurang sekitar 4,06 ha, sementara kelas Agak Kritis meningkat dari 281,76 ha (24,74%) menjadi 285,35 ha (25,06%) atau bertambah sekitar 3,59 ha, dan kelas Kritis meningkat dari 369,36 ha (32,44%) menjadi 369,83 ha (32,48%) atau bertambah sekitar 0,47 ha. Perubahan yang sangat kecil ini disebabkan oleh perubahan tutupan lahan yang relatif terbatas pada periode 2025–2035, dimana hanya terjadi alih fungsi lahan dari pertanian lahan kering campur menjadi permukiman seluas 4,53 ha. Hal ini juga membuktikan bahwa infiltrasi aktual merupakan faktor yang sangat mempengaruhi kondisi daerah resapan air.

Berdasarkan sebaran per kecamatan, Kecamatan Sinoa masih memiliki luas wilayah resapan air terbesar yaitu 504,12 ha (44,27%) dengan dominasi kelas mulai kritis seluas 384,73 ha, namun hanya memiliki 7,65 ha pada kelas kritis. Hal ini mengindikasikan bahwa degradasi resapan air di kecamatan ini masih berada pada tahap awal dan memiliki peluang pemulihan yang lebih besar. Sebaliknya, Kecamatan Bantaeng dan Bisappu masih menunjukkan kondisi dengan luas kelas kritis yang cukup besar, masing-masing sebesar 212,22 ha dan 149,96 ha, yang mencerminkan tekanan penggunaan lahan dan aktivitas manusia yang lebih intensif di kedua kecamatan tersebut. Kecamatan Bisappu juga masih memiliki proporsi agak kritis tertinggi yaitu 136,65 ha, yang mengindikasikan bahwa wilayah ini berpotensi mengalami penurunan fungsi resapan yang lebih parah apabila tidak dilakukan upaya pengelolaan dan rehabilitasi yang tepat.



Gambar 14. Kondisi Daerah Resapan Air DAS Onto Tahun 2035

BAB IV
PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan :

1. Kondisi daerah resapan air eksisting di DAS Onto tahun 2025 tergolong dalam kondisi yang mengkhawatirkan. Berdasarkan hasil analisis, wilayah penelitian terbagi menjadi tiga kelas kondisi resapan air yaitu Kritis (Kelas V), Agak Kritis (Kelas IV), dan Mulai Kritis (Kelas III). Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar wilayah DAS Onto telah mengalami penurunan fungsi resapan air yang akibat dominasi tutupan lahan berupa pertanian lahan kering campur, permukiman, dan sawah yang memiliki bobot skoring dua kelas terbawah berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 10 Tahun 2022.
2. Proyeksi kondisi daerah resapan air di DAS Onto tahun 2035 menunjukkan bahwa secara umum tidak terjadi perubahan yang signifikan dibandingkan dengan kondisi eksisting tahun 2025. Wilayah penelitian masih terbagi menjadi tiga kelas kondisi resapan air yaitu Kritis (Kelas V) , Agak Kritis (Kelas IV) , dan Mulai Kritis (Kelas III). Kestabilan kondisi ini disebabkan oleh perubahan tutupan lahan yang relatif terbatas pada periode 2025–2035 serta tidak adanya perubahan pada infiltrasi potensial alami. Hal ini juga menunjukkan bahwa infiltrasi aktual yang ditentukan oleh tutupan lahan merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap kondisi daerah resapan air.

DAFTAR PUSTAKA

adityarahman, M. A., Alfadli, M. K., & Listiawan, Y. (2026). *Proyeksi Tutupan Lahan Tahun 2025 Dan 2026 Dengan Pendekatan Random Forest Classifier Di Sub-Das Cibeusi, Kecamatan Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawab Barat*. *8*(4), 2185–2194.

Adudu, M. F., Saleh, T. S., Mooduto, S. R., & Baderan, D. W. K. (2023). *Alih Fungsi Lahan Sebagai Ancaman Kelestarian Hutan Dulamayo Utara, Kecamatan Telaga Biru, Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo*. *18*, 221–232.

Alwaqia, N. (2026). *Analisis Laju Erosi Dan Sosial Ekonomi Di Daerah Aliran Sungai Onto, Kabupaten Bantaeng*. Universitas Hasanuddin.

Arafah, F., Santrum, I. Y., Sunaryo, D. K., & Purwanto, H. (2024). *Analisa Perbandingan Metode Cellular Automata Ann Dan Markov Untuk Prediksi Tutupan Lahan Di Kota Blitar*. *13*(02).

Asrul, Yumna, & Ayu, S. M. (2021). *Laju Infiltrasi Pada Penggunaan Lahan Di Iuphkm Hutan Lindung Tandung Billa Kelurahan Battang*. *3*, 35–44.

Aulia, B., Pd, S., & Pd, M. (2025). *Tanah Dan Mitigasinya Di Dki Jakarta Mata Kuliah : Geografi Kebencanaan Dosen Pengampu : 22045121*.

Ayu Hapsary, M. S., Subiyanto, S., & Firdaus, H. S. (2021). *Analisis Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Artificial Neural Network Dan Regresi Logistik Di Kota Balikpapan*. *April*.

Dafadhilah, S., & Firmansyah, F. (2026). *Dinamika Spasiotemporal Fragmentasi Lahan Dan Pola Ekspansi Perkotaan Di Kabupaten Bogor Pada Tahun 2004-2024*. *21*, 45–59.

Djamaluddin, J. (2023). Analisis Ketersediaan Sumber Daya Air Dalam Pengelolaan Lanskap Di Kota Makassar. *Jurnal Lanskap Dan Lingkungan (Julia)*, *1*(2), 100–107. Https://Doi.Org/10.20956/Julia.V1i2.32293

Farida, G., Kasmawati, K., Syam, R. S., & Syam, H. (2023). *Analisa Laju Infiltrasi Daerah Riparian Pada Sungai Pappa ’*. *8*(1), 9–18.

Gultom, H. M. (2022). *Analisis Proyeksi Curah Hujan Tahunan (2016-2040) Menggunakan Skenario Rcp4.5 Di Provinsi Nusa Tenggara Barat*. *13*(1), 24–30. Https://Doi.Org/10.46824/Megasains.V13i01.83

Guvil, Q., Driptufany, D. M., & Ramadhan, S. (2019). Analisis Potensi Daerah Resapan Air Kota Padang. *Seminar Nasional Geomatika*, *3*, 671. Https://Doi.Org/10.24895/Sng.2018.3-0.1025

Hakim, A. L., & Rochayati, N. (2025). *Analisis Peran Hidrologi Dalam Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. *1*(2), 71–75.

Hidayat, R., & Haryanto, Y. D. (2023). Analisis Proyeksi Curah Hujan Tahunan (2016-2040) Menggunakan Skenario Rcp4.5 Di Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Fisika Unand (Jfu)*, *12*(2), 255–261.

Jalianti, J. M., Daulay, N. S., Rahmayani, S., B., Z., & Pelly, D. A. (2025). *Analisis Faktor-Faktor Pembentuk Tanah Dan Implikasinya Terhadap Persebaran Jenistanah Di Indonesia*. *1*(2), 899–910.

Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Ri. (2022). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 2022 Tentang Penyusunan Rencana Umum Rehabilitasi Hutan Dan Lahan Daerah Aliran Sungai Dan Rencana Tahunan Rehabilitasi Hutan Dan Lahan*. *687*.

Khasanah, M., Rahmatillah, S. A., Haryono, B., Nurhaliza, A. P., Putri, C. A., & Fujilestari, N. A. (2022). Alih Fungsi Lahan Resapan Air Menjadi Pemukiman Di Kawasan Bandung Utara (Studi Kasus Kelurahan Cipageran Dan Kelurahan Citereup). *Jurnal Caraka Prabu*, *6*(2), 164–175. Https://Doi.Org/10.36859/Jcp.V6i2.1158

Kurniawan, H., & Ardi, N. K. (2022). *Analisis Neraca Air Daerah Aliran Sungai (Das) Tiban Lama (Studi Kasus : Waduk Duriangkang Di Kota Batam) Hasil Sensus Penduduk Menurut Neraca Air Di Waduk Duriangkang Dengan Lokasi Studi Analisis Neraca Air Waduk*. *5*(1), 138–150.

Manullang, A. L., Silaban, E. S., Pasaribu, R. C., & Purba, B. (2025). Analisis Dampak Negatif Pertumbuhan Penduduk Di Sumatera Utara Terhadap Lingkungan Dan Upaya Mengatasinya. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *11*(2.A), 276–281.

Mufarrij, M., & Adrianto, D. W. (2026). *Prediksi Tutupan Lahan Pasca Pembangunan Bandara Internasional Yogyakarta*. *02*(02), 69–78.

Mussyahri, A. A. (2026). *Analisis Sedimen Dan Aliran Permukaan Menggunkan Model Swat+ Berbasis Sig Di Das Onto, Kabupaten Bantaeng*. Universitas Hasanuddin.

Negara, I. D. G. J., Agastya, D. M., & Supriyadi, A. (2026). *Lempung Di Kabupaten Lombok Tengah Bagian Selatan [Regression Analysis Of Infiltration Test Results Of Rain-Feeded Rice Fields With Clay Soil In Southern Central Lombok Regency]*. 440–447.

Nst, R. A., Fauzi, M., & Wibisono, G. (2022). *Analisa Daerah Resapan Air Wilayah Sungai Siak*. 533–539.

Nugroho, J. T., Nurmalasari, C., & Nugraha, A. L. (2022). *Identifikasi Zona Potensi Air Tanah Berbasis Sistem Informasi Geografis Dan Analytical Hierarchy Process (Studi Kasus : Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta)*. *05*(01), 9–15.

Prabowo, A., Hartono, & Kaenil, O. (2022). *Analisis Potensi Air Tanah Menggunakan Metode Vertical Electrical Sounding (Ves) Di Kelurahan Hargomulyo Analysis Of Groundwater Potential Using The Vertical Electrical Sounding (Ves) Method In*. *08*(02).

Pratama, M. R., Fahri, S., Andara, A., Jariah, A., Anshary, H., & Subhan, A. (2025). *Analisis Potensi Bencana Banjir Dengan Data Curah Hujan Di Kecamatan Banggae Timur Kabupaten Majene Analysis Of Flood Disaster Potential Using Rainfall Data In East Banggae Subdistrict , Majene Regency*. *11*(02), 153–159.

Putri, R. A., & Sibarani, R. (2023). *Analisis Tutupan Lahan Menggunakan Google Earth Engine Dan Citra Landsat 8 Oli*. 1031–1042.

Rahma, P. N. (2025). *Analisis Geoformologi Dan Struktur Geologi Pulau Sulawesi Literatur Review*. *4*(2), 4317–4327.

Ramadhan, G. D., & Nugroho, H. (2025). *Analisis Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Algoritma Cart Untuk Evaluasi Kesesuaian Lahan Terhadap Rtrw Kabupaten Tangerang*. *9*(2019), 44–57.

Restusari, Isty, Mansyur, Umar, Wicaksono, & Arif. (2024). Analisis Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Dan Keselarasannya Dengan Pola Ruang Rtrw Di Kota Depok. *Journal Of Syntax Literate*, *9*(7), 3567.

Ritung, S., Nugrohi, K., Mulyani, A., & Suryani, E. (2011). *Evaluasi Lahan Untuk Komoditas Pertanian*. Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.

Rizki Ramadhan Husaini, Muhammad Yazid, & Muhammad Al Amin. (2022). Identifikasi Kondisi Daerah Resapan Air Berbasis Sig (Studi Kasus Di Kabupaten Bengkalis). *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sipil*, *1*(2), 58–66. Https://Doi.Org/10.56208/Jtrs.V1.I2-Hal58-66

Rochdian, Y. P., Arif, C., Yanuar, M., & Purwanto, J. (2026). *Perencanaan Penambahan Kolam Retensi Untuk Pencegahan Banjir Di Kawasan Pemerintahan Kabupaten Serang*. *6*(2), 520–533.

Todd, D. K., & Mays, L. W. (2005). *Groundwater Hydrology* (J. Wiley & Sons (Eds.); 3rd Ed.).

Umar, R., Arifin, Y. I., & Marina, S. (2025). *Geomorfologi Daerah Tanjung Keramat Dan Sekitarnya , Kota*. *2*(4), 842–853.

Watanabe, S., Kanae, S., Seto, S., Yeh, P. J., Hirabayashi, Y., & Oki, T. (2012). *Intercomparison Of Bias-Correction Methods For Monthly Temperature And Precipitation Simulated By Multiple Climate Models*. *117*, 1–13. Https://Doi.Org/10.1029/2012jd018192

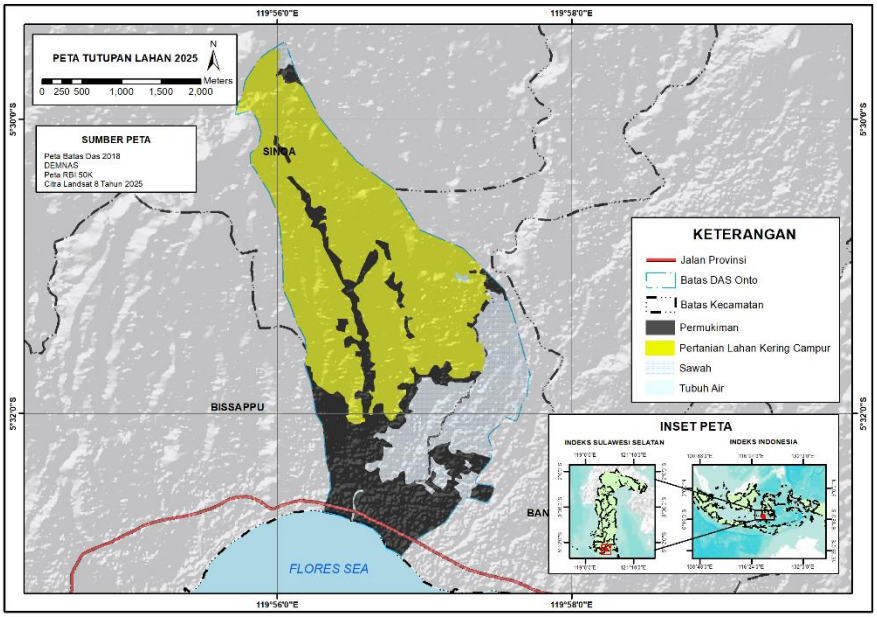
Wiyanti, W., Susila, K., Suyarto, R., & Saifulloh, M. (2022). Analisis Spasial Potensi Resapan Air Untuk Mendukung Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Das) Unda Provinsi Bali (Spatial Analysis Of Water Infiltration Potential To Support The Management Of Unda Watershed At Bali Province). *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, *6*(2), 125–140. Https://Doi.Org/10.20886/Jppdas.2022.6.2.125-140

Yuwono, T., Widodo, S., Mashyhuri, & Indradewa, D. (2023). *Pembangunan Pertanian Berkelanjutan Membangun Kedaulatan Pangan*. Gajah Mada University Press.

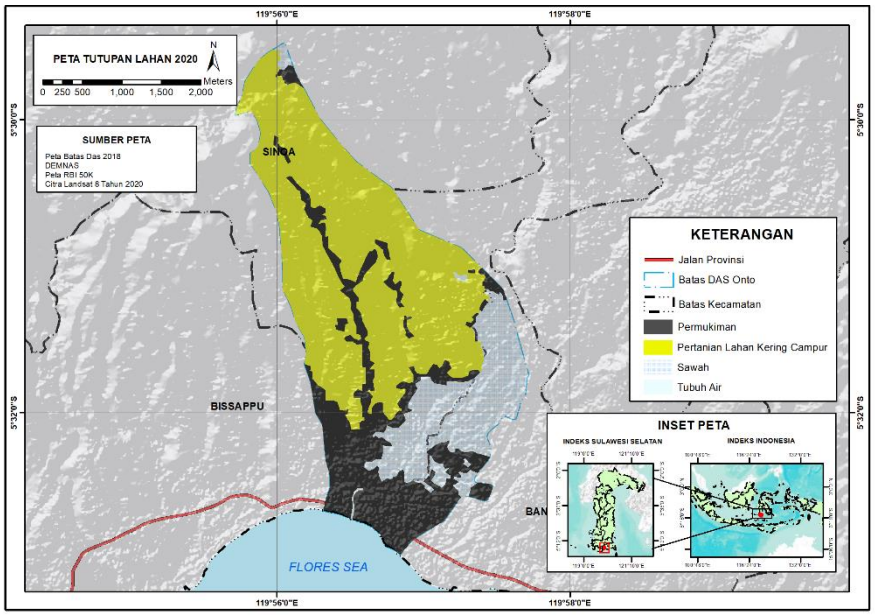
LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta-Peta

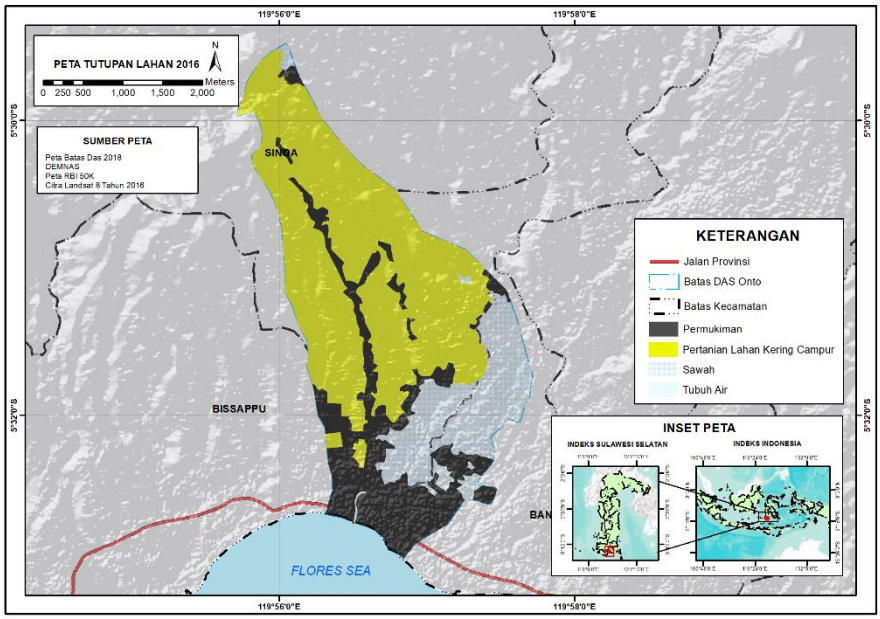
1. Peta Tutupan Lahan 2025



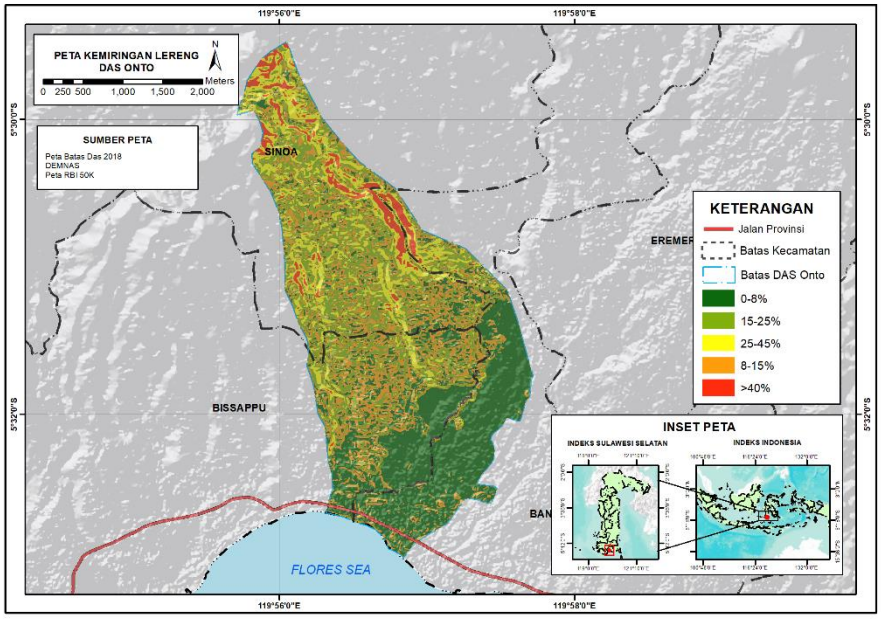
2. Peta Tutupan Lahan 2020



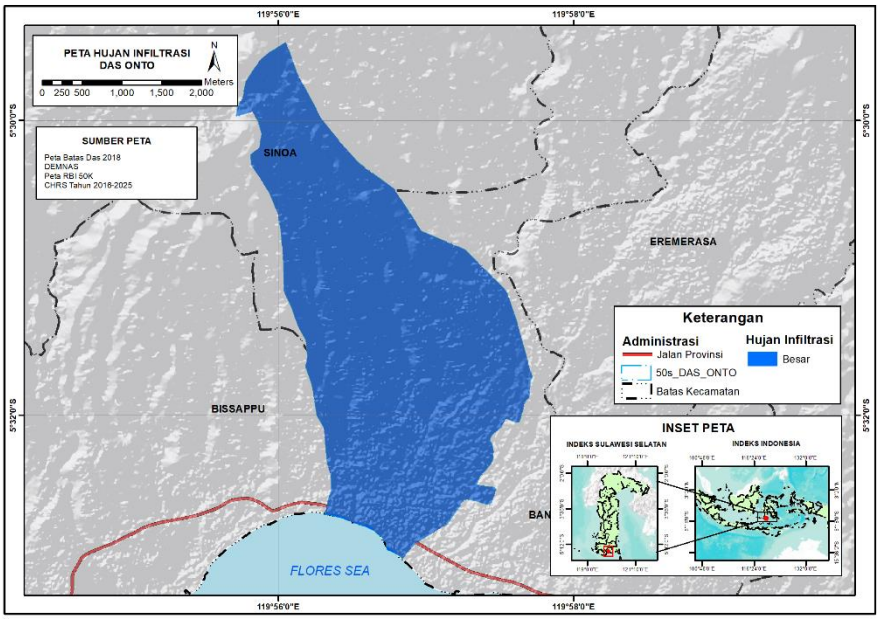
3. Peta Tutupan Lahan 2016



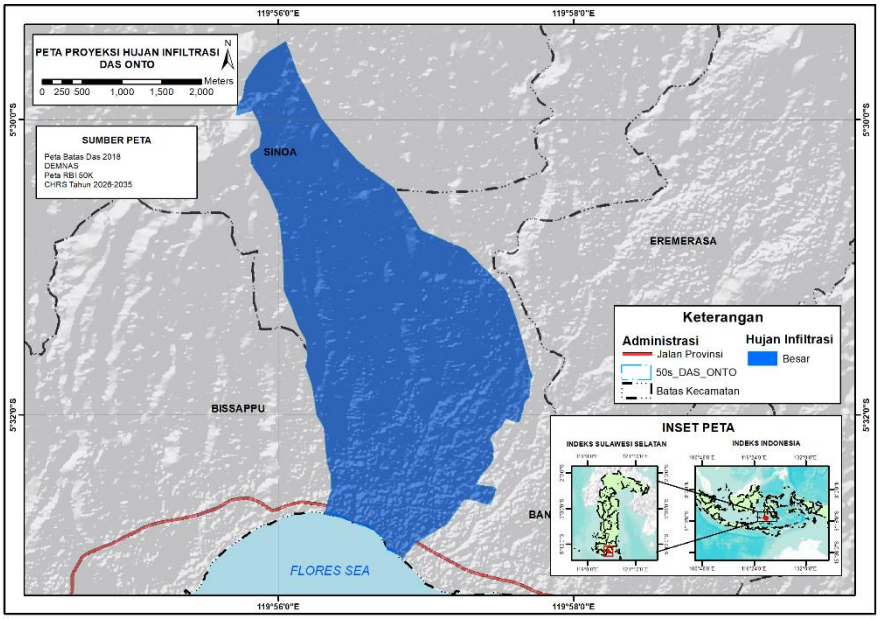
4. Peta Kemiringan Lereng



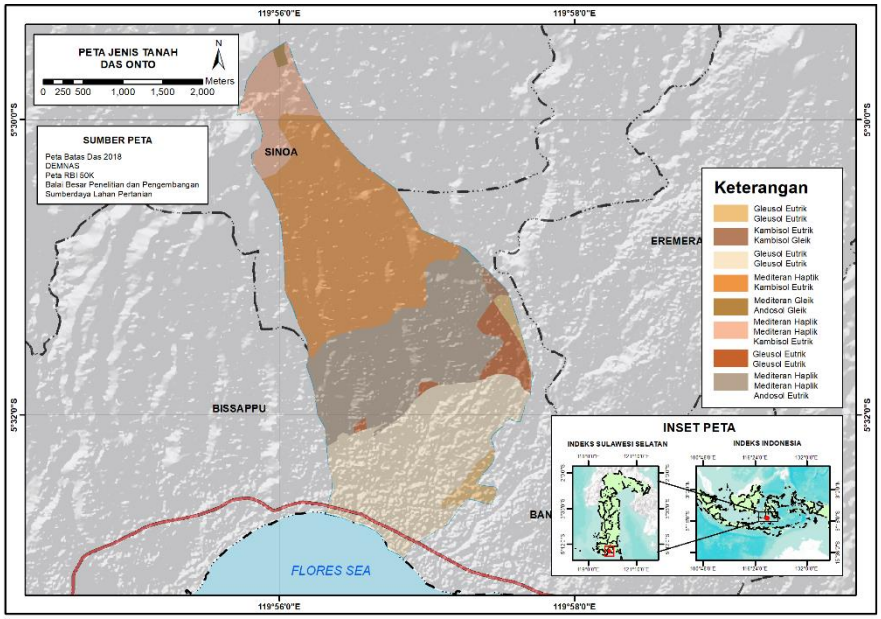
5. Peta Hujan Infiltrasi 2016-2025



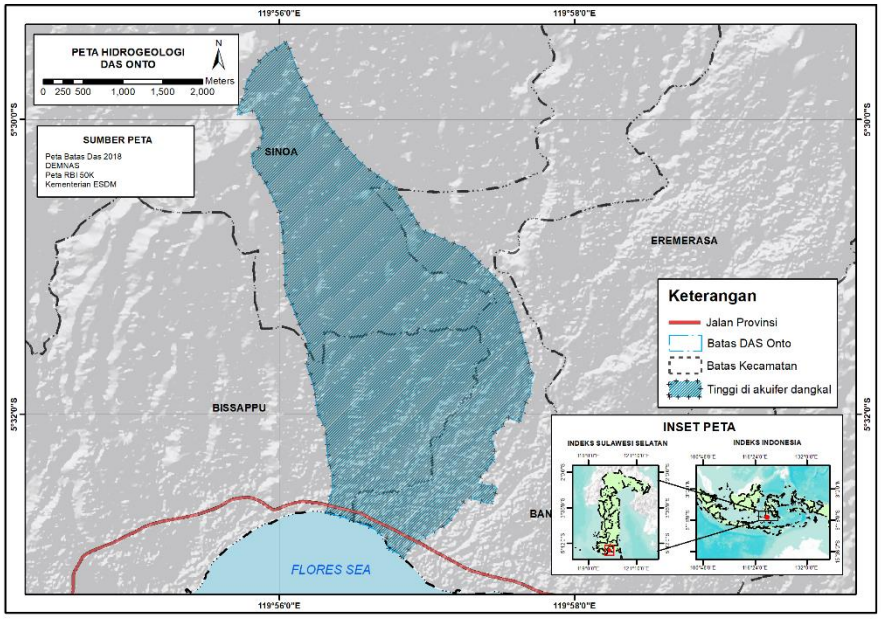
6. Peta Proyeksi Hujan Infiltrasi 2026-2035



7. Peta Jenis Tanah



8. Peta Hidrogeologi



Lampiran 2. Skrip Ekstraksi Data GCM CMIP5 RCP 4.5 via Google Earth Engine untuk Periode 2016–2025 dan 2026–2035

```
var stasiun = ee.FeatureCollection([
  ee.Feature(ee.Geometry.Point([119.89512, -5.40271]), {nama: "Stasiun_1"}),
  ee.Feature(ee.Geometry.Point([120.01506, -5.40271]), {nama: "Stasiun_2"}),
  ee.Feature(ee.Geometry.Point([119.89512, -5.52265]), {nama: "Stasiun_3"}),
  ee.Feature(ee.Geometry.Point([120.01506, -5.52265]), {nama: "Stasiun_4"}),
  ee.Feature(ee.Geometry.Point([119.89512, -5.64259]), {nama: "Stasiun_5"}),
  ee.Feature(ee.Geometry.Point([120.01506, -5.64259]), {nama: "Stasiun_6"})
]);

Map.centerObject(stasiun, 10);
Map.addLayer(stasiun, {color: 'red'}, 'Lokasi Stasiun');

// ============================================================================
// 2. FILTER DATASET CMIP5 (NASA NEX-GDDP) 2016-2025
// ============================================================================
var startYear = 2026;
var endYear   = 2035;

var cmip5 = ee.ImageCollection('NASA/NEX-GDDP')
  .filterDate(startYear + '-01-01', (endYear + 1) + '-01-01')
  .filter(ee.Filter.eq('scenario', 'rcp45')) // Skenario 'rcp45' atau 'rcp85'
  .filter(ee.Filter.eq('model', 'MPI-ESM-LR'))
  .select('pr');

// Konversi kg/m^2/s ke mm/hari
var pr_daily = cmip5.map(function(img) {
  return img.multiply(86400)
    .copyProperties(img, ['system:time_start']);
});

// ============================================================================
// 3. AGREGASI HARIAN MENJADI BULANAN (mm/bulan)
// ============================================================================
var months = ee.List.sequence(1, 12);
var years = ee.List.sequence(startYear, endYear);

var pr_monthly = ee.ImageCollection(
  years.map(function(y) {
    return months.map(function(m) {
      var startDate = ee.Date.fromYMD(y, m, 1);
      var endDate = startDate.advance(1, 'month');
      var monthlySum = pr_daily
        .filterDate(startDate, endDate)
        .sum()
        .set('system:time_start', startDate.millis())
```

```
        .set('year', y)
        .set('month', m);
      return monthlySum;
    });
  }).flatten()
);

// ================================================================================
// 4. EKSTRAKSI TIME SERIES BULANAN
// ================================================================================
var timeSeries = pr_monthly.map(function(img) {
  var dateStr = img.date().format('YYYY-MM');
  return img.reduceRegions({
    collection: stasiun,
    reducer: ee.Reducer.first(),
    scale: 25000
  }).map(function(f) {
    return f.set('Time', dateStr)
      .set('pr_mm_month', f.get('first'));
  });
}).flatten();
// ================================================================================
// 5. EKSPOR KE GOOGLE DRIVE (FORMAT CSV)
// ================================================================================
Export.table.toDrive({
  collection: timeSeries,
  description: 'Data_CMIP5_Bulanan_2026_2035',
  fileFormat: 'CSV',
  selectors: ['nama', 'Time', 'pr_mm_month']
});
// ================================================================================
// 6. VISUALISASI GRAFIK DI CONSOLE
// ================================================================================
print(
  ui.Chart.image.seriesByRegion({
    imageCollection: pr_monthly,
    regions: stasiun,
    reducer: ee.Reducer.first(),
    scale: 25000,
    xProperty: 'system:time_start',
    seriesProperty: 'nama'
  }).setOptions({
    title: 'Curah Hujan Bulanan CMIP5 RCP 4.5 (2026-2035)',
    hAxis: {title: 'Tahun-Bulan'},
    vAxis: {title: 'Curah Hujan (mm/bulan)'},
    lineWidth: 1.5
  })
);
```

Lampiran 3. Skrip Pemrograman Python untuk Perhitungan dan Rekapitulasi Hari Hujan (HH)

```
import calendar
import pandas as pd

# ==============================================================================
# 1. BACA FILE HASIL PROYEKSI DELTA CHANGE
# ==============================================================================
# Menggunakan nama file persis yang ada di folder Jupyter Anda
file_input = 'Hasil_Proyeksi_Delta_Change_2026_2035.xlsx'

# Membaca data raw untuk menyimpan baris Header Lat dan Long
df_raw = pd.read_excel(file_input)

lat_row = df_raw.iloc[0].to_dict()
long_row = df_raw.iloc[1].to_dict()

# Mengambil data curah hujan proyeksi (mulai dari baris data)
df_ch = df_raw.iloc[2:].copy().reset_index(drop=True)
df_ch['Time'] = pd.to_datetime(df_ch['Time'])
df_ch['Bulan'] = df_ch['Time'].dt.month

# Otomatis mengidentifikasi kolom stasiun
stasiun_cols = [c for c in df_ch.columns if 'Stasiun' in c]

# Memastikan tipe data numerik
for st in stasiun_cols:
  df_ch[st] = pd.to_numeric(df_ch[st])

# ==============================================================================
# 2. DEFINISI INTENSITAS HARIAN BASELINE (I_baseline = CH_base / HH_base)
# ==============================================================================
# Nilai rata-rata intensitas harian historis (mm/hari) per bulan
intensitas_baseline = {
    1: 18.0,  # Jan
    2: 17.0,  # Feb
    3: 16.0,  # Mar
    4: 14.0,  # Apr
    5: 12.0,  # Mei
    6: 10.0,  # Jun
    7: 8.0,  # Jul
    8: 7.5,  # Agu
    9: 9.0,  # Sep
    10: 12.0,  # Okt
    11: 15.0,  # Nov
    12: 17.0,  # Des
}
```

```
# ==============================================================================
# 3. FUNGSI HITUNG HARI HUJAN PROYEKSI (HH)
# ==============================================================================
def hitung_hh(row, st):
  bln = row['Bulan']
  tahun = row['Time'].year

  # Mengetahui batas maksimal hari dalam bulan tersebut (28 - 31 hari)
  max_days = calendar.monthrange(tahun, bln)[1]

  i_base = intensitas_baseline.get(bln, 15.0)

  # Estimasi Hari Hujan = CH / Intensitas Baseline
  hh_est = int(round(row[st] / i_base))

  # Pembatasan: tidak kurang dari 0 dan tidak lebih dari max_days
  return min(max_days, max(0, hh_est))

# Terapkan perhitungan ke seluruh stasiun
df_hh = df_ch.copy()
for st in stasiun_cols:
  df_hh[st] = df_ch.apply(lambda r: hitung_hh(r, st), axis=1)

# ==============================================================================
# 4. FORMATTING UNTUK EXPORT LENGKAP DENGAN LAT & LONG
# ==============================================================================
row_lat = {'Time': 'Lat'}
row_long = {'Time': 'Long'}
for st in stasiun_cols:
  row_lat[st] = lat_row.get(st, '')
  row_long[st] = long_row.get(st, '')

header_df = pd.DataFrame([row_lat, row_long])

# Penggabungan header dan data HH
df_export_hh = pd.concat(
    [header_df, df_hh[['Time'] + stasiun_cols]], ignore_index=True
)

# Format kolom tanggal YYYY-MM-DD
df_export_hh.iloc[2:, df_export_hh.columns.get_loc('Time')] = df_hh[
    'Time'
].dt.strftime('%Y-%m-%d')

# ==============================================================================
# 5. SIMPAN HASIL KE EXCEL
# ==============================================================================
file_output = 'Hasil_Jumlah_Hari_Hujan_Proyeksi_2026_2035.xlsx'
```

```
df_export_hh.to_excel(file_output, index=False)

print('=' * 60)
print('  BERHASIL! PERHITUNGAN HARI HUJAN PROYEKSI SELESAI')
print(f'  File baru tersimpan sebagai: {file_output}')
print('=' * 60)

# Menampilkan 10 baris pertama di Jupyter Notebook
df_export_hh.head(10)
```

Lampiran 4. Skrip Pemrograman Python untuk Koreksi Bias Curah Hujan Menggunakan Metode *Delta Change*

```
import numpy as np
import pandas as pd

# Path folder lokasi data di Drive D:
folder = 'D:/02 PROYEKSI/'

# ============================================================================
# 1. BACA DATA CHRS BASELINE OBSERVASI (Proyeksi.xlsx)
# ============================================================================
file_chrs = folder + 'Proyeksi.xlsx'
df_raw = pd.read_excel(file_chrs, sheet_name='Koreksi Bias')

# Simpan header Latitude & Longitude
lat_row = df_raw.iloc[0].to_dict()
long_row = df_raw.iloc[1].to_dict()

# Data observasi CHRS
df_chrs = df_raw.iloc[2:].copy().reset_index(drop=True)

# Otomatis cari kolom tanggal di Excel CHRS
time_col_chrs = [
    c for c in df_chrs.columns if str(c).lower() in ['time', 'date', 'tanggal']
][0]
df_chrs['Time'] = pd.to_datetime(df_chrs[time_col_chrs])

stasiun_cols = [f'Stasiun {i}' for i in range(1, 7)]
for col in stasiun_cols:
  df_chrs[col] = pd.to_numeric(df_chrs[col])

df_chrs['Bulan'] = df_chrs['Time'].dt.month

# ============================================================================
# 2. BACA DATA CMIP5 GEE (2016-2025.csv & 2026-2035.csv)
# ============================================================================
df_cmip_hist = pd.read_csv(folder + '2016-2025.csv')
df_cmip_fut = pd.read_csv(folder + '2026-2035.csv')

# Ambil kolom tanggal GEE (system:time_start) dan ekstraksi bulan (1-12)
gee_time_col = [
    c
    for c in df_cmip_hist.columns
    if 'time' in str(c).lower() or 'date' in str(c).lower()
][0]
df_cmip_hist['Bulan'] = pd.to_datetime(df_cmip_hist[gee_time_col]).dt.month
df_cmip_fut['Bulan'] = pd.to_datetime(df_cmip_fut[gee_time_col]).dt.month
```

```
# Ambil daftar kolom stasiun di GEE (Stasiun_1 ... Stasiun_6)
stasiun_cols_gee = [
    c for c in df_cmip_hist.columns if 'stasiun' in str(c).lower()
]

# Hitung Rata-Rata Klimatologi Bulanan CMIP5 (mu_b dan mu_p)
mu_b = df_cmip_hist.groupby('Bulan')[stasiun_cols_gee].mean()
mu_p = df_cmip_fut.groupby('Bulan')[stasiun_cols_gee].mean()

# Samakan penamaan kolom (Stasiun_1 -> Stasiun 1)
stasiun_map = {col: col.replace('_', ' ') for col in stasiun_cols_gee}
mu_b.rename(columns=stasiun_map, inplace=True)
mu_p.rename(columns=stasiun_map, inplace=True)

# ============================================================================
# 3. HITUNG FAKTOR DELTA (DELTA RATIO = mu_p / mu_b)
# ============================================================================
delta_ratio = mu_p / mu_b
delta_ratio = delta_ratio.clip(
    lower=0.1, upper=3.0
)  # Batas aman variasi rasio

# ============================================================================
# 4. TERAPKAN FORMULA DELTA: x_cor = x_obs * (mu_p / mu_b)
# ============================================================================
df_proj = df_chrs.copy()
df_proj['Time'] = pd.date_range(
    start='2026-01-01', periods=len(df_proj), freq='MS'
)

for col in stasiun_cols:
  if col in delta_ratio.columns:
    df_proj[col] = df_chrs.apply(
        lambda row: round(
            max(0.0, row[col] * delta_ratio.loc[row['Bulan'], col]), 2
        ),
        axis=1,
    )

# ============================================================================
# 5. EKSPOR KE EXCEL (Format Standar Koreksi Bias)
# ============================================================================
row_lat = {'Time': 'Lat'}
row_long = {'Time': 'Long'}
for st in stasiun_cols:
  row_lat[st] = lat_row.get(st, '')
  row_long[st] = long_row.get(st, '')
```

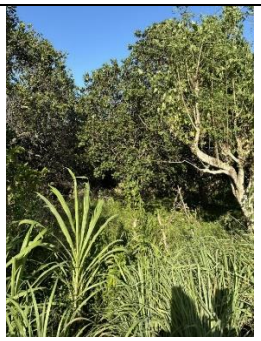
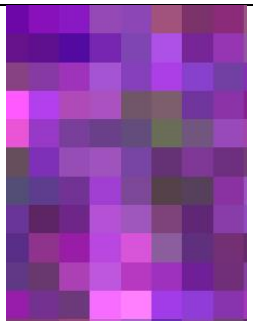
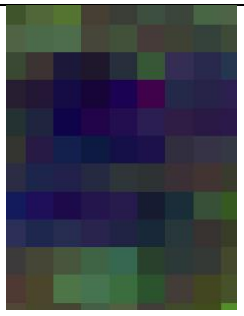
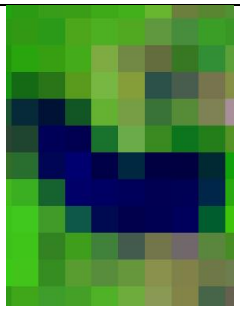
```
df_export_header = pd.DataFrame([row_lat, row_long])
df_export_main = pd.concat(
    [df_export_header, df_proj[['Time'] + stasiun_cols]], ignore_index=True
)

output_file = folder + 'Hasil_Proyeksi_Delta_Change_2026_2035.xlsx'
df_export_main.to_excel(output_file, sheet_name='Proyeksi', index=False)

print('=' * 65)
print('  BERHASIL! PROYEKSI METODE DELTA SELESAI DILAKUKAN')
print(f'  File tersimpan di: {output_file}')
print('=' * 65)
```

```
=================================================================
  BERHASIL! PROYEKSI METODE DELTA SELESAI DILAKUKAN
  File tersimpan di: D:/02 PROYEKSI/Hasil_Proyeksi_Delta_Change_2026_2035.xlsx
=================================================================
```

Lampiran 5. Dokumentasi Penutupan Lahan di DAS Onto dan Kenampakan Pada Citra Landsat 8 Dengan Kombinasi Band 6-5-4

No	Kelas Penutupan Lahan	Kenampakan Pada Citra	Foto Kondisi di Lapangan
1	Pertanian Lahan Kering Campur		
2	Permukiman		
3	Sawah		
4	Tubuh Air		

Lampiran 6. Uji Akurasi dSata di Lapangan

No	Tutupan Lahan	X	Y	Keterangan
1	Permukiman	119.94184904900	-5.54157124800	Sesuai
2	Permukiman	119.95675122000	-5.52125925400	Sesuai
3	Permukiman	119.93897604200	-5.54381664900	Sesuai
4	Permukiman	119.94147940400	-5.52535263300	Sesuai
5	Permukiman	119.93955368700	-5.54077741100	Sesuai
6	Permukiman	119.94054619100	-5.52341872300	Sesuai
7	Permukiman	119.94790615200	-5.52312187600	Sesuai
8	Permukiman	119.94724616800	-5.52069354000	Sesuai
9	Permukiman	119.94616079300	-5.51842408500	Sesuai
10	Permukiman	119.94542506400	-5.51456727900	Sesuai
11	Permukiman	119.95725100900	-5.51828926900	Sesuai
12	Permukiman	119.93439971300	-5.49487783000	Sesuai
13	Permukiman	119.93377385100	-5.50342590900	Sesuai
14	Permukiman	119.93580419900	-5.50816786000	Sesuai
15	Permukiman	119.95295626900	-5.54025494600	Sesuai
16	Permukiman	119.93838017100	-5.51057099500	Sesuai
17	Permukiman	119.93899797100	-5.51387146500	Sesuai
18	Permukiman	119.94124716900	-5.51854257200	Sesuai
19	Permukiman	119.95552717900	-5.51734793700	Sesuai
20	Permukiman	119.94340088600	-5.52804113100	Sesuai
21	Permukiman	119.93835185900	-5.53139425900	Sesuai
22	Permukiman	119.94206032400	-5.53604188400	Sesuai
23	Permukiman	119.95100858300	-5.52897691900	Sesuai
24	Permukiman	119.94473354300	-5.54573271400	Sesuai
25	Permukiman	119.95649435700	-5.53864412800	Sesuai
26	Permukiman	119.95648587000	-5.54233672700	Sesuai
27	Permukiman	119.95276413000	-5.53833695600	Sesuai
28	Permukiman	119.95270473500	-5.54423333100	Sesuai
29	Permukiman	119.95025890700	-5.54300262500	Sesuai
30	Permukiman	119.94157968300	-5.53923741900	Sesuai
31	Permukiman	119.94723425400	-5.54833319500	Sesuai
32	Permukiman	119.94712883600	-5.54120753800	Sesuai
33	Permukiman	119.94834630600	-5.54469859700	Sesuai
34	Permukiman	119.93878412700	-5.53392492600	Sesuai
35	Permukiman	119.94443481200	-5.54075524500	Sesuai
36	Permukiman	119.94555238000	-5.53448238300	Sesuai
37	Permukiman	119.94346370300	-5.53831572200	Sesuai

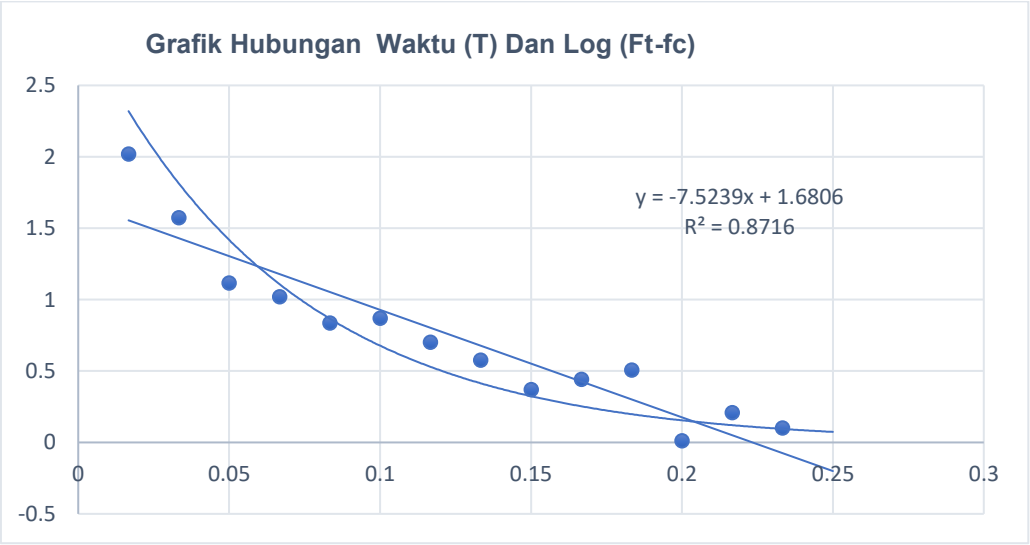
38	Pemukiman	119.94594693900	-5.54327686700	Sesuai
39	Pemukiman	119.94316593100	-5.53368968900	Sesuai
40	Pemukiman	119.94809322700	-5.53165044100	Sesuai
41	Pemukiman	119.95511289700	-5.52339653600	Sesuai
42	Pemukiman	119.93954778700	-5.53824557400	Sesuai
43	Sawah	119.94726227300	-5.53950440500	Sesuai
44	Sawah	119.95071163300	-5.54207509300	Sesuai
45	Sawah	119.94564167100	-5.53591116200	Sesuai
46	Sawah	119.94409621400	-5.53947347500	Sesuai
47	Sawah	119.94595178400	-5.53784905600	Sesuai
48	Sawah	119.94579756500	-5.54067137400	Sesuai
49	Sawah	119.94809095600	-5.53528291600	Sesuai
50	Sawah	119.94899561800	-5.53787554800	Sesuai
51	Sawah	119.94813825200	-5.54096507700	Sesuai
52	Sawah	119.95191734600	-5.54106704000	Sesuai
53	Sawah	119.95470436800	-5.54257303500	Sesuai
54	Sawah	119.95527869900	-5.54043223500	Sesuai
55	Sawah	119.94992082200	-5.53327381500	Sesuai
56	Sawah	119.95660971200	-5.52344343000	Sesuai
57	Sawah	119.95341234000	-5.53128176800	Sesuai
58	Sawah	119.95601628700	-5.53019958000	Sesuai
59	Sawah	119.95480888100	-5.53738057200	Sesuai
60	Sawah	119.95819279700	-5.53441537200	Sesuai
61	Sawah	119.96030826800	-5.53260342800	Sesuai
62	Sawah	119.96093744000	-5.52954474100	Sesuai
63	Sawah	119.96042017400	-5.52650204900	Sesuai
64	Sawah	119.95949593600	-5.52258925800	Sesuai
65	Sawah	119.95872323000	-5.52028911900	Sesuai
66	Sawah	119.95500065100	-5.53912741100	Sesuai
67	Sawah	119.95782366500	-5.52646684200	Sesuai
68	Sawah	119.95083937800	-5.53610041700	Sesuai
69	Sawah	119.93163460600	-5.49875553300	Sesuai
70	Sawah	119.95079585000	-5.53133991700	Sesuai
71	Sawah	119.95694064100	-5.53594727000	Sesuai
72	Sawah	119.95920164500	-5.53095838100	Sesuai
73	Sawah	119.95670830800	-5.53199775100	Sesuai
74	Sawah	119.95921828000	-5.52818015600	Sesuai
75	Sawah	119.95725820500	-5.52828415600	Sesuai
76	Sawah	119.93443743100	-5.49321265300	Tidak sesuai

77	Pertanian Lahan Kering Campur	119.95638807100	-5.51977484400	Sesuai
78	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94871248500	-5.51290644900	Sesuai
79	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93238460000	-5.50028617300	Sesuai
80	Pertanian Lahan Kering Campur	119.95496059200	-5.52798327300	Sesuai
81	Pertanian Lahan Kering Campur	119.95499245200	-5.52463177100	Sesuai
82	Pertanian Lahan Kering Campur	119.95585828700	-5.52189095000	Tidak sesuai
83	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94506606600	-5.52960555100	Sesuai
84	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94458194600	-5.52516458900	Sesuai
85	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94425041500	-5.52283276800	Sesuai
86	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94356841600	-5.52095896800	Sesuai
87	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94374778800	-5.51871095300	Sesuai
88	Pertanian Lahan Kering Campur	119.95028775100	-5.52604208300	Sesuai
89	Pertanian Lahan Kering Campur	119.95010171900	-5.52372866400	Sesuai
90	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94843978100	-5.52046517600	Sesuai
91	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94828466500	-5.51753483700	Sesuai
92	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94749164600	-5.51497174700	Sesuai
93	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94520533400	-5.51245577100	Sesuai
94	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94660469300	-5.51034499200	Sesuai
95	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94503889400	-5.50862845600	Sesuai
96	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94243703900	-5.50556068300	Sesuai
97	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94025649500	-5.50324550100	Sesuai
98	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93543499900	-5.49620645000	Sesuai
99	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93832940600	-5.50082085500	Sesuai
100	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93410263600	-5.50215742300	Sesuai
101	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93561251000	-5.50362999900	Sesuai
102	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93706055900	-5.50646210500	Sesuai
103	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93962285900	-5.50891917000	Sesuai
104	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94022325400	-5.51138438400	Sesuai
105	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94266722600	-5.51575189100	Sesuai
106	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94087642500	-5.52110416700	Sesuai
107	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93901471000	-5.51813762200	Sesuai
108	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93772915100	-5.51543566100	Sesuai
109	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93633161300	-5.51241627700	Sesuai
110	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93531648600	-5.50944844800	Sesuai
111	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93393607400	-5.50674026300	Sesuai
112	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93260717600	-5.50454405700	Sesuai
113	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93173425100	-5.49495156500	Sesuai
114	Pertanian Lahan Kering Campur	119.92983074600	-5.49841846100	Sesuai
115	Pertanian Lahan Kering Campur	119.95427185800	-5.51608204600	Sesuai

116	Pertanian Lahan Kering Campur	119.95169810300	-5.51403061700	Sesuai
117	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93774144100	-5.52907954500	Sesuai
118	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93683169900	-5.52595351600	Sesuai
119	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93619002000	-5.52296915800	Sesuai
120	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93508013200	-5.52017870400	Sesuai
121	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93474465000	-5.51775385300	Sesuai
122	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93458522700	-5.51555062100	Sesuai
123	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93446685900	-5.51258386000	Sesuai
124	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94430085800	-5.53382027500	Sesuai
125	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94166557700	-5.53303720600	Sesuai
126	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94240181800	-5.53045078000	Sesuai
127	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94245002200	-5.52793978800	Sesuai
128	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94305780400	-5.51071774800	Sesuai
129	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94159766700	-5.50852708000	Sesuai
130	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93680840200	-5.49853600900	Sesuai
131	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93383346700	-5.51066854400	Sesuai
132	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93204476800	-5.50683656200	Sesuai
133	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93094153700	-5.50532045000	Sesuai
134	Pertanian Lahan Kering Campur	119.93279400400	-5.49805248800	Sesuai
135	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94450585700	-5.53175658800	Tidak sesuai
136	Pertanian Lahan Kering Campur	119.95270695000	-5.52717580900	Sesuai
137	Pertanian Lahan Kering Campur	119.94669042500	-5.53248258700	Sesuai
138	Tubuh Air	119.95469542000	-5.51802361000	Sesuai
139	Tubuh Air	119.94210231000	-5.54425771500	Sesuai

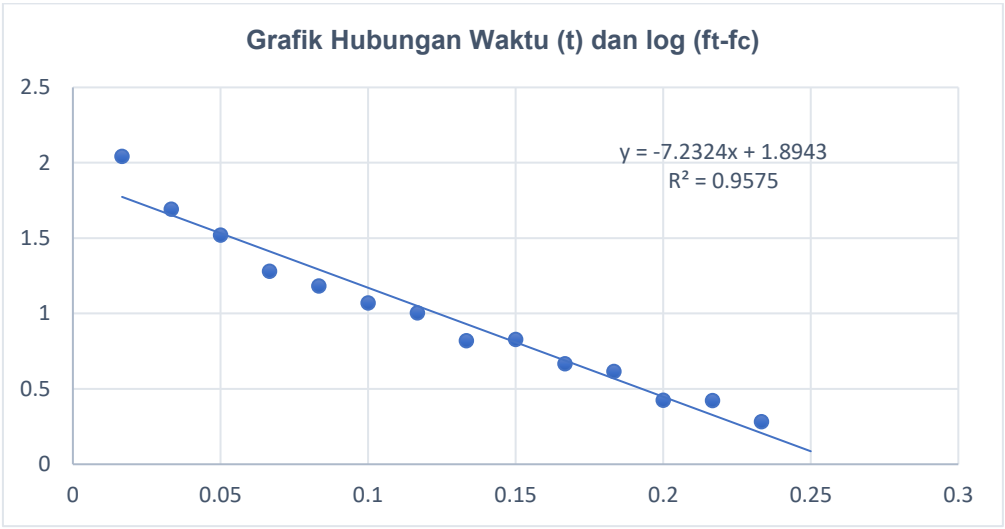
Lampiran 7. Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi pada Jenis Tanah Gleusol Eutrik (L1) dan Gleusol Eutrik (L2)

t (jam)	Ft (cm/jam)	Fc (cm/jam)	Ft-Fc	log (Ft-Fc)
0.02	107.10	2.42	104.68	2.02
0.03	39.90	2.42	37.48	1.57
0.05	15.50	2.42	13.08	1.12
0.07	12.90	2.42	10.48	1.02
0.08	9.30	2.42	6.88	0.84
0.10	9.83	2.42	7.41	0.87
0.12	7.46	2.42	5.04	0.70
0.13	6.19	2.42	3.77	0.58
0.15	4.77	2.42	2.35	0.37
0.17	5.19	2.42	2.77	0.44
0.18	5.65	2.42	3.23	0.51
0.20	3.45	2.42	1.03	0.01
0.22	4.04	2.42	1.62	0.21
0.23	3.69	2.42	1.27	0.10
0.25	2.42	2.42	0.00	



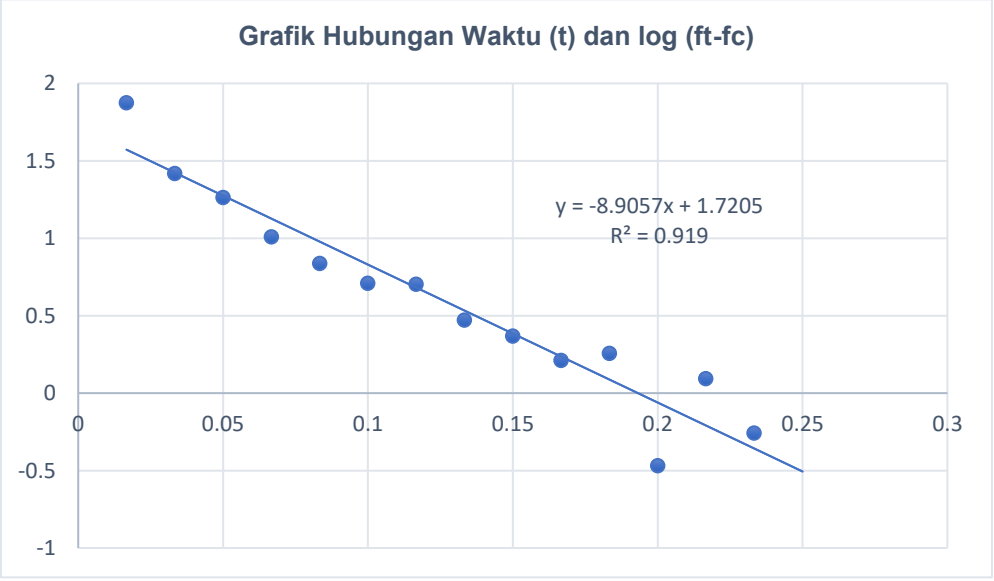
Lampiran 8. . Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi pada Jenis Tanah kambisol Eutrik (L1) dan Kambisol Gleik (L2)

t (jam)	Ft (cm/jam)	Fc (cm/jam)	Ft-Fc	log (Ft-Fc)
0.02	114.00	3.44	110.56	2.04
0.03	52.80	3.44	49.36	1.69
0.05	36.60	3.44	33.16	1.52
0.07	22.50	3.44	19.06	1.28
0.08	18.72	3.44	15.28	1.18
0.10	15.20	3.44	11.76	1.07
0.12	13.54	3.44	10.10	1.00
0.13	10.05	3.44	6.61	0.82
0.15	10.20	3.44	6.76	0.83
0.17	8.10	3.44	4.66	0.67
0.18	7.58	3.44	4.14	0.62
0.20	6.10	3.44	2.66	0.42
0.22	6.09	3.44	2.65	0.42
0.23	5.36	3.44	1.92	0.28
0.25	3.44	3.44	0.00	



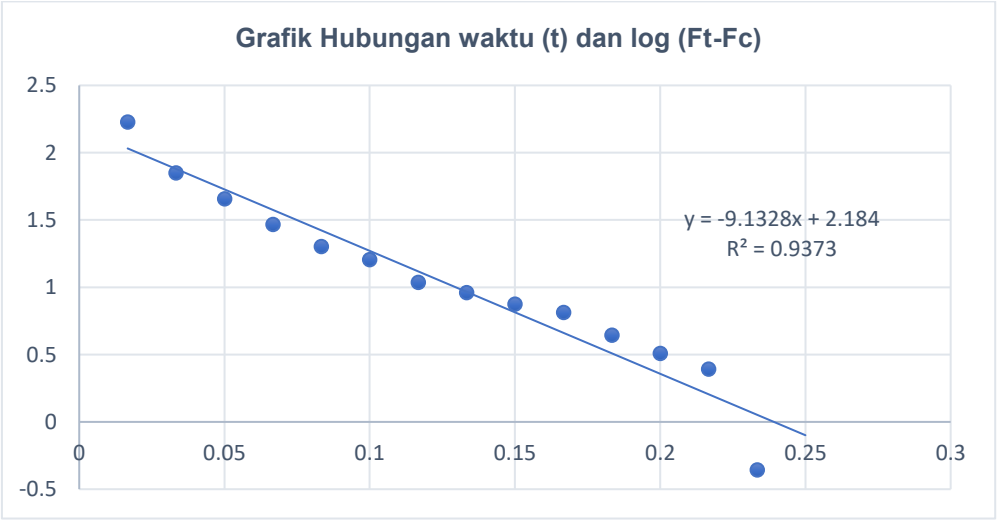
Lampiran 9. Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi pada Jenis Tanah Gleusol Eutrik (L1) dan Gleusol Eutrik (L2)

t (jam)	Ft (cm/jam)	Fc (cm/jam)	Ft-Fc	log (Ft-Fc)
0.02	76.20	1.16	75.04	1.88
0.03	27.45	1.16	26.29	1.42
0.05	19.50	1.16	18.34	1.26
0.07	11.40	1.16	10.24	1.01
0.08	8.04	1.16	6.88	0.84
0.10	6.30	1.16	5.14	0.71
0.12	6.21	1.16	5.05	0.70
0.13	4.13	1.16	2.97	0.47
0.15	3.50	1.16	2.34	0.37
0.17	2.79	1.16	1.63	0.21
0.18	2.97	1.16	1.81	0.26
0.20	1.50	1.16	0.34	-0.47
0.22	2.40	1.16	1.24	0.09
0.23	1.71	1.16	0.55	-0.26
0.25	1.16	1.16	0.00	



Lampiran 10. Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi pada Jenis Tanah Mediteran Haplik (L1) dan Kambisol Eutrik (L2)

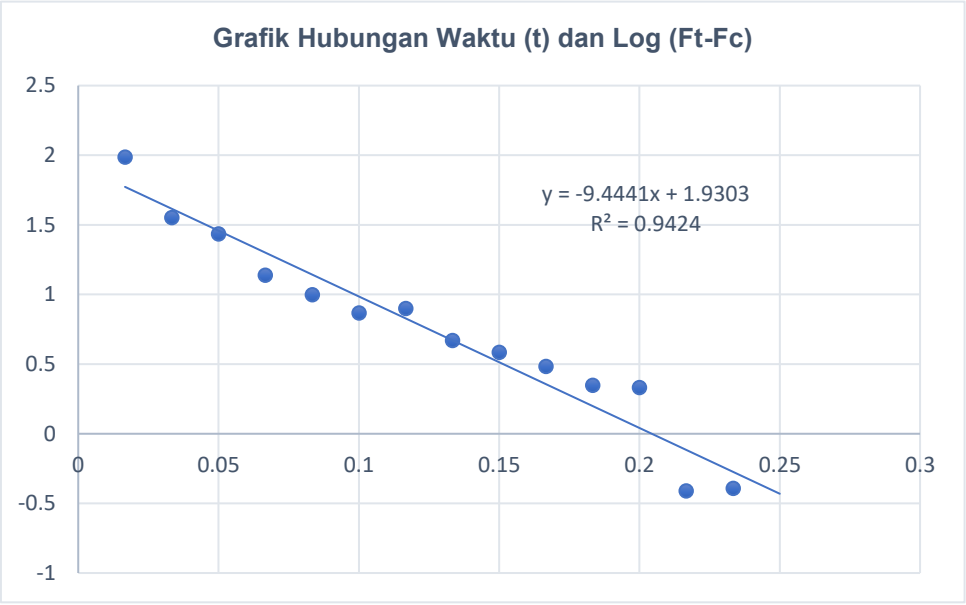
t (jam)	Ft (cm/jam)	Fc (cm/jam)	Ft-Fc	log (Ft-Fc)
0.02	176.40	6.76	169.64	2.23
0.03	77.70	6.76	70.94	1.85
0.05	52.20	6.76	45.44	1.66
0.07	36.15	6.76	29.39	1.47
0.08	26.88	6.76	20.12	1.30
0.10	22.80	6.76	16.04	1.21
0.12	17.66	6.76	10.90	1.04
0.13	15.90	6.76	9.14	0.96
0.15	14.27	6.76	7.51	0.88
0.17	13.26	6.76	6.50	0.81
0.18	11.18	6.76	4.42	0.65
0.20	10.00	6.76	3.24	0.51
0.22	9.23	6.76	2.47	0.39
0.23	7.20	6.76	0.44	-0.36
0.25	6.76	6.76	0.00	



Lampiran 11. Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi pada Jenis Tanah Mediteran Gleik (L1) dan Andosol Gleik (L2)

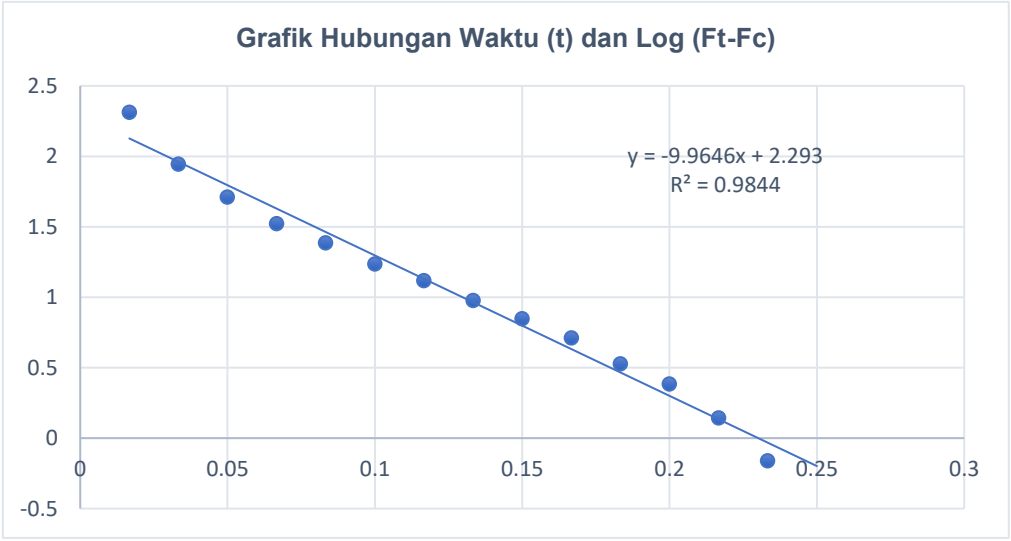
t (jam)	Ft (cm/jam)	Fc (cm/jam)	Ft-Fc	log (Ft-Fc)
0.02	102.00	5.08	96.92	1.99
0.03	40.80	5.08	35.72	1.55
0.05	32.30	5.08	27.22	1.43
0.07	18.83	5.08	13.75	1.14
0.08	15.06	5.08	9.98	1.00
0.10	12.45	5.08	7.37	0.87
0.12	13.03	5.08	7.95	0.90
0.13	9.75	5.08	4.67	0.67
0.15	8.93	5.08	3.85	0.59
0.17	8.13	5.08	3.05	0.48
0.18	7.31	5.08	2.23	0.35
0.20	7.23	5.08	2.15	0.33
0.22	5.47	5.08	0.39	-0.41
0.23	5.49	5.08	0.41	-0.39
0.25	5.08	5.08	0.00	

.



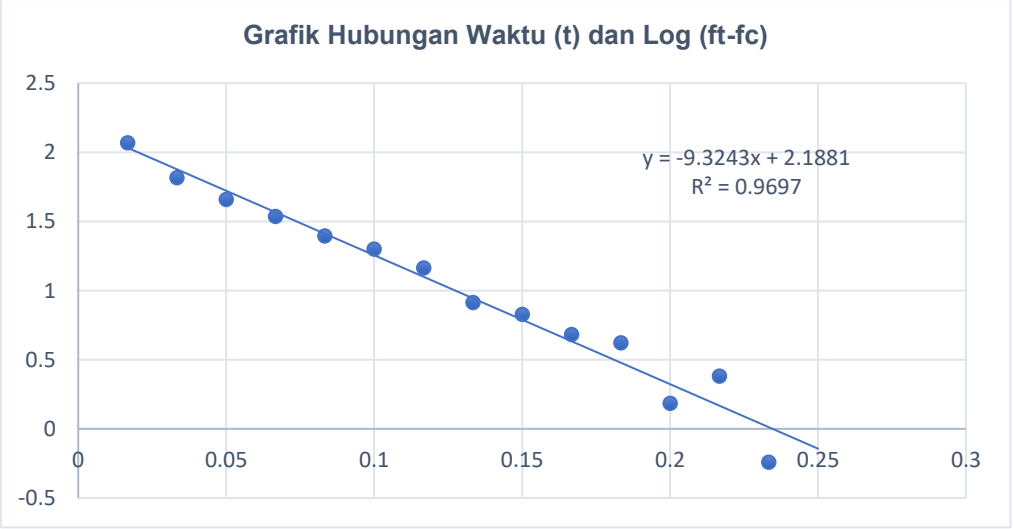
Lampiran 12. Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi pada Jenis Tanah Mediteran Haplik (L1), Mediteran Haplik (L2), dan Kambisol Eutrik (L3)

t (jam)	Ft (cm/jam)	Fc (cm/jam)	Ft-Fc	log (Ft-Fc)
0.02	212.80	6.87	205.93	2.31
0.03	95.10	6.87	88.23	1.95
0.05	58.27	6.87	51.40	1.71
0.07	40.15	6.87	33.28	1.52
0.08	31.16	6.87	24.29	1.39
0.10	24.07	6.87	17.20	1.24
0.12	20.00	6.87	13.13	1.12
0.13	16.35	6.87	9.48	0.98
0.15	13.91	6.87	7.04	0.85
0.17	12.02	6.87	5.15	0.71
0.18	10.24	6.87	3.37	0.53
0.20	9.28	6.87	2.42	0.38
0.22	8.26	6.87	1.39	0.14
0.23	7.56	6.87	0.69	-0.16
0.25	6.87	6.87	0.00	



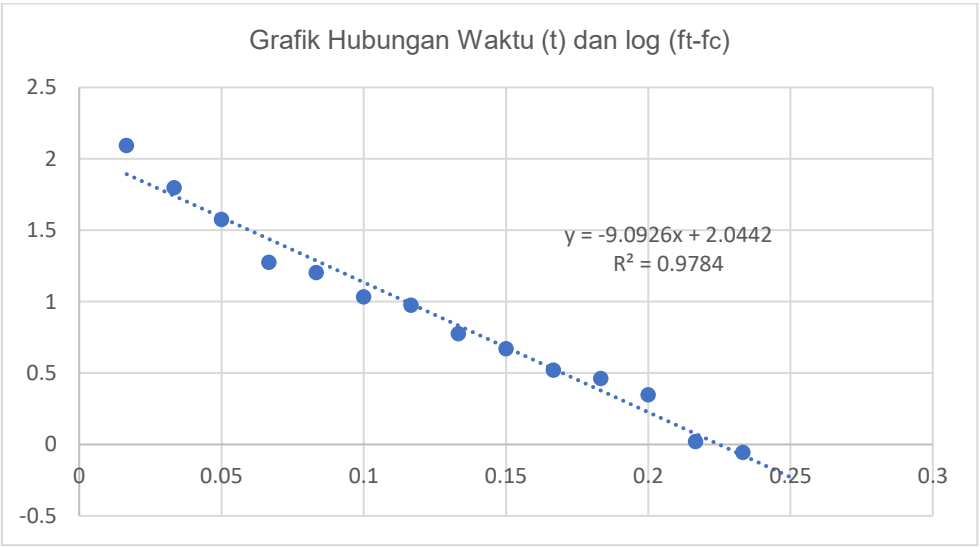
Lampiran 13. Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi pada Jenis Tanah Gleusol Eutrik (L1) dan Gleusol Eutrik (L2)

t (jam)	Ft (cm/jam)	Fc (cm/jam)	Ft-Fc	log (Ft-Fc)
0.02	123.00	5.92	117.08	2.07
0.03	71.55	5.92	65.63	1.82
0.05	51.50	5.92	45.58	1.66
0.07	40.35	5.92	34.43	1.54
0.08	30.78	5.92	24.86	1.40
0.10	25.90	5.92	19.98	1.30
0.12	20.49	5.92	14.57	1.16
0.13	14.14	5.92	8.22	0.91
0.15	12.67	5.92	6.75	0.83
0.17	10.74	5.92	4.82	0.68
0.18	10.12	5.92	4.20	0.62
0.20	7.45	5.92	1.53	0.18
0.22	8.33	5.92	2.41	0.38
0.23	6.49	5.92	0.57	-0.24
0.25	5.92	5.92	0.00	



Lampiran 14. Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi pada Jenis Tanah Mediteran Haplik (L1), Mediteran Haplik (L2), dan Andosol Eutrik (L3)

t (jam)	Ft (cm/jam)	Fc (cm/jam)	Ft-Fc	log (Ft-Fc)
0.02	128.60	4.52	124.08	2.09
0.03	67.40	4.52	62.88	1.80
0.05	42.27	4.52	37.75	1.58
0.07	23.40	4.52	18.88	1.28
0.08	20.52	4.52	16.00	1.20
0.10	15.37	4.52	10.85	1.04
0.12	14.00	4.52	9.48	0.98
0.13	10.50	4.52	5.98	0.78
0.15	9.22	4.52	4.70	0.67
0.17	7.84	4.52	3.32	0.52
0.18	7.42	4.52	2.90	0.46
0.20	6.75	4.52	2.23	0.35
0.22	5.57	4.52	1.05	0.02
0.23	5.40	4.52	0.88	-0.06
0.25	4.52	4.52	0.00	



Lampiran 15. Dokumentasi Kegiatan









Lampiran 16. Rata-rata Curah Hujan Das Onto 2016-2025

STASIUN 1
Lat **: -5.52265**
Long **: 119.89512**

Tahun	Bulan												Total
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	
2016	213	516	335	217	57	162	61	12	84	362	522	525	3066
2017	381	286	388	260	289	251	128	8	26	72	643	148	2880
2018	216	342	396	162	150	104	44	0	0	2	229	245	1890
2019	345	312	241	178	90	77	0	0	0	1	71	183	1498
2020	251	379	350	182	368	99	27	0	43	135	295	313	2442
2021	453	130	350	68	134	119	150	62	79	126	590	328	2589
2022	340	230	229	163	203	584	70	54	201	736	635	268	3713
2023	327	140	342	354	434	75	102	0	0	12	314	174	2274
2024	223	165	378	389	127	151	137	0	23	47	375	455	2470
2025	350	326	276	362	276	342	116	9	55	241	515	233	3101
Rata-rata													**2592.30**

STASIUN 2
Lat **: -5.52265**
Long **: 120.01506**

Tahun	Bulan												Total
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	
2016	206	563	242	197	48	144	43	17	81	335	361	576	2813
2017	389	243	335	176	299	317	130	19	12	52	434	186	2592
2018	118	230	295	181	234	141	50	1	1	2	273	254	1780
2019	285	343	138	117	96	95	9	0	0	0	70	159	1312
2020	274	355	277	195	408	108	14	1	15	90	280	486	2503
2021	460	132	330	43	243	146	173	68	151	109	541	406	2802
2022	441	536	176	158	91	334	142	39	142	530	510	268	3367
2023	206	129	225	255	346	51	117	0	0	10	287	261	1887
2024	263	209	343	543	69	142	143	0	2	40	261	553	2568
2025	271	259	258	365	300	378	97	21	51	183	483	194	2860
Rata-rata													**2448.40**

Lampiran 17. Jumlah Hari Hujan DAS Onto 2016-2025

STASIUN 1
Lat **: -5.52265**
Long **: 119.89512**

Tahun	Bulan												Total
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	
2016	17	23	24	22	7	16	8	3	9	18	23	26	196
2017	22	23	23	18	22	19	13	2	4	12	26	17	201
2018	26	18	23	11	12	12	2	0	0	1	15	18	138
2019	22	19	22	17	5	5	0	0	0	1	9	17	117
2020	21	26	23	20	14	8	4	0	6	10	14	27	173
2021	26	17	27	11	7	10	12	7	11	11	25	21	185
2022	21	22	25	16	16	19	10	7	12	25	26	21	220
2023	22	19	19	19	13	10	8	0	0	1	10	13	134
2024	20	15	27	22	8	9	5	0	4	5	18	29	162
2025	25	24	23	24	21	22	12	5	6	13	29	26	230
Total													**1756**
Rata-rata													**175.60**

STASIUN 2
Lat **: -5.52265**
Long **: 120.01506**

Tahun	Bulan												Total
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	
2016	14	22	16	19	4	16	6	4	8	16	20	24	169
2017	23	18	20	17	17	18	13	3	4	10	21	14	178
2018	25	14	14	10	12	10	2	0	1	1	12	17	118
2019	18	16	19	13	3	5	1	0	0	1	6	17	99
2020	16	22	20	18	14	10	3	0	5	6	15	25	154
2021	23	16	16	8	6	10	14	8	9	8	25	21	164
2022	19	22	16	11	14	18	9	5	12	27	23	20	196
2023	18	17	16	13	12	8	8	1	0	1	9	16	119
2024	17	12	23	23	5	7	3	0	2	4	16	26	138
2025	21	17	20	22	18	22	9	7	7	14	20	19	196
Total													**1531**
Rata-rata													**153.10**

Lampiran 18. Nilai RD / Hujan Infiltrasi

STASIUN 1			
	Lat **: -5.52265**		
	Long **: 119.89512**		
TAHUN	**CURAH HUJAN**	**JUMLAH HARI HUJAN**	**RD (0.01 x CH x HH)**
2016	3066	196	6009.36
2017	2880	201	5788.8
2018	1890	138	2608.2
2019	1498	117	1752.66
2020	2442	173	4224.66
2021	2589	185	4789.65
2022	3713	220	8168.6
2023	2274	134	3047.16
2024	2470	162	4001.4
2025	3101	230	7132.3
TOTAL			**47522.79**
RATA-RATA			**4752.28**

STASIUN 2			
	Lat **: -5.52265**		
	Long **: 120.01506**		
TAHUN	**CURAH HUJAN**	**JUMLAH HARI HUJAN**	**RD (0.01 x CH x HH)**
2016	2813	202	5682.26
2017	2592	200	5184.00
2018	1780	154	2741.20
2019	1312	121	1587.52
2020	2503	191	4780.73
2021	2802	195	5463.90
2022	3367	214	7205.38
2023	1887	142	2679.54
2024	2568	169	4339.92
2025	2860	221	6320.60
TOTAL			**45985.05**
RATA-RATA			**4598.51**

Lampiran 19. Proyeksi Rata-rata Curah Hujan (2026-2035)

STASIUN 1
Lat **: -5.52265**
Long **: 119.89512**

Tahun	Bulan												Total
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	
2026	200	487	331	248	80	165	104	13	76	444	484	520	3151
2027	357	270	383	298	406	256	218	9	24	88	596	147	3050
2028	202	323	391	185	211	106	75	0	0	2	212	243	1951
2029	323	294	238	204	127	78	0	0	0	1	66	181	1513
2030	235	357	346	208	517	101	46	0	39	166	273	310	2599
2031	425	123	346	78	188	121	255	69	72	154	546	325	2702
2032	319	217	226	187	285	595	119	60	182	902	588	265	3946
2033	306	132	338	405	610	76	174	0	0	15	291	172	2520
2034	209	156	374	445	179	154	233	0	21	58	347	451	2625
2035	328	307	273	414	388	348	197	10	50	295	477	231	3319
Rata-rata													**2738**

STASIUN 2
Lat **: -5.52265**
Long **: 120.01506**

Tahun	Bulan												Total
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	
2026	191.35	521.07	237.71	230.75	66.05	141.91	66.97	19.48	73.92	419.01	326.26	571.59	2866.07
2027	361.34	224.9	329.07	206.15	411.42	312.41	202.47	21.78	10.95	65.04	392.24	184.57	2722.34
2028	109.61	212.87	289.78	212.01	321.98	138.96	77.87	1.15	0.91	2.5	246.73	252.05	1866.42
2029	264.74	317.46	135.56	137.05	132.09	93.62	14.02	0	0	0	63.26	157.78	1315.58
2030	254.52	328.56	272.09	228.41	561.4	106.44	21.8	1.15	13.69	112.57	253.06	482.28	2635.97
2031	427.29	122.17	324.16	50.37	334.36	143.89	269.44	77.94	137.8	136.33	488.94	402.89	2915.58
2032	409.65	496.08	172.88	185.07	125.21	329.16	221.16	44.7	129.58	662.91	460.93	265.95	3503.28
2033	191.35	119.39	221.02	298.69	476.09	50.26	182.23	0	0	12.51	259.38	259	2069.92
2034	244.3	193.43	336.93	636.03	94.94	139.94	222.72	0	1.83	50.03	235.89	548.76	2704.8
2035	251.73	239.71	253.43	427.54	412.79	372.53	151.08	24.07	46.54	228.89	436.52	192.51	3037.34
Rata-rata													**2563.73**

Lampiran 20. Proyeksi Jumlah Hari Hujan (2026-2035)

STASIUN 1
Lat **: -5.52265**
Long **: 119.89512**

Tahun	Bulan												Total
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	
2026	11	28	21	18	7	16	13	2	8	31	30	31	216
2027	20	16	24	21	31	26	27	1	3	7	30	9	215
2028	11	19	24	13	18	11	9	0	0	0	14	14	133
2029	18	17	15	15	11	8	0	0	0	0	4	11	99
2030	13	21	22	15	31	10	6	0	4	14	18	18	172
2031	24	7	22	6	16	12	31	9	8	13	30	19	197
2032	18	13	14	13	24	30	15	8	20	31	30	16	232
2033	17	8	21	29	31	8	22	0	0	1	19	10	166
2034	12	9	23	30	15	15	29	0	2	5	23	27	190
2035	18	18	17	30	31	30	25	1	6	25	30	14	245
Total													**1865**
Rata-rata													**186.50**

STASIUN 2
Lat **: -5.52265**
Long **: 120.01506**

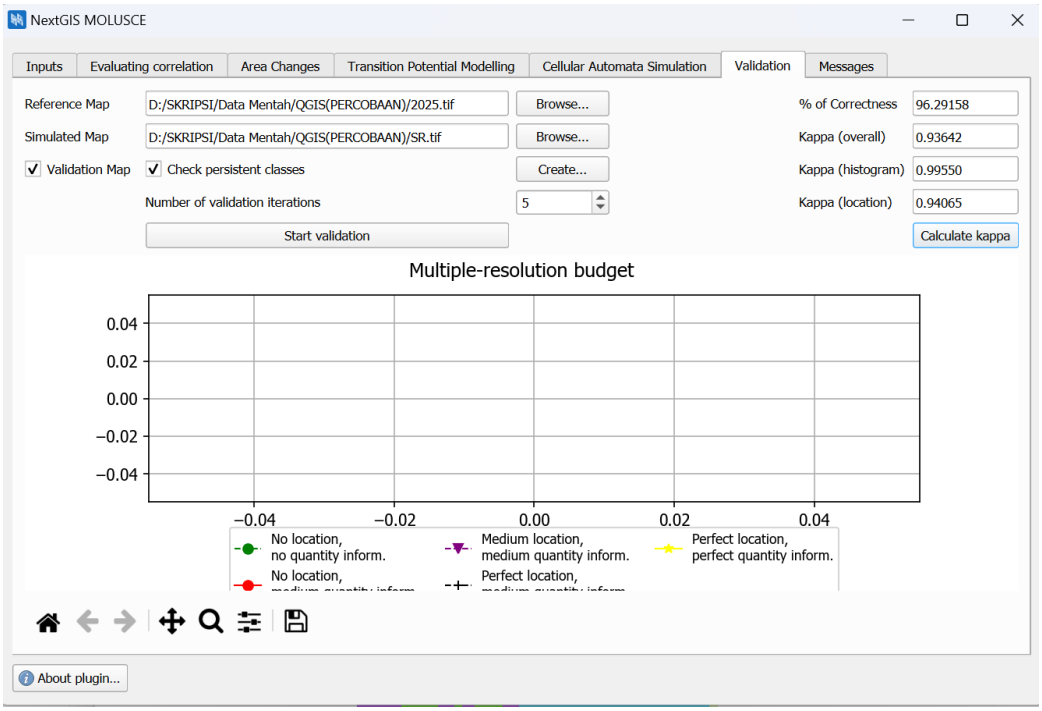
Tahun	Bulan												Total
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	
2026	11	28	15	16	6	14	8	3	8	31	22	31	193
2027	20	13	21	15	31	30	25	3	1	5	26	11	201
2028	6	13	18	15	27	14	10	0	0	0	16	15	134
2029	15	19	8	10	11	9	2	0	0	0	4	9	87
2030	14	19	17	16	31	11	3	0	2	9	17	28	167
2031	24	7	20	4	28	14	31	10	15	11	30	24	218
2032	23	29	11	13	10	30	28	6	14	31	30	16	241
2033	11	7	14	21	31	5	23	0	0	1	17	15	145
2034	14	11	21	30	8	14	28	0	0	4	16	31	177
2035	14	14	16	30	31	30	19	3	5	19	29	11	221
Total													**1784**
Rata-rata													**178.40**

Lampiran 21. Proyeksi Nilai RD / Hujan Infiltrasi

STASIUN 1			
	Lat **: -5.52265**		
	Long **: 119.89512**		
TAHUN	**CURAH HUJAN**	**JUMLAH HARI HUJAN**	**RD (0.01 x CH x HH)**
2026	3151.44	216	6807.11
2027	3050.39	215	6558.34
2028	1950.59	133	2594.28
2029	1512.64	99	1497.51
2030	2598.73	172	4469.82
2031	2702.2	197	5323.33
2032	3945.92	232	9154.53
2033	2519.65	166	4182.62
2034	2625.35	190	4988.17
2035	3319.34	245	8132.38
TOTAL			**53708.10**
RATA-RATA			**5370.81**

STASIUN 2			
	Lat **: -5.52265**		
	Long **: 120.01506**		
TAHUN	**CURAH HUJAN**	**JUMLAH HARI HUJAN**	**RD (0.01 x CH x HH)**
2026	2866.07	193	5531.52
2027	2722.34	201	5471.90
2028	1866.42	134	2501.00
2029	1315.58	87	1144.55
2030	2635.97	167	4402.07
2031	2915.58	218	6355.96
2032	3503.28	241	8442.90
2033	2069.92	145	3001.38
2034	2704.8	177	4787.50
2035	3037.34	221	6712.52
TOTAL			**48351.32**
RATA-RATA			**4835.13**

Lampiran 22. Uji Akurasi Kappa di QGIS



Lampiran 23. Uji Akurasi Tutupan Lahan

Tutupan Lahan	PLKC	PM	SW	A	**Total**	**User Accuracy (%)**	**Hasil Kali Silang**
PLKC	59	0	2	0	61	96,72	3660
PM	0	42	0	0	42	100	1764
SW	1	0	34	0	35	97,14	1260
A	0	0	0	1	1	100	1
Total	60	42	36	1	139		6685
Producer Accuracy (%)	98,33	100	94,44	100		136	
Overall Accuracy (%)	**97,84**						
Kappa Accuracy (%)	**96.70**						

	TITIK YANG BENAR