

Analisis Korelasi Curah Hujan dan Lahan Terbangun Terhadap Luasan Genangan Banjir di Kabupaten Demak

Mikael Arvito Kurnia Adi ¹, Agusta Praba Ristadi Pinem ², Nurtriana Hidayati³

^{1,2,3}Sistem Informasi, Universitas Semarang, Indonesia

¹michaelarvito@gmail.com, ²agusta@usm.ac.id, ³anna@usm.ac.id

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Received 2026-02-22

Revised 2026-04-27

Accepted 2026-05-14

Corresponding Author:

Mikael Arvito Kurnia Adi

Email: michaelarvito@gmail.com



This is an open access article under the [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

Abstract – Demak Regency is a low-lying coastal area that faces two types of pressures due to natural phenomena and massive human activities. The purpose of this study is to examine changes in built-up land and measure the level of spatial relationship between rainfall and built-up land area with flood inundation area in Demak Regency during the period 2020 to 2024. The method used in this study is spatial quantitative based on cloud computing using the Google Earth Engine platform that utilizes CHIRPS data for rainfall, Dynamic World for built-up land, and Sentinel-1 for flood inundation area. The findings of this study indicate that the annual rainfall trend has a low level of correlation with a coefficient of determination ranging from 1% to 7% while changes in built-up land show a high level of correlation with a Pearson correlation value between -0.52 to -0.58 which indicate that the reduction of non-built-up land due to land conversion is directly proportional to the expansion of inundation which contributes to the variation of flood inundation by around 34%. The increase in flood inundation area reaching $\pm 6,970$ Ha in 2024 amid normal rainfall confirms that the decline in environmental capacity occurs due to excessive land conversion. This study concludes that managing the risk of increased flooding in Demak Regency requires strict integration of spatial planning policies, not just relying on a meteorology-based early warning system.

Keywords: Built-up Land; Flood Inundation; Google Earth Engine; Rainfall; Spatial Correlation Analysis

Abstrak – Kabupaten Demak adalah daerah pesisir dengan dataran rendah yang menghadapi dua jenis tekanan akibat dari fenomena alami dan aktivitas manusia yang masif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meneliti perubahan dalam lahan terbangun dan mengukur tingkat hubungan spasial antara curah hujan dan luas lahan terbangun dengan luasan genangan banjir di Kabupaten Demak selama periode 2020 sampai 2024. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif spasial yang berdasarkan pada komputasi awan menggunakan platform Google Earth Engine yang memanfaatkan data CHIRPS untuk curah hujan, Dynamic World untuk lahan terbangun, dan Sentinel-1 untuk luasan genangan banjir. Temuan dari penelitian ini menunjukkan bahwa tren curah hujan tahunan memiliki tingkat korelasi yang rendah terhadap luasan genangan banjir dengan nilai koefisien determinasi yang berkisar antara 1% hingga 7% sedangkan perubahan lahan terbangun menunjukkan tingkat korelasi yang tinggi dengan nilai korelasi pearson antara -0,52 hingga -0,58 yang menunjukkan bahwa berkurangnya lahan non-terbangun akibat alih fungsi lahan berbanding lurus dengan perluasan genangan yang memberikan kontribusi terhadap variasi genangan banjir sekitar 34%. Peningkatan luasan genangan banjir mencapai ± 6.970 Ha pada tahun 2024 di tengah curah hujan yang normal menegaskan bahwa penurunan kapasitas lingkungan terjadi akibat konversi lahan yang berlebihan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pengelolaan risiko peningkatan genangan banjir di Kabupaten Demak perlu integrasi kebijakan tata ruang yang ketat, bukan hanya bergantung pada sistem peringatan dini berbasis meteorologi.

Kata Kunci: Analisis Korelasi Spasial, Curah Hujan, Genangan Banjir, Google Earth Engine, Lahan Terbangun

I. PENDAHULUAN

Secara letak, area Kabupaten Demak terbagi jadi 2 macam, yaitu area datar rendah juga datar tinggi serta punya tipe dan ukuran bidang tanah yang beda dengan kemiringan tebing 0-40%[1]. Kabupaten Demak adalah satu wilayah yang ada di jalur pantura, hingga area ini punya peluang besar dalam kemajuan baik dari sisi fisik atau aspek yang lain. Pergantian fisik di Kabupaten Demak membuat banyak akibat seperti memakai tanah untuk area rumah, jual beli, serta pabrik. Ini membuat adanya tanah yang makin sedikit dan memicu ada peralihan pada fungsi tanah[2]. BPBD Kabupaten Demak menyebutkan bahwa jumlah masyarakat yang padat serta pembangunan yang makin dekat dengan laut juga curah hujan yang tinggi jadi beberapa sebab ada meningkatkan genangan air. Karena itu, ada peluang besar apabila Kabupaten Demak sering alami banjir tiap tahunnya[3]. Keadaan ini diperparah oleh kejadian turunnya bidang tanah yang terjadi di area pantai Jawa, yang dapat sampai antara 1 sampai 15 cm tiap tahunnya[4].

Satu studi menyimpulkan bahwa hambatan utama dalam implementasi Sistem Informasi Geografis (GIS) di tingkat nasional adalah keterbatasan ketersediaan data spasial yang terkini dan akurat. Di berbagai wilayah Indonesia, data spasial yang memenuhi standar penelitian untuk mengevaluasi risiko bencana masih belum tersedia secara memadai[5]. Teknologi penginderaan jarak jauh telah menjadi alat kunci untuk pemantauan tutupan lahan, berkat kemampuannya untuk mencakup area luas, mengumpulkan data dalam periode waktu tertentu, dan efisiensi biaya[6],[7]. *Google Earth Engine (GEE)* adalah platform berbasis cloud gratis yang memudahkan akses, pemrosesan, dan analisis data penginderaan jauh secara efisien dan efektif. Penggunaan *GEE* memudahkan penelitian klasifikasi penggunaan lahan[7]. Teknologi ini menekankan efisiensi dalam mengakses dan memproses data spasial berskala besar. *Google Earth Engine*, atau *GEE* adalah layanan yang digunakan untuk memproses dan menganalisis data spasial dengan memanfaatkan penyimpanan dan dukungan layanan *cloud Google*[8]. Sistem Informasi Geografis (GIS) yang terintegrasi dengan teknologi cloud seperti *Google Earth Engine (GEE)* telah menjadi sarana pengelolaan data geospasial yang dapat mengatasi kelemahan metode pemrosesan manual melalui aplikasi, dalam hal ukuran, penyimpanan, dan aksesibilitas data[9].

Banjir adalah fenomena atau bencana alam yang terjadi di negara Indonesia, termasuk di daerah pesisir pantura yang menjadi isu rumit bagi pemerintah yang belum sepenuhnya dapat diatasi dengan baik[10]. Banjir juga merupakan situasi dimana permukaan tanah tenggelam dalam air sebagai akibat dari meluapnya sungai atau kegagalan sistem drainase untuk menampung air[11]. Luas area yang terendam menjadi indikator paling penting untuk memahami tingkat keparahan bencana banjir di suatu lokasi. Wilayah yang terendam ini menunjukkan seberapa jauh air mengalir di luar batas tanah yang seharusnya kering, yang dapat disebabkan oleh gabungan hujan deras, rob, dan peralihan fungsi lahan terbuka menjadi lahan terbangun.

Salah satu faktor penting yang keberadaannya sangat berpengaruh dalam mengatur siklus air yaitu curah hujan[12]. Curah hujan adalah jumlah air yang turun ke tanah yang datar dalam periode waktu tertentu, yang kemudian diukur menggunakan satuan milimeter (mm) di atas permukaan datar. Curah hujan juga bisa memiliki makna lain sebagai tingginya air hujan yang turun ke permukaan tanah yang tidak menguap, tidak mengalir dan tidak meresap[13]. Curah hujan di Indonesia ini memiliki beraneka macam variasi. Ini dapat mempengaruhi cuaca dan iklim dan dapat memberikan dampak yang serius pada kehidupan masyarakat Indonesia[14]. Salah satu yang menjadi alasan terjadinya peningkatan genangan banjir yaitu, persebaran curah hujan yang tinggi dan tidak merata. Analisis yang tepat pada sebaran curah hujan sangat dibutuhkan karena dapat mendukung usaha dalam meminimalisir dampak dari meningkatnya genangan banjir[15].

Ada juga penyebab meningkatnya luasan genangan banjir yang lain, antara lain perubahan alih fungsi lahan yang tadinya merupakan lahan kosong menjadi lahan terbangun untuk pembangunan perumahan, industri pabrik, dan fasilitas umum masyarakat. Beragam pembangunan yang telah dilakukan, yaitu pembangunan perumahan, jasa atau tempat usaha, industri pabrik, dan masih banyak lagi. Perubahan lahan bisa terjadi karena interaksi yang aktif antara kegiatan manusia dan sumber daya lahan yang tersedia di berbagai tempat[16]. Perubahan dalam alih fungsi lahan terbuka menjadi lahan terbangun memiliki dampak yang sangat serius terhadap hasil pangan, lingkungan sekitar, dan kesejahteraan masyarakat[17]. Dampak dari perubahan alih fungsi lahan, tidak hanya dapat dirasakan dari segi fisiknya saja, tetapi juga mempunyai pengaruh yang besar terhadap kualitas lingkungan dan sumber daya alam (SDA). Turunnya kualitas lingkungan, rusaknya ekosistem, dan berkurangnya ketersediaan sumber daya alam juga merupakan akibat dari alih fungsi lahan yang tidak teratur dan sembarangan. Untuk mengatasi penggunaan lahan yang tidak tepat, maka diperlukan penataan penggunaan lahan yang sesuai agar dapat mencegah kerusakan pada lingkungan dan peningkatan luasan genangan air yang kemudian dapat menyebabkan banjir yang bisa membahayakan kehidupan masyarakat[18].

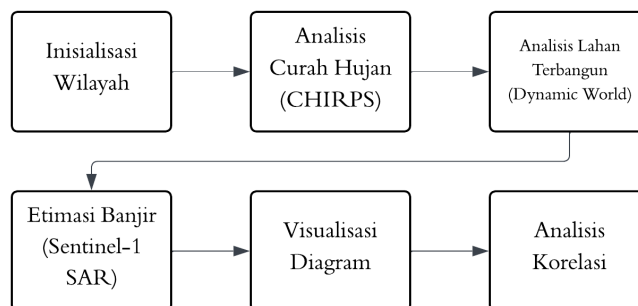
Dari beberapa penelitian terdahulu telah memberikan pondasi penting dalam memahami dinamika bencana di wilayah pesisir[19]. Penelitian pertama telah memetakan kerawanan banjir di Kabupaten Demak dengan fokus pada distribusi desa yang terpengaruh dan fenomena penurunan tanah. Karakteristik kerentanan pesisir terhadap peningkatan permukaan air laut telah diteliti di daerah lain seperti pada daerah Bantul[20], serta analisis penyebab banjir secara umum di tingkat nasional[21] dan regional pesisir Jawa Tengah[22]. Namun, penelitian-penelitian tersebut masih bersifat statis atau terfokus pada elemen geomorfologi dan administratif.

Sampai saat ini belum terdapat penelitian yang secara khusus menggabungkan data curah hujan ekstrem dan dinamika perluasan lahan terbangun secara real-time untuk menganalisis korelasi antara piksel terkait dengan luasan genangan banjir. Inilah letak kebaruan dari penelitian ini. Penelitian ini menjawab kebutuhan tersebut dengan menggabungkan dataset multitemporal dari *CHIRPS*, *Dynamic World*, dan *Sentinel-1* menggunakan platform *Google Earth Engine*. Kebaruan ini memfasilitasi analisis yang lebih akurat mengenai seberapa besar kontribusi alih fungsi lahan di Demak selama periode 2020-2024 terhadap variasi genangan banjir dibandingkan dengan faktor meteorologis murni, sehingga menciptakan dasar evaluasi kebijakan tata ruang yang lebih terukur.

II. METODE

A. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif spasial dengan penginderaan jarak jauh berbasis komputasi awan (*cloud computing*) melalui platform *Google Earth Engine (GEE)*. Pemilihan Kabupaten Demak sebagai lokasi penelitian didasarkan pada karakter geografisnya sebagai pesisir dataran rendah dengan elevasi yang ekstrem, yaitu dimana sebagian dari permukaan tanah lebih rendah dari permukaan laut. Selain itu, masifnya peralihan lahan terbuka menjadi lahan industri dan lahan pemukiman dalam periode 2020-2024 memerlukan evaluasi spasial untuk memahami sejauh mana perubahan peralihan lahan terbuka yang dapat memperparah risiko bencana banjir di wilayah pesisir utara Jawa. Selain itu, dalam 5 tahun terakhir, Indonesia mengalami fluktuasi iklim yang cukup drastis, mulai dari fenomena *La Niña* yang berkepanjangan (2020-2022) yang memicu curah hujan tinggi, hingga kembalinya *El Niño* pada 2023. Berikut adalah beberapa tahapan yang dilakukan pada penelitian ini:



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

Alur penelitian ini dibuat dengan pendekatan yang terstruktur seperti pada gambar 1 yang diawali dengan penentuan lokasi penelitian yaitu di Kabupaten Demak, setelah itu dilanjutkan dengan pengolahan data curah hujan yang menggunakan kumpulan data *CHIRPS* untuk memahami karakteristik dari presipitasi di daerah tersebut. Tahap yang berikutnya mencakup pemantauan perubahan penggunaan lahan yang dibangun dengan memanfaatkan dataset dari *Dynamic World*, yang kemudian dipadukan dengan estimasi luasan genangan banjir melalui citra radar satelit *Sentinel-1* untuk memperoleh gambaran yang tepat mengenai luas area genangan. Lalu semua informasi tersebut ditampilkan atau divisualisasikan dalam bentuk diagram dan peta. Langkah terakhir, yaitu melakukan analisis korelasi antara curah hujan dengan luasan genangan banjir dan lahan terbangun dengan luasan genangan banjir.

B. Inisialisasi Wilayah

Inisialisasi dilakukan dengan mengambil batas administrasi Kabupaten Demak. Agar efisiensi komputasi terjamin, proses pengambilan data dilakukan secara otomatis dengan memanfaatkan fungsi pemetaan (*mapping*) terhadap deret waktu (*time-series*) tahunan dari 2020 sampai 2024. Hal ini memungkinkan konsistensi baik secara spasial maupun temporal dalam setiap variabel yang diuji.

C. Analisis Curah Hujan (CHIRPS)

Estimasi curah hujan diperoleh dari dataset *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data* atau *CHIRPS*. Dataset ini dipilih karena kelebihanannya dalam mengintegrasikan data satelit infra merah dengan data stasiun cuaca lapangan untuk menghasilkan grid presipitasi yang akurat. Data harian digabungkan menjadi total akumulasi tahunan untuk menganalisis tren jangka panjang, selanjutnya nilai rata-rata spasial dihitung di seluruh daerah Demak untuk memperoleh variabel perbandingan dengan luas genangan.

D. Analisis Lahan Terbangun (Dynamic World)

Analisis penggunaan lahan menggunakan dataset *Dynamic World*, produk klasifikasi berbasis *Deep Learning* dengan resolusi 10 meter.

- Justifikasi Ambang Batas (*Thresholding*): penetapan threshold 0,4 diterapkan untuk menentukan piksel sebagai area terbangun. Nilai ini ditentukan berdasarkan literatur yang menunjukkan bahwa probabilitas >40%, piksel telah didominasi oleh struktur bangunan atau permukaan beton (*impervious surface*), tetapi masih dapat mengurangi noise klasifikasi di area campuran di tepi kota.
- Perhitungan Luas: luas fisik dihitung dengan tepat dengan memperhatikan distorsi proyeksi pada setiap piksel dalam satuan meter persegi sebelum dikonversi menjadi hektar (*Ha*).

E. Etimasi Banjir (Sentinel-1 SAR)

Pemanfaatan satelit *Sentinel-1 Synthetic Aperature Radar (SAR)* sangat penting karena gelombang mikro dapat menembus awan yang sering menghalangi citra optik di musim hujan.

- a. Pemilihan Polarisasi VH: Polarisasi *Vertical-Horizontal (VH)* dipilih karena menawarkan sensitivitas yang lebih baik daripada VV dalam mendeteksi perubahan pada permukaan tanah yang terendam air. Polarisasi ini lebih efisien dalam meminimalkan efek hamburan balik (*backscatter*) dari tekstur permukaan yang kasar, sehingga kontras antara lahan kering dan air menjadi lebih jelas.
- b. Metode Ambang Batas: Luas banjir ditentukan berdasarkan sifat air yang memantulkan gelombang radar (*specular*), sehingga menghasilkan nilai pantulan (*backscatter*) yang amat rendah. *Tresholding* dilakukan secara dinamis pada nilai minimum *backscatter* untuk secara konsisten memisahkan objek air dari objek daratan setiap tahunnya.

F. Visualisasi Diagram

Data yang diekstraksi divisualisasikan menjadi diagram batang untuk mengamati perubahan luas lahan per tahun dan diagram garis untuk memantau variasi curah hujan serta luas genangan. Analisis akhir dilakukan melalui pengujian korelasi untuk mengidentifikasi kekuatan dan arah hubungan antar variabel. Pendekatan ini menjamin bahwa setiap tren yang terlihat secara visual didukung oleh bukti statistik yang valid, sehingga dapat dijadikan landasan untuk rekomendasi kebijakan tata ruang di Kabupaten Demak.

G. Analisis Korelasi

Pada penelitian ini menerapkan korelasi pearson dan koefisien determinasi (R^2) untuk menilai kekuatan hubungan antara variabel meteorologi (curah hujan) dan antropogenik (lahan terbangun) terhadap luas genangan banjir. Analisis dilakukan melalui metode piksel demi piksel dengan Langkah-langkah sebagai berikut:

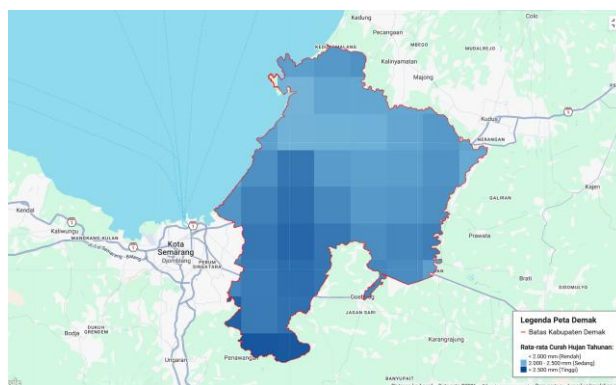
- a. Penyelarasan Temporal dan Spasial
Korelasi dihitung secara berpasangan antara raster variabel bebas dan raster variabel terikat pada periode waktu tahunan yang sama, yaitu 2020 sampai 2024. Memanfaatkan variabel *yearList* yang menyimpan daftar tahun dari 2020 hingga 2024. Fungsi *.forEach* memberi tahu sistem untuk melakukan proses perhitungan yang ada di dalamnya sebanyak lima kali (sekali setiap tahun). Pada setiap awal pengulangan sistem menentukan rentang tanggal (*dateStart* hingga *dateEnd*) untuk menyaring data satelit.
- b. Mengambil data dari citra satelit
Mengambil data mentah dari catalog Google Earth Engine agar korelasi dapat dihitung berdasarkan nilai piksel di setiap koordinat. Data yang diambil yaitu curah hujan (*CHIRPS*), lahan terbangun (*Dynamic World*), etimasi banjir (*Sentinel-1*).
- c. Memproses Korelasi Pearson Spasial
Perhitungan dilakukan dengan cara menumpuk (*stacking*) dua raster melalui fungsi *addBands()*. Setiap tahun, sistem menganalisis semua piksel yang terletak dalam batas administratif Kabupaten Demak. Setiap tahun menghasilkan nilai koefisien Korelasi Pearson (R) dengan menggunakan fungsi *ee.Reducer.pearsonsCorrelations()*. Reducer ini berfungsi dengan mengambil nilai dari setiap pasangan piksel di area penelitian, kemudian menghitung kovarians dan deviasi standar gabungan untuk menghasilkan satu nilai korelasi yang menggambarkan hubungan linear seluruh area pada tahun tersebut. Sedangkan nilai R^2 diperoleh dengan mengkuadratkan nilai r untuk mengetahui presentase kontribusi variabel bebas terhadap variasi variabel terikat.
- d. Asumsi Statistik dan Linearitas
Analisis ini menganggap terdapat hubungan linear antara penambahan area kedap air (lahan terbangun) dan peningkatan aliran permukaan (genangan). Walaupun data spasial sering menunjukkan autokorelasi, penerapan metode piksel-per-piksel dalam area administratif yang seragam (dataran rendah pesisir) bertujuan untuk mendeteksi pengaruh langsung konversi lahan secara keseluruhan. Independensi data dipertahankan melalui penerapan filter temporal tahunan yang ketat untuk menghindari tumpang tindih kejadian banjir dari periode tahunan yang berbeda.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tren Perubahan Curah Hujan

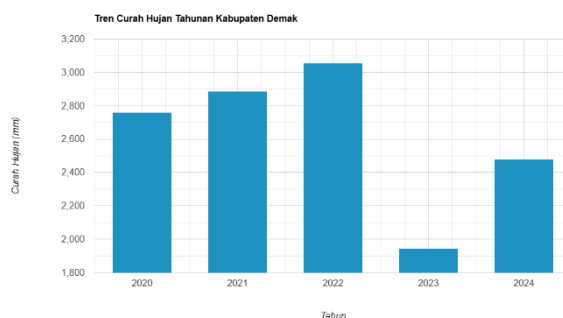
Visualisasi rata-rata curah hujan tahunan di Kabupaten Demak dalam periode penelitian lima tahun ini yang dimulai dari tahun 2020 hingga 2024 menunjukkan suatu gambaran intensitas curah hujan yang sangat dinamis. Jika dilihat pada gambar 2, secara spasial, pola presipitasi di daerah ini memperlihatkan variasi warna biru yang sangat

bervariasi, hal tersebut menandakan adanya perbedaan tingkat curah hujan yang mempengaruhi setiap sudut wilayah Demak.



Gambar 2. Visualisasi Peta Curah Hujan Kab. Demak

Visualisasi peta di atas menggambarkan bahwa bagian selatan Kabupaten Demak umumnya memiliki warna biru yang lebih gelap, yang menunjukkan bahwa intensitas curah hujan di daerah tersebut lebih tinggi daripada di daerah pesisir utara. Dari data yang sudah ada, rata-rata curah hujan setiap tahunnya berkisar antara 2.000 mm hingga 3.000 mm, dimana kawasan selatan menerima lebih banyak air dibandingkan dengan lokasi yang berdekatan dengan pantai. Wilayah Selatan Demak yang bersebelahan dengan Kabupaten Semarang memiliki elevasi yang mulai meningkat, sehingga memicu proses kondensasi udara yang lebih kuat dibandingkan dengan daerah pesisir yang cenderung datar. Karakteristik ini menunjukkan bahwa secara alami daerah Selatan berfungsi sebagai kawasan penampung air (*catchment area*), sementara daerah pesisir utara secara topografi merupakan Kawasan akomodasi air yang sangat tergantung pada kapasitas drainase dan kondisi lahan untuk menyalurkan limpasan dari hulu.



Gambar 3. Tren Curah Hujan Tahunan Kab. Demak

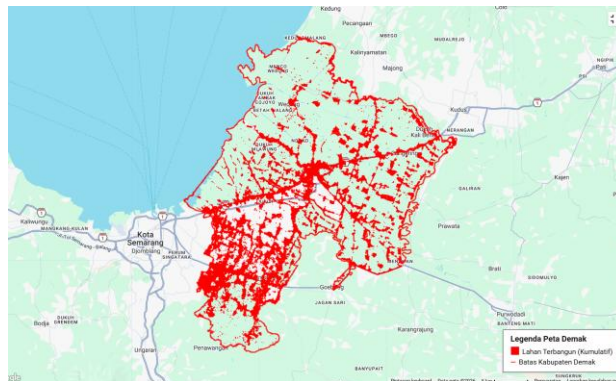
Berikut di bawah ini adalah grafik batang curah hujan tahunan selama periode 2020 hingga 2024 yang diperoleh dari citra satelit *CHIRPS/DAILY* yang sudah dijumlahkan sehingga menjadi curah hujan tahunan. Dari grafik batang atau gambar 3 tersebut, dapat diperhatikan bahwa pada awal tahun 2020 sampai dengan 2022, curah hujan menunjukkan tren peningkatan yang dapat dikatakan stabil. Curah hujan pada tahun 2020 berkisar diantara 2.700 mm dan terus meningkat hingga 2.900 mm pada tahun 2021. Angka tersebut terus meningkat hingga mencapai puncaknya di tahun 2022 dengan angka yang melebihi 3.000 mm.

Pada tahun 2023, terjadi perubahan tren curah hujan yang tidak wajar, yaitu turunnya curah hujan secara drastis sampai dibawah angka 2.000 mm per tahun. Dapat dikatakan bahwa tahun 2023 merupakan titik terendah curah hujan dalam periode pengamatan. Mungkin hal ini terjadi karena iklim regional seperti *El Niño*. Pada tahun 2024, curah hujan menunjukkan tren kenaikan kembali ke arah yang normal. Dari data pada gambar 2, peningkatan curah hujan di tahun 2024 berkisar di angka 2.500 mm, walaupun belum sebesar pada awal periode penelitian yaitu tahun 2020.

Walaupun hujan di tahun 2024 belum seintensif tahun 2021 dan 2022, area yang terendam banjir malah meningkat hampir setara dengan periode puncak hujan tersebut. Ketidaksesuaian ini menegaskan bahwa banjir di Kabupaten Demak tidak hanya disebabkan oleh faktor meteorologi, tetapi juga diperburuk oleh faktor antropogenik yaitu perluasan lahan terbangun yang besar-besaran yang mengurangi area resapan, sehingga volume limpasan tetap tinggi meskipun hujan tidak mencapai tingkat ekstrem.

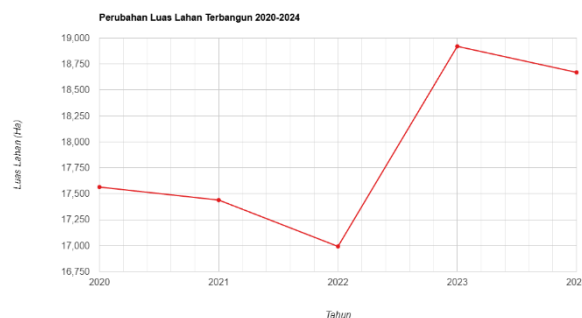
B. Tren Perubahan Lahan Terbangun

Pemetaan ruang dari lahan yang sudah dibangun di Kabupaten Demak memperlihatkan pola persebaran yang bersifat linear dan berkelompok, dimana konsentrasi infrastruktur fisik lebih banyak mengikuti jalur utama atau jalur Pantura serta lokasi-lokasi pertumbuhan lokal dibagian tengah hingga selatan.



Gambar 4. Visualisasi Peta Lahan Terbangun Kab. Demak

Secara spasial, pertumbuhan lahan terbangun ini membentuk struktur yang menyerupai jaringan dengan titik kepadatan tertinggi berada di Kecamatan Demak yang berfungsi sebagai pusat pemukiman yang kemudian menyebar di daerah Kecamatan Karanganyar dan Sayung yang dapat dilihat pada gambar 4. Terlihat pola bangunan yang lebih acak pada area pesisir di barat laut, hal tersebut mengindikasikan adanya pembatasan geografis yaitu ekosistem tambak dan kawasan konservasi mangrove yang mengurangi intensitas pembangunan fisik. Pola persebaran yang terlihat dalam warna merah ini bukan hanya sekedar menunjukkan kemajuan dalam aspek pembangunan fisik, namun juga merefleksikan kebutuhan ruang tinggal warga yang berkembang secara terus menerus.



Gambar 5. Grafik Lahan Terbangun Kab. Demak

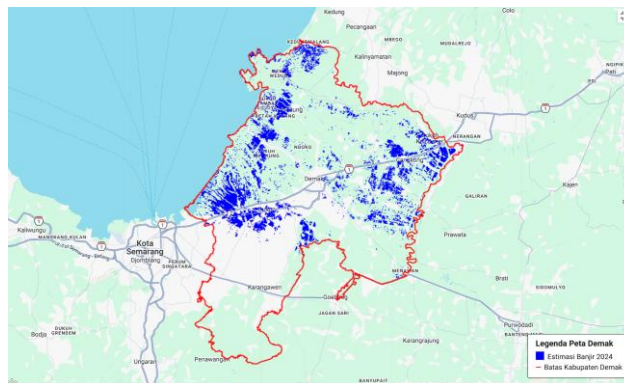
Analisis mengenai perubahan lahan yang sudah dibangun di Kabupaten Demak dalam rentang waktu 2020 sampai 2024 menunjukkan pola perubahan yang tidak teratur, yang mencerminkan adanya tekanan dari kegiatan manusia serta kondisi fisik daerah yang rentan terhadap lingkungan. Pada awal pengamatan di tahun 2020, lahan yang sudah dibangun tercatat seluas ± 17.560 Ha dan mengalami penurunan bertahap sampai mencapai titik terendah di tahun 2022 sekitar ± 17.000 Ha. Penurunan luas fisik ini secara spasial terjadi bersamaan dengan periode puncak curah hujan tahunan, sehingga bisa diindikasikan bahwa berkurangnya lahan terbangun yang terindikasi oleh satelit bukan karena adanya pembongkaran bangunan, melainkan disebabkan oleh keterbatasan deteksi pada dataset Dynamic World. Genangan banjir yang menutupi infrastruktur (efek penutup atau *cloud/water masking*) dapat menyebabkan algoritma klasifikasi gagal mengidentifikasi piksel sebagai “lahan terbangun” karena karakteristik spektral yang berubah menjadi air. Selain itu, kerusakan pada infrastruktur permanen akibat rob dan banjir besar di daerah pesisir juga berpotensi mengaburkan identifikasi objek bangunan oleh satelit. Data tersebut dapat dilihat pada grafik yang ada pada gambar 5.

Setelah periode banjir yang parah, muncul anomali berupa lonjakan yang sangat signifikan dalam ekspansi lahan terbangun pada tahun 2023, dimana luasnya meningkat hingga mencapai puncak sekitar ± 18.920 Ha. Kenaikan tajam ini menunjukkan adanya percepatan dalam pembangunan fisik dan pemulihan kawasan yang berlangsung bersamaan dengan berkurangnya intensitas curah hujan yang terjadi pada tahun yang sama. Kondisi curah hujan yang rendah pada tahun 2023 meminimalkan efek penutup genangan, sehingga luas lahan terbangun dapat terdeteksi secara lebih optimal oleh sensor satelit.

Walaupun di tahun 2024 luas lahan terbangun mengalami sedikit penurunan menjadi sekitar ± 18.670 Ha, tren keseluruhan dalam lima tahun terakhir menunjukkan kecenderungan peningkatan volume air hujan yang tidak bisa terserap oleh permukaan tanah. Kondisi ini memiliki dampak serius terhadap pengelolaan risiko bencana di Kabupaten Demak, karena lahan terbangun yang meningkat tanpa kontrol akan mengurangi kemampuan tanah dalam menyerap air, yang pada gilirannya akan memperburuk volume limpasan air permukaan dan memperluas area yang terkena banjir saat curah hujan tinggi terjadi.

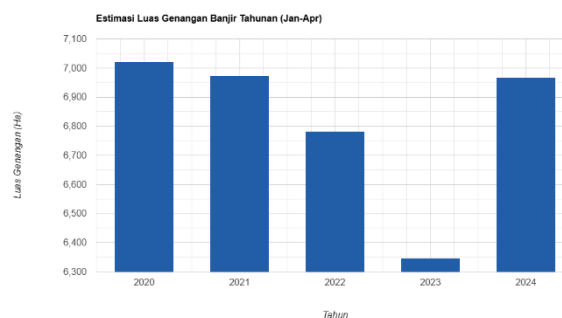
C. Luasan Genangan Banjir

Berdasarkan hasil dari pemetaan wilayah yang dapat dilihat pada gambar 6, distribusi genangan akibat banjir di Kabupaten Demak menunjukan pola yang cukup unik dan terfokus pada area-area penting. Jika dilihat secara visual, genangan air terlihat lebih banyak di daerah pesisir dan wilayah dataran rendah, yang berhubungan erat dengan karakteristik topografi setempat dengan kemiringan yang sangat sedikit. Pola distribusi ini mengungkapkan bagaimana pergerakan air secara alamiah bergerak menuju titik terendah, membuat genangan yang memecah daratan.



Gambar 6. Visualisasi Peta Luasan Genangan Banjir Kab. Demak

Peta ini mencerminkan dengan jelas hubungan antara alam dan perkembangan kawasan di sepanjang jalur pantura. Nampak bahwa genangan berada di lokasi-lokasi sekitar tempat tinggal dan area aktivitas ekonomi masyarakat. Ini menunjukkan tantangan signifikan bagi warga setempat, dimana fenomena alam seperti penurunan tanah di pesisir Jawa secara bertahap memperluas area genangan banjir ke zona daratan. Pola genangan yang tersebar ini menunjukkan adanya gangguan dalam sistem drainase akibat perubahan penggunaan lahan.



Gambar 7. Luasan Genangan Banjir Kab. Demak 2020-2024

Berdasarkan diagram batang (gambar 7) yang menyajikan perkiraan luasan genangan banjir pada periode tahun 2020 sampai 2024, terlihat pola flutuasi yang mencerminkan dinamika kerentanan wilayah Kabupaten Demak terhadap bencana hidrometeorologi.

Analisis mengenai perkiraan area yang terkena banjir di Kabupaten Demak untuk tahun 2020 hingga 2024 menunjukkan pola yang berubah-ubah. Ada kecenderungan untuk menurun di pertengahan periode, lalu meningkat lagi secara drastis di akhir pengamatan. Luasan genangan yang tertinggi tercatat di awal penelitian, yaitu pada tahun 2020, mencapai lebih dari 7.000 Ha. Meski hujan mencapai puncaknya pada tahun 2022, grafik memperlihatkan bahwa area genangan justru menurun secara bertahap hingga tahun 2023, dimana tahun tersebut menjadi tahun dengan kejadian banjir terendah, hanya sekitar ± 6.350 Ha. Ini menunjukkan bahwa intensitas dan durasi hujan yang sangat rendah pada tahun 2023, berpengaruh langsung pada pengurangan wilayah yang terkena dampak banjir secara signifikan.

Namun, yang perlu diperhatikan adalah kenaikan luasan genangan yang drastis kembali pada tahun 2024, mencapai sekitar ± 6.970 Ha. Angka ini hampir sama dengan luasan banjir yang terjadi pada tahun 2020, meskipun intensitas curah hujan yang terjadi pada tahun 2024 tidak setinggi di tahun 2021 atau 2022. Hasil ini sangat krusial, karena tingkat hujan pada tahun 2024 (± 2.500 mm) jauh lebih rendah dibandingkan dengan tahun 2021 dan 2022 yang mencapai ± 2.900 - 3.000 mm. Fenomena ini menunjukkan adanya penurunan kemampuan lingkungan atau kapasitas lahan di Kabupaten Demak. Kenaikan signifikan pada area banjir di tahun 2024, disaat curah hujan sedang, memperkuat dugaan bahwa pergeseran dalam penggunaan lahan (peningkatan area terbangun) dan faktor penurunan permukaan tanah di wilayah pesisir Demak mulai berperan lebih besar daripada hanya faktor biofisik hujan dalam menentukan luas area yang terkena banjir.

D. Korelasi Curah Hujan dengan Luasan Genangan Banjir

Berdasarkan informasi dari tabel korelasi antara curah hujan dan luasan genangan banjir pada periode 2020 hingga 2024 (Tabel 1), analisis statistik menunjukkan bahwa hubungan antara keduanya cenderung negatif dengan tingkat keterkaitan yang sangat rendah hingga tidak signifikan.

TABEL 1
KORELASI CURAH HUJAN DENGAN GENANGAN BANJIR

Tahun	<i>r</i>	<i>R</i> ²
2020	-0,26	0,07
2021	-0,23	0,05
2022	0,07	0,01
2023	-0,10	0,01
2024	-0,19	0,04

Selama periode pengamatan, nilai korelasi pearson beragam antara -0,26 hingga 0,07, yang menurut kategori kekuatan hubungan, angka ini menunjukkan bahwa perubahan curah hujan tahunan tidak memiliki hubungan linear yang kuat dengan luas area banjir di Kabupaten Demak. Hal ini diperkuat oleh nilai koefisien determinasi yang sangat kecil, yaitu sekitar 0,01 atau 1% hingga 0,07 atau 7%. Ini berarti bahwa curah hujan hanya memberikan dampak yang sangat kecil terhadap luas genangan air, sementara sebagian besar faktor di luar yang tidak terdaftar dalam tabel ini seperti penurunan tanah, fenomena banjir rob, atau sistem drainase lokal yang buruk.

Secara lebih rinci, pada tahun 2022 terdapat kejadian aneh dimana hubungan antar data menunjukkan hubungan positif, tetapi sangat lemah (0,07). Nilai ini kemudian berubah menjadi negatif pada tahun 2023 (-0,10) dan 2024 (-0,19). Adanya nilai negatif ini menunjukkan suatu fenomena statistik yang menarik, di mana peningkatan curah hujan tiap tahun tidak selalu diikuti dengan perluasan area genangan banjir, lebih sering disebabkan oleh hujan jangka pendek yang sangat lebat (hujan harian) ketimbang total curah hujan tahunan, atau karena dampak banjir kiriman dan pasang air laut yang lebih kuat mempengaruhi luas genangan di Kabupaten Demak. Oleh sebab itu, tujuan artikel ilmiah ini, menunjukkan bahwa penanganan bencana banjir di daerah tersebut tidak bisa hanya mengandalkan pemantauan curah hujan, tetapi juga harus memperhitungkan faktor manusia dan perubahan di kawasan pesisir yang lebih kompleks.

E. Korelasi Lahan Terbangun dengan Luasan Genangan Banjir

Berdasarkan analisis spasial antara tahun 2020 hingga 2024 (Tabel 2), ditemukan sebuah hubungan negatif yang terus menerus dengan kekuatan hubungan dalam tingkat sedang antara luas lahan yang dibangun dan perkiraan genangan air di Kabupaten Demak.

TABEL 2
KORELASI LAHAN TERBANGUN DENGAN GENANGAN BANJIR

Tahun	<i>r</i>	<i>R</i> ²
2020	-0,57	0,33
2021	-0,58	0,34
2022	-0,56	0,31
2023	-0,52	0,27
2024	-0,58	0,34

Skor koefisien korelasi pearson secara konsisten berada di antara -0,52 hingga -0,58, yang menunjukkan bahwa sebaran ruang lahan yang dibangun memiliki hubungan yang cukup penting terhadap pola genangan, namun dengan arah korelasi yang berlawanan. Hal ini didukung oleh nilai koefisien determinasi yang berkisar antara 0,27 hingga 0,34, yang menunjukkan perubahan pada lahan yang dibangun dapat menjelaskan variasi luas genangan antara 27% hingga 34%.

Melihat dari perubahan tiap tahunnya, hubungan yang paling kuat terjadi pada tahun 2021 dan 2024, dengan nilai *r* mencapai -0,58, sementara hubungan terlemah terjadi pada tahun 2023 dengan nilai -0,52. Adanya korelasi

negatif ini menunjukkan adanya fenomena yang menarik secara spasial, meskipun secara teori, semakin banyak lahan kedap air seharusnya meningkatkan limpasan permukaan, tetapi di daerah pesisir seperti Kabupaten Demak, wilayah dengan banyak bangunan sering kali sudah dilengkapi dengan infrastruktur untuk mengatasi banjir atau justru berada di tempat yang lebih tinggi dibandingkan dengan lahan yang tidak dibangun (seperti tambak atau sawah) yang lebih rentan terhadap genangan air yang berlangsung lama. Hal ini menunjukkan bahwa perluasan area yang dibangun berkontribusi sekitar sepertiga pada risiko banjir, sedangkan faktor lingkungan dan bentuk tanah lainnya menjadi penentu utama dalam presentase pengaruh yang tersisa.

F. Pembahasan

Berdasarkan perbandingan nilai koefisien determinasi dari kedua faktor yang diuji, diketahui bahwa perubahan lahan yang terbangun mempunyai pengaruh yang lebih besar terhadap luas area yang terkena banjir dibandingkan dengan faktor curah hujan tahunan di Kabupaten Demak. Analisis menunjukkan bahwa perubahan lahan terbangun dapat menjelaskan variasi genangan banjir hingga 34% (Tahun 2021 dan 2024), sementara curah hujan tahunan hanya memberikan kontribusi maksimal sebesar 7% (Tahun 2020). %. Temuan ini memberikan pembaruan dari studi terdahulu[19],[22] dengan memberikan bukti empiris bahwa anomali genangan di tahun 2024 yang tetap meluas meskipun curah hujan sedang terjadi akibat penurunan kapasitas infiltrasi karena konversi lahan. Ketidaksamaan nilai korelasi ini menunjukkan bahwa fenomena banjir di area penelitian tidak lagi disebabkan oleh faktor alami semata yang berhubungan dengan cuaca (river flood), tetapi telah berubah menjadi masalah yang dipicu oleh aktifitas manusia dan struktural.

Walaupun ada batas teknis seperti penggunaan data curah hujan tahunan (bukannya harian), pengesampingan variabel penurunan tanah, serta kemungkinan bias dari sensor satelit ketika lahan tergenang, korelasi negative yang terbentuk secara konsisten mencerminkan kompleksitas sistem pesisir di mana pengurangan lahan terbuka berbanding lurus dengan peningkatan risiko banjir. Maka dari itu, diperlukan perubahan kebijakan tata ruang yang seimbang antara pemulihan sistem drainase yang berfungsi untuk meningkatkan ketahanan wilayah Kabupaten Demak terhadap ancaman peningkatan genangan banjir di masa depan serta, pengendalian pembangunan seperti penangguhan izin industri di area rawan dan pemeriksaan ketat terhadap Koefisien Dasar Bangunan (KDB) untuk mengembalikan fungsi resapan kawasan.

IV. SIMPULAN

Penelitian ini menemukan bahwa pola genangan banjir di Kabupaten Demak dari tahun 2020 hingga 2024 menunjukkan pergeseran dari faktor alami menuju faktor buatan manusiawi yang signifikan. Analisis geografis yang dilakukan menggunakan *Google Earth Engine* (GEE) menunjukkan bahwa curah hujan tahunan memiliki hubungan yang lemah atau kurang dengan luasan genangan banjir, yaitu berkisar hanya 1% hingga 7%. Hal ini menunjukkan bahwa area terendam di Kabupaten Demak lebih dipengaruhi oleh perubahan cuaca harian atau curah hujan harian, buruknya sistem drainase lokal, serta penurunan tanah dan banjir rob yang tidak tercakup dalam data presipitasi tahunan. Rendahnya korelasi antara curah hujan tahunan dengan luasan genangan banjir ini menekankan bahwa mitigasi bencana tidak bisa hanya bergantung pada pemantauan cuaca, melainkan juga harus melihat kompleksitas perubahan lingkungan di daerah pesisir. Dari sudut pandang lain, perubahan fungsi lahan terbuka menjadi lahan terbangun memiliki hubungan yang lebih kuat dengan koefisien determinasi mencapai 34%. Hubungan korelasi yang negatif ini berada di angka yang konsisten antara -0,52 sampai -0,58 yang menunjukkan adanya pemisahan spasial di mana pembangunan infrastruktur fisik dalam skala besar cenderung mengalihkan risiko genangan ke area terbuka dan produktif di sekitarnya. Peningkatan luasan banjir pada tahun 2024 yang mencapai sekitar ±6.970 Ha di tengah kondisi curah hujan yang seakan akan menguatkan tanda-tanda penurunan kapasitas penyesuaian lingkungan akibat konversi lahan yang berlebihan. Karena itu, diperlukan kebijakan tata ruang yang seimbang antara pemulihan sistem drainase dan pengendalian pembangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfari Handifa, M., Laila Nugraha, A., & Sasmito, B. (2023). APLIKASI WEBGIS ANCAMAN BENCANA BANJIR DI KECAMATAN SAYUNG, KABUPATEN DEMAK. *Jurnal Geodesi Undip* Januari.
- [2] Diana, Z. A., Saputri, D. E., Arifin, B., & Huda, A. N. (2024). Dampak Banjir Rob terhadap Perekonomian Warga Desa Loireng Kecamatan Sayung Kabupaten Demak. *Jurnal Alwatizkhoebillah: Kajian Islam, Pendidikan, Ekonomi, Humaniora*, 10(1), 194–200. <https://doi.org/10.37567/alwatizkhoebillah.v10i1.2552>
- [3] Wicaksono Raharjo, A., Laila Nugraha, A., & Sabri, L. (2023). DESAIN APLIKASI SISTEM INFORMASI RISIKO BANJIR KECAMATAN SAYUNG BERBASIS WEBGIS.
- [4] Cita Ayudhia, K., Sawiji, N., Gadjah Mada Jl Grafika Bulaksumur No, U., Mlati, K., Sleman, K., Istimewa Yogyakarta, D., Bandungrejo, S. N., & JIRaya Bandungrejo no, M. (2025). Penerapan Teknologi Ramah Lingkungan Dalam Pemetaan Genangan Air Pada Wilayah Rawan Banjir Menggunakan Google Earth Engine (Studi Kasus: Kabupaten Demak). In *Jurnal Kota Wali* (Vol. 1). <http://jurnal.demakkab.go.id/DOI>
- [5] Agnes Selan, Diana Yanni Ariswati, & Saekoko, J. (2025). ANALISIS LITERATUR: EFEKTIVITAS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PEMETAAN DAERAH RAWAN BENCANA. *Jurnal Cakrawala Informasi*, 5(1), 01–12. <https://doi.org/10.54066/jci.v5i1.541>

-
- [6] al Fathoni, H., Junaidi, A., & Aditiawan, F. P. (2025). KLASIFIKASI TUTUPAN LAHAN PADA CITRA SENTINEL-2 DI KAWASAN IKN MENGGUNAKAN GOOGLE EARTH ENGINE. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 9, Issue 3).
- [7] Marlina, D. (n.d.). STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi) KLASIFIKASI TUTUPAN LAHAN PADA CITRA SENTINEL-2 KABUPATEN KUNINGAN DENGAN NDVI DAN ALGORITME RANDOM FOREST. <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
- [8] Christy Novianti, T., Tridawati, A., & Sofyan Samri, A. (n.d.). ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN TAHUN 2013-2022 DI KOTA SEMARANG MENGGUNAKAN GOOGLE EARTH ENGINE.
- [9] Purboyo, A. A., Kurniawan, A., & Muta'ali, L. (2024). Analisis Spasial Temporal Perubahan Tutupan Lahan Di Kawasan Perkotaan Cekungan Bandung Berbasis Google Earth Engine. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 12(2), 251–260. <https://doi.org/10.23887/jjpg.v12i02.75526>
- [10] Destiana Safitri, Rio A. M. Putra dan Fajar Dewantoro. (2022). Analisis Pola Aliran Banjir pada Sungai Cimadur, Provinsi Banten dengan menggunakan HEC-RAS. *Jurnal of Infrastructural in Civil Engineering*, Vol. (03), No. 01, pp: 19-30.
- [11] Balahanti, R., Mononimbar, W., Pierre, I., & Gosal, H. (n.d.). ANALISIS TINGKAT KERENTANAN BANJIR DI KECAMATAN SINGKIL KOTA MANADO. *Jurnal Spasial*, 11, 2023.
- [12] Anggraini, D., Sri Wahyuni, & M. Bisri. (2025). Analisis Kesesuaian Data Curah Hujan satelit chirps terhadap data Curah Hujan pengamatan di Kawasan Waduk Pacal. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 5(2), 1221–1228. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2025.005.02.116>
- [13] Pebralia, J. (2022). JIFP (Jurnal Ilmu Fisika dan Pembelajarannya) Analisis Curah Hujan Menggunakan Machine Learning Metode Regresi Linier Berganda Berbasis Python dan Jupyter Notebook Rainfall Analysis using Machine Learning-Multiple Linear Regression Method Based on Python and Jupyter Notebook. 6(2), 23–30. <http://jurnal.radenfatah.ac.id/index.php/jifp/>
- [14] Ruqoyah, R., Ruhiat, Y., & Saefullah, A. (2023). Analisis Klasifikasi Tipe Iklim Dari Data Curah Hujan Menggunakan Metode Schmidt-Ferguson (Studi Kasus: Kabupaten Tangerang). In *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika* (Vol. 11, Issue 01).
- [15] Pratama, J. P., & Darmawan, Y. (2025). Analisis Pola Sebaran Spasial Curah Hujan di Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Metode Poligon Thiessen untuk Mitigasi Bencana Banjir. *Sainteks*, 22(1), 23–28. <https://doi.org/10.30595/sainteks.v22i1.25602>
- [16] Latue, P. C., Septory, J. S. I., & Rakuasa, H. (2023). Perubahan Tutupan Lahan Kota Ambon Tahun 2015, 2019 dan 2023. *JPG (Jurnal Pendidikan Geografi)*, 10(1). <https://doi.org/10.20527/jpg.v10i1.15472>
- [17] Eva Nuraeni, Edy Suryadi, & Dwi Rustam Kendarto. (2024). Kajian Alih Fungsi lahan sawah Menjadi Lahan non sawah Dan Lahan Terbangun. *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Dan Pendidikan Vokasi Pertanian*, 5(1), 1118–1136. <https://doi.org/10.47687/snppvp.v5i1.1186>
- [18] Saputra Djafar, E., Lihawa, F., Maryati, S., Studi, P., Geografi, P., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2025). Monitoring Perubahan Lahan Terbangun Menggunakan Algoritma NDBI di Kecamatan Kabila Kabupaten Bone Bolango. 2(2). <https://doi.org/10.37905/jrpi.v2i2.31265>
- [19] Haq, M. N., Bambang Agus Herlambang, & Ahmad Khoirul Anam. (2025). Analisis Spasial Kerawanan Banjir di Kabupaten Demak Berdasarkan Sebaran Desa Terdampak dan Penurunan Muka Tanah. *JURNAL MULTIDISIPLIN ILMU AKADEMIK*, 3(1), 493–503. <https://doi.org/10.61722/jmia.v3i1.7979>
- [20] Agasi Purnama Jatti, & Djati Mardiatno. (2023). Analisis Kerentanan wilayah Pesisir Terhadap kenaikan Muka Air Laut di Kabupaten Bantul. *Jurnal Geografi, Edukasi Dan Lingkungan (JGEL)*, 7(1), 47–58. <https://doi.org/10.22236/jgel.v7i1.10088>
- [21] Rahmaniah. (2021a). Analisis Penyebab Bencana Alam Banjir Yang Ada Di Wilayah Indonesia. <https://doi.org/10.31219/osf.io/gmpn4>
- [22] Salim, M. A., Wahyudi, S. I., & Wibowo, K. (2023). Analisis Faktor-Faktor Kerentanan Banjir Pesisir (Studi pada Pesisir Pantai Utara Jawa Tengah). *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, 6, 20–27. <https://doi.org/10.30595/pspfs.v6i.847>