© 2026 Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP
JURNAL ILMU LINGKUNGAN
Volume 24 Issue 4 (2026) : 819-830 *ISSN 1829-8907*

Pemodelan Risiko Banjir akibat Alih Fungsi Lahan dan Intensitas Hujan di Kabupaten Bireuen Berbasis Sistem Informasi Geografis

Cut Ayu Lizar[1*], Ridwan Iriadi[2], dan Richard Mareno[3]

[1]Program Studi Ilmu Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Almuslim, Indonesia; e-mail: cutayulizar21@gmail.com
[2]Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Pascasarjana Universitas Almuslim, Indonesia
[3]Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Almuslim, Indonesia

ABSTRAK

Banjir merupakan bencana hidrometeorologi yang frekuensinya terus meningkat akibat interaksi antara curah hujan ekstrem dan perubahan penggunaan lahan. Kabupaten Bireuen, Provinsi Aceh, termasuk wilayah yang mengalami kejadian banjir berulang sehingga diperlukan kajian mengenai hubungan antara faktor hidrologi dan perubahan penggunaan lahan sebagai dasar mitigasi. Penelitian bertujuan menganalisis hubungan antara akumulasi curah hujan sebelum kejadian banjir, perubahan penggunaan lahan, dan dampak banjir menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Multiple Linear Regression (MLR). Data yang digunakan meliputi data kejadian banjir BPBD Kabupaten Bireuen, curah hujan harian CHIRPS, peta penggunaan lahan KLHK, dan batas administrasi periode 2015–2024. Analisis spasial dilakukan menggunakan ArcGIS untuk mengidentifikasi perubahan penggunaan lahan dan distribusi kejadian banjir, sedangkan analisis statistik dilakukan menggunakan SPSS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas lahan terbangun meningkat, sementara luas kawasan hutan mengalami penurunan selama periode penelitian. Akumulasi curah hujan tujuh hari sebelum kejadian banjir berkisar antara 34,15–341,64 mm, dengan sebagian besar kejadian banjir terjadi pada akumulasi hujan lebih dari 100 mm. Model regresi menghasilkan persamaan $Y = 36680 + 3{,}391X_1 + 0{,}173X_2 - 0{,}292X_3$, yang menunjukkan bahwa akumulasi curah hujan dan luas lahan terbangun berhubungan positif terhadap jumlah rumah terdampak, sedangkan luas kawasan hutan berhubungan negatif. Kemampuan model masih terbatas ($R^2 = 0{,}194$; Adjusted $R^2 = 0{,}073$; $p > 0{,}05$), sehingga faktor lain seperti kapasitas sungai, topografi, dan sistem drainase diduga turut memengaruhi dampak banjir. Integrasi analisis spasial dan regresi memberikan informasi awal yang bermanfaat dalam mendukung pengelolaan risiko banjir, perencanaan tata ruang, dan penyusunan strategi mitigasi berbasis data di Kabupaten Bireuen.

***Kata kunci*:** Banjir, Hujan, Lahan, Regresi, SIG

ABSTRACT

Flooding is one of the most frequent hydrometeorological disasters, with its occurrence increasing due to the combined effects of extreme rainfall and land use change. Bireuen Regency, Aceh Province, Indonesia, experiences recurrent flood events, highlighting the need to understand the relationship between hydrological factors and land use dynamics as a basis for effective flood mitigation. This study aimed to analyze the relationship between seven-day antecedent rainfall, land use change, and flood impacts by integrating Geographic Information Systems (GIS) and Multiple Linear Regression (MLR). Secondary data collected for the 2015–2024 period included flood event records from the Regional Disaster Management Agency (BPBD), daily rainfall data from the Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data (CHIRPS), land use maps from the Ministry of Environment and Forestry, administrative boundary data, and Google Earth imagery. Spatial analyses were performed using ArcGIS to identify land use changes and flood distribution patterns, while statistical analyses were conducted using SPSS. The results revealed a continuous expansion of built-up areas accompanied by a decline in forest cover throughout the study period. Seven-day antecedent rainfall ranged from 34,5 to 341,64 mm, with most flood events occurring when cumulative rainfall exceeded 100 mm. The regression model, $Y = 36680 + 3{,}391X_1 + 0{,}173X_2 - 0{,}292X_3$, indicated that antecedent rainfall and built-up land area were positively associated with the number of inundated houses, whereas forest area exhibited a negative relationship. However, the model demonstrated limited explanatory power ($R^2 = 0{,}194$; Adjusted $R^2 = 0{,}073$; $p > 0{,}05$), suggesting that additional factors, including river capacity, topography, and drainage conditions, also influence flood impacts. The integration of GIS and regression analysis provides valuable baseline information to support flood risk management, spatial planning, and evidence-based flood mitigation strategies in Bireuen Regency.

***Keywords*:** Flood, Rainfall, Land, Regression, GIS

Citation: Lizar, C. A., Iriadi, R., dan Mareno, R. (2026). Pemodelan Risiko Banjir akibat Alih Fungsi Lahan dan Intensitas Hujan di Kabupaten Bireuen Berbasis Sistem Informasi Geografis. Jurnal Ilmu Lingkungan, 24(4), 819-830, doi:10.14710/jil.24.4.819-830

1. PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang frekuensinya terus meningkat di berbagai belahan dunia sebagai akibat interaksi antara perubahan iklim, pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan perubahan penggunaan lahan. Peningkatan kejadian hujan ekstrem dalam beberapa dekade terakhir menyebabkan bertambahnya kejadian banjir, baik pada wilayah perkotaan maupun daerah aliran sungai (DAS) (Latief dkk, 2021). Faktor meteorologis, perubahan tutupan lahan akibat aktifitas manusia turut mengurangi kapasitas infiltrasi tanah sehingga meningkatkan limpasan permukaan dan memperbesar potensi banjir (Asrul dkk, 2025). Oleh karena itu, analisis hubungan antara karakteristik curah hujan dan perubahan penggunaan lahan menjadi salah satu aspek penting dalam pengelolaan risiko banjir serta perencanaan tata ruang yang berkelanjutan.

Di Indonesia, banjir merupakan jenis bencana yang paling sering terjadi dibandingkan bencana hidrometeorologi lainnya. Tingginya intensitas hujan yang dipengaruhi oleh iklim tropis, disertai perubahan penggunaan lahan akibat perkembangan kawasan permukiman dan aktivitas ekonomi, menyebabkan banyak daerah mengalami peningkatan frekuensi banjir (Wahyuni dkk, 2021). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penanganan banjir tidak hanya memerlukan pembangunan infrastruktur pengendali banjir, tetapi juga membutuhkan pemahaman mengenai hubungan antara faktor hidrologi dan perubahan penggunaan lahan sehingga upaya mitigasi dapat dilakukan secara lebih efektif.

Provinsi Aceh merupakan salah satu wilayah yang memiliki tingkat kerentanan banjir cukup tinggi. Berbagai penelitian telah dilakukan dengan pendekatan yang beragam, seperti pemetaan kerawanan banjir berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG), pemodelan hidrodinamika, maupun analisis multi-kriteria. Penelitian di DAS Keureuto menunjukkan bahwa pendekatan Fuzzy Analytical Hierarchy Process (Fuzzy-AHP) mampu mengidentifikasi zona kerawanan banjir berdasarkan parameter hidrologi dan geomorfologi (Rizalihadi dkk, 2024).

Penelitian di DAS Krueng Peuto menggunakan GeoHECRAS untuk mensimulasikan genangan banjir berdasarkan karakteristik hidraulik sungai (Keumalasari dkk, 2024). Sedangkan penelitian di DAS Teunom menganalisis perubahan penggunaan lahan terhadap kejadian banjir menggunakan pendekatan spasial. Penelitian di DAS Teunom menunjukkan bahwa penggunaan lahan selama periode 2009-2019 meningkatkan limpasan permukaan akibat berkurangnya kapasitas infiltrasi tanah sehingga memperluas wilayah dengan tingkat risiko banjir sedang hingga sangat tinggi (sugianto dkk, 2022). Di Kabupaten Aceh Utara, pemanfaatan citra Sentinel-1 SAR dengan metode *change detection* berhasil mengidentifikasi sebaran genangan banjir dan wilayah terdampak secara spasial (Budiarto dkk, 2023). Penelitian lain di Kota Lhokseumawe juga memanfaatkan SIG untuk memetakan tingkat kerentanan banjir sebagai dasar penyusunan strategis mitigasi (Lizar dkk, 2024).

Meskipun berbagai penelitian di Provinsi Aceh telah mengkaji banjir menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis, pemodelan hidrodinamika, penginderaan jauh, maupun analisis multi-criteria *decision making*, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada pemetaan tingkat kerawanan atau simulasi gengangan banjir. Dibandingkan dengan wilayah seperti DAS Keureuto, DAS Krueng Peuto, DAS Teunom, dan Kabupaten Aceh Utara yang telah banyak dikaji menggunakan berbagai pendekatan tersebut, kajian di Kabupaten Bireuen yang mengintegrasikan perubahan penggunaan lahan, karakteristik curah hujan, dan dampak banjir melalui pendekatan kuantitatif berbasis SIG dan Multiple Linear Regression masih relatif terbatas. Kondisi ini menunjukkan bahwa masih diperlukan penelitian yang mampu menjelaskan hubungan antarvariabel secara kuantitatif sebagai dasar penyusunan strategi mitigasi banjir yang lebih efektif.

Kabupaten Bireuen merupakan salah satu wilayah di Provinsi Aceh yang memiliki tingkat kerawanan banjir cukup tinggi. Berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Bireuen, selama periode 2015-2024 tercatat 25 kejadian banjir yang tersebar di berbagai kecamatan dengan dominasi banjir luapan sungai. Data historis kejadian banjir tersebut di sajikan pada **Tabel 1**. Kondisi ini menunjukkan bahwa banjir di Kabupaten Bireuen bukan merupakan kejadian insidental, melainkan bencana hidrometeorolgi yang terjadi secara berulang dan memberikan dampak terhadap aktivitas masyarakat, merusak infrastruktur, menghambat akses transportasi, mengganggu aktivitas Pendidikan dan pelayanan publik. Berdasarkan data kejadian banjir periode 2015-2024, tercatat 25 kejadian banjir yang mengakibatkan 16.139 rumah terendam, 24 fasilitas umum mengalami kerusakan, 2 korban meninggal dunia, serta 62.330 jiwa mengungsi. Dampak tersebut menunjukkan bahwa banjir di Kabupaten Bireuen tidak hanya menjadi persoalan hidrologi, tetapi juga memberikan konsekuensi terhadap aspek sosial dan ekonomi masyarakat sehingga memerlukan upaya mitigasi yang didasarkan pada pemahaman terhadap faktor-faktor penyebab banjir.

Sebagai perbandingan, Kabupaten Aceh Utara mencatat 50 kejadian banjir dengan dampak 80.447 rumah terendam, 10 korban meninggal dunia dan 552.513 jiwa mengungsi, sedangkan Kabupaten Aceh Jaya mengalami 54 kejadian banjir dengan 45.589 rumah terendam dan 250.857 jiwa mengungsi selama periode yang sama (BPBA, 2024). Meskipun frekuensi dan dampak banjir di Kabupaten Bireuen lebih rendah dibandingkan kedua wilayah tersebut, jumlah kejadian serta besarnya masyarakat terdampak

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

menunjukkan bahwa banjir tetap menjadi permasalahan yang signifikan. Namun demikian, penelitian mengenai banjir di Kabupaten Bireuen masih relatif terbatas dibandingkan penelitian di Aceh Utara maupun DAS Teunom (Aceh Jaya), terutama yang mengintegrasikan analisis perubahan penggunaan lahan, curah hujan, dan dampak banjir dalam suatu pendekatan kuantitatif berbasis Sistem Informasi Geografis. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui analisis hubungan antara perubahan penggunaan lahan, akumulasi curah hujan dan jumlah rumah terendam sebagai indikator dampak banjir di Kabupaten Bireuen.

Curah hujan merupakan faktor hidrologi utama yang memengaruhi terjadinya banjir. Namun demikian, kejadian banjir tidak hanya dipengaruhi oleh besarnya curah hujan harian, tetapi juga oleh akumulasi hujan yang terjadi beberapa hari sebelumnya. Akumulasi hujan yang tinggi menyebabkan tanah mencapai kondisi jenuh sehingga kapasitas infiltrasi menurun dan limpasan permukaan meningkat (Azizah dkk, 2022). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan akumulasi curah hujan tujuh hari sebelum kejadian banjir sebagai salah satu variabel yang dianalisis untuk menggambarkan kondisi hidrologi yang memicu terjadinya banjir.

Tabel 1. Data Kejadian Banjir Kabupaten Bireuen Tahun 2015-2024

No.	Tanggal Kejadian	Lokasi Daerah Banjir	Rumah Terendam	Fasum Rusak	Meninggal	Mengungsi	Jenis Banjir
1.	09 Agustus 2024	Kec. Jeunieb	128	0	0	508	Banjir Genangan
2.	28 Juni 2024	Kec. Peusangan	143	0	0	797	Banjir Luapan
3.	25 Januari 2024	Kec. Jeunieb, Kec. Peulimbang, Kec. Pandrah	3458	0	0	15031	Banjir Luapan
4.	04 Desember 2023	Kec. Kota Juang, Kec. Kuala, Kec. Juli, Kec. Jeumpa, Kec. Peusangan Selatan	190	0	0	760	Banjir Luapan
5.	19 September 2023	Kec. Jempa, Kec. Peudada	974	0	0	3133	Banjir Luapan
6.	27 Januari 2023	Kec. Jeunib	130	0	0	390	Banjir Luapan
7.	21 Januari 2023	Kec. Samalanga, Kec. Jeunieb, Kec. Peudada, Kec. Peulimbang, Kec. Peusangan Selatan, Kec. Kota Juang, Kec. Simpang Mamplam, Kec. Pandrah, Kec. Makmur, Kec. Peusangan Sibalah Krueng, Kec. Peusangan Siblah Krueng, Kec. Jeumpa, Kec. Peusangan	6119	0	0	22185	Banjir Luapan
8.	19 November 2022	Kec. Makmur	1233	0	2	5301	Banjir Luapan
9.	07 Oktober 2022	Kec. Makmur	109	0	0	545	Banjir Luapan
10.	16 Maret 2022	Kec. Juli, Kec. Kota Juang, Kec. Peudada, Kec. Peusangan	1664	0	0	5976	Banjir Luapan
11.	11 Maret 2022	Kec. Peudada Gp. Cet Laok Gp. Alue Sijuk	11	0	0	605	Banjir Luapan
12.	13 Januari 2022	Kec. Pandrah, Kec. Jeunib	897	0	0	2549	Banjir Luapan
13.	13 Juli 2021	Kec. Peudada	8	0	0	32	Banjir Luapan
14.	02 Mei 2020	Kec. Peudada, Kec. Jeumpa, Kec. Kota Juang, Kec. Jangka	200	0	0	850	Banjir Luapan
15.	13 April 2020	Kec. Jeumpa dan Kec. Peusangan	250	0	0	950	Banjir Luapan
16.	14 November 2019	Kecamatan Jeunieb, Kecamatan Peudada, Kecamatan Jeumpa, Kecamatan Pandrah, Kecamatan Peulimbang	10	1	0	0	Banjir Luapan
17.	23 Oktober 2019	Kecamatan Simpang Mamplam	10	0	0	5	Banjir Luapan
18.	17 Desember 2018	Kecamatan Peudada, Jempa, Jeunieb, Kota Juang, Kuala, Peusangan Selatan dan Kecamatan Juli	7	3	0	28	Banjir Luapan
19.	13 Desember 2018	Kecamatan Peudada, Jeumpa, Jeunieb, Kota Juang, Kuala, Peusangan Selatan dan Kecamatan Juli	18	5	0	250	Banjir Luapan
20.	06 Desember 2018	Kecamatan Peudada	0	2	0	381	Banjir Luapan
21.	17 November 2018	Kecamatan Peusangan Selatan, Kecamatan Peusangan	3	3	0	10	Banjir Luapan
22.	03 Desember 2017	Kecamatan Makmur, Kecamatan Gandapura, Kuala, Pandrah, Peudada, Jeumpa, Kota Juang, Kutablang	0	3	0	152	Banjir Luapan
23.	09 Februari 2016	Semua kecamatan	353	0	0	1242	Banjir Luapan
24.	24 November 2015	Kecamatan Samalanga, Simpang Mamplam, Pandrah, Jeunieb, Peulimbang, Peudada, Jeumpa, Kota Juang, Kuala, Peusangan, Peusangan Siblah Krueng, Makmur dan Kutablang	234	0	0	650	Banjir Luapan
25.	25 Oktober 2015	Kecamatan Jeumpa, Kota Juang, Kuala, Peusangan, Jeunieb, Pandrah, Simpang Mamplam, Peudada dan Makmur	0	7	0	0	Banjir Luapan

Sumber: BPBD Kabupaten Bireuen

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Selain tingginya curah hujan, perubahan penggunaan lahan juga diduga menjadi salah satu penyebab meningkatnya kerentanan banjir di Kabupaten Bireuen. Perkembangan Kawasan permukiman dan aktivitas budidaya menyebabkan berkurangnya tutupan vetegasi yang sebelumnya berfungsi sebagai daerah resapan air. Berkurangnya luas kawasan berhutan serta meningkatnya luas lahan terbangun berpotensi meningkatkan limpasan permukaan sehingga mempercepat aliran air menuju badan sungai (Nur dkk, 2024). Dalam jangka panjang, perubahan tersebut dapat meningkatkan peluang terjadinya banjir, terutama ketika bertepatan dengan kejadian hujan berintensitas tinggi. Oleh karena itu, perubahan penggunaan lahan menjadi salah satu aspek penting yang perlu dipertimbangkan dalam analisis penyebab banjir di Kabupaten Bireuen.

Berdasarkan permasalahan dan kesenjangan penelitian yang telah diuraikan, penelitian ini diarahkan untuk menjawab beberapa pertanyaan utama, yaitu bagaimana perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Bireuen selama periode 2015-2024, bagaimana akumulasi curah hujan 7 (tujuh) hari sebelum kejadian banjir di Kabupaten Bireuen, serta bagaimana keterkaitan antara akumulasi curah hujan, luas lahan terbangun, serta luas hutan dengan jumlah rumah terendam akibat banjir.

Berbagai metode telah digunakan dalam analisis banjir, mulai dari pendekatan statistik, analisis spasial berbasis SIG, metode *Multi-Criteria Decision Making* seperti *Fuzzy Analytical Hierarchy Process (Fuzzy-AHP)*, model hidrodinamika, hingga metode pembelajaran mesin (*machine learning*). Metode Fuzzy-AHP lebih banyak digunakan untuk menyusun indeks kerawanan banjir berdasarkan pembobotan berbagai parameter spasial. Sementara itu, penelitian ini tidak bertujuan Menyusun indeks kerawanan banjir. Model hidrodinamika mampu mensimulasikan proses aliran dan genangan banjir secara rinci, tetapi memerlukan data hidrologi, hidraulika serta geometri sungai yang lengkap sehingga penerapannya relatif kompleks. Meskipun metode yang lebih kompleks mampu memberikan tingkat akurasi yang tinggi, pendekatan Multiple Linear Regression (MLR) masih banyak digunakan karena memiliki struktur model yang sederhana, mudah diinterpretasikan, serta mampu menjelaskan kontribusi relatif setiap variabel independen terhadap variabel respon. Namun demikian, penerapan MLR pada kejadian hidrologi ekstrem memiliki beberapa keterbatasan, terutama adanya *attenuation bias* yang dapat menyebabkan kecenderungan *underestimation* pada nilai ekstrem tinggi dan *overestimation* pada nilai ekstrem rendah, sehingga akurasi model dalam memprediksi kejadian banjir yang kompleks dapat menurun (Jozaghi dkk, 2021). Oleh karena itu, evaluasi model tidak hanya dilakukan menggunakan koefisisen determinasi (R^2), tetapi juga disarankan menggunakan ukuran galat seperti *Mean Squared Error (MSE), Root Mean Squared Error (RMSE)* dan *Mean Absolute Error (MAE)* untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai kemampuan model dalam menjelaskan fenomena sesuai dengan tujuan penelitian yang dianalisis (Singh dkk, 2023). Di sisi lain, perkembangan metode *machine learning* menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam memodelkan hubungan nonlinier dan interkasi kompleks antarvariabel hidrologi, meskipun metode tersebut umumnya memerlukan jumlah data yang lebih besar, proses validasi yang lebih komprehensif, serta interpretasi model yang lebih sulit dibandingkan pendekatan statistik konvensional (Verdyansyah dkk, 2025). Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini menggunakan Multiple Linear Regression (MLR) sebagai model dasar (*baseline model*) untuk menganalisis hungan antar akumulasi curah hujan, perubahan penggunaan lahan, dan dampak banjir di Kabupaten Bireuen. Pemilihan metode ini didasarkan pada tujuan penelitian yang berfokus pada interpretasi hubungan antarvariabel dan identifikasi arah pengaruh masing-masing faktor, bukan pada pengembangan model prediksi operasional. Dengan jumlah data historis yang relatif terbatas, MLR dinilai sesuai untuk memberikan pemahaman kuantitatif mengenai pengaruh curah hujan dan perubahan penggunaan lahan terhadap dampak banjir, sedangkan Sistem Informasi Geografis (SIG) digunakan untuk mendukung analisis spasial distribusi banjir dan perubahan penggunaan lahan. Pengembangan model dengan pendekatan *machine learning* atau hidrodinamika dapat dipertimbangkan pada penelitian selanjutnya apabila tersedia data hidrologi, geomorfologi dan pengamatan lapangan yang lebih lengkap.

Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, masih terdapat keterbatasan dalam mengintegrasikan analisis spasial perubahan penggunaan lahan dengan analisis statistik hubungan antara curah hujan dan dampak banjir pada tingkat kabupaten, khususnya di Kabupaten Bireuen. Keterbatasan tersebut menjadi dasar perlunya penelitian yang mengombinasikan analisis spasial dan analisis statistik untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor yang memengaruhi banjir.

Penelitian memiliki kebaruan berupa integrasi analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis dengan analisis regresi linier berganda untuk mengevaluasi hubungan antara akumulasi curah hujan, perubahan penggunaan lahan, dan dampak banjir di Kabupaten Bireuen menggunakan data historis periode 2015-2024. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih kuantitatif sebagai dasar dalam mendukung pengelolaan risiko banjir dan perencanaan tata ruang. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian bertujuan untuk menganalisis hubungan antara akumulasi curah hujan, perubahan penggunaan lahan, dan dampaknya terhadap banjir di Kabupaten Bireuen menggunakan pendekatan Multiple Linear Regression berbasis Sistem Informasi Geografis.

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Bireuen, Provinsi Aceh, Indonesia, yang memiliki luas wilayah sekitar 1.796,96 km2 dan terdiri atas 17 kecamatan. Wilayah ini dilalui beberapa sungai utama yang berhulu di Kawasan pegunungan dan bermuara ke Selat Malaka (BPS, 2024). Karakteristik topografi yang bervariasi, curah hujan yang relatif tinggi, serta perubahan penggunaan lahan yang terus meningkat menyebabkan Kabupaten Bireuen menjadi salah satu wilayah yang rentan terhadap kejadian banjir, terutama banjir luapan sungai.

2.2. Data Penelitian

Penelitian menggunakan data sekunder yang diperoleh dari beberapa instansi untuk mendukung analisis spasial serta identifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kejadian banjir di Kabupaten Bireuen. Data kejadian banjir diperoleh dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Bireuen dengan periode data tahun 2015–2024. Data ini digunakan untuk mengidentifikasi lokasi, frekuensi, serta dampak kejadian banjir sehingga dapat diketahui pola sebaran kejadian banjir selama periode penelitian. Selanjutnya, data curah hujan harian diperoleh dari *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation* with Station Data (CHIRPS) periode 2015–2024. Data tersebut dimanfaatkan untuk menganalisis karakteristik hujan, termasuk intensitas dan akumulasi curah hujan yang berpotensi memicu terjadinya banjir. Untuk mengetahui perubahan kondisi tutupan lahan, penelitian menggunakan peta penggunaan lahan yang diperoleh dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) periode 2015–2024. Data ini digunakan untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan yang diduga berkontribusi terhadap peningkatan risiko banjir. Selain itu, penelitian juga memanfaatkan data batas administrasi Kabupaten Bireuen yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) tahun 2024. Data batas administrasi berfungsi sebagai peta dasar dalam proses analisis spasial, pengolahan data Sistem Informasi Geografis (SIG), serta penyajian hasil pemetaan agar sesuai dengan batas wilayah administrasi penelitian.

2.3. Analisis Spasial

Analisis spasial dilakukan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) melalui perangkat lunak ArcGIS. Tahapan analisis meliputi pengolahan data penggunaan lahan, pemetaan lokasi kejadian banjir, dan analisis perubahan penggunaan lahan selama periode 2015-2024. Teknik overlay digunakan untuk mengintegrasikan berbagai layer spasial sehingga diperoleh informasi mengenai distribusi kejadian banjir terhadap perubahan penggunaan lahan. Hasil analisis spasial selanjutnya digunakan untuk mengidentifikasi perubahan luas lahan terbangun dan Kawasan berhutan sebagai variabel yang dianalisis pada model statistik.

2.4. Analisis Curah Hujan

Data curah hujan diperoleh dari Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data (CHIRPS). Untuk setiap kejadian banjir dihitung akumulasi curah hujan selama tujuh hari sebelum kejadian, karena kondisi kelembapan tanah dan akumulasi hujan beberapa hari sebelumnya berperan dalam meningkatkan limpasan permukaan dan potensi banjir. Pendekatan akumulasi hujan telah banyak digunakan dalam analisis hidrologi untuk menggambarkan kondisi yang lebih representatif dibandingkan hanya menggunakan curah hujan harian.

2.5. Analisis Regresi Linier Berganda

Hubungan antara curah hujhan, perubahan penggunaan lahan, dan dampak banjir dianalisis menggunakan Multiple Linear Regression (MLR). Metode ini dipilih karena mampu menjelaskan hubungan kuantitatif antara beberapa variabel independen terhadap satu variabel dependen serta menghasilkan model yang mudah diinterprestasikan untuk mendukung pengambilan keputusan (Montgomery, 2021). Meskipun berbagai metode berbasis machine learning berkembang pesat, MLR tetap banyak digunakan sebagai model dasar (baseline model) dalam studi hidrologi karena interpretabilitasnya yang tinggi, terutama ketika jumlah data relatif terbatas. Analisis regresi dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS. Model regresi yang digunakan dinyatakan sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

dengan:

Y = Jumlah rumah terendam sebagai indikator dampak banjir;
X_1 = Akumulasi curah hujan tujuh hari sebelum kejadian (mm);
X_2 = Luas lahan terbangun (ha);
X_3 = Luas kawasan hutan (ha);
β_0 = Konstanta;
$\beta_1 - \beta_3$ = Koefisien regresi;
ε = Galat (error).

2.6. Evaluasi Model

Kinerja model regresi dievaluasi menggunakan koefisien determinasi (R2), Adjusted R2, uji F, dan uji t. Koefisien determinasi digunakan untuk mengetahui proporsi variasi variabel dependen yang dapat dijelaskan oleh variabel independen. Uji F digunakan untuk mengevaluasi signifikansi model secara simultan, sedangkan uji t digunakan untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen. Hasil evaluasi tersebut digunakan sebagai dasar untuk menilai kemampuan model dalam menjelaskan hubungan antara curah hujan, perubahan penggunaan lahan, dan dampak banjir.

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

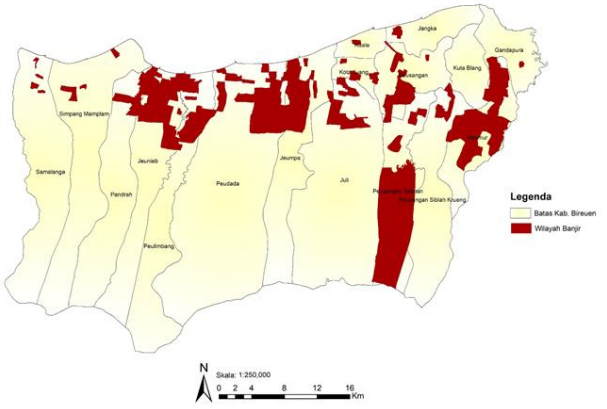
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Kejadian Banjir Kabupaten Bireuen

Berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Bireuen, selama periode 2015-2024 tercatat sebanyak 25 kejadian banjir yang tersebar di berbagai kecamatan. Sebagian besar kejadian dikategorikan sebagai banjir luapan, sedangkan banjir genangan hanya terjadi pada satu kejadian. Pola tersebut menunjukkan bahwa kapasitas sungai dalam menampung debit aliran masih menjadi faktor utama penyebab banjir di Kabupaten Bireuen.

Distribusi kejadian banjir menunjukkan fluktuasi yang cukup besar setiap tahun. Tahun 2022 merupakan tahun dengan jumlah kejadian terbanyak, yaitu lima kejadian, sedangkan tahun 2018 dan 2023 masing-masing mencatat empat kejadian. Sebaliknya, tahun 2016 dan 2021 hanya mengalami satu kejadian banjir. Variasi tersebut menunjukkan bahwa banjir di Kabupaten Bireuen dipengaruhi oleh dinamika kondisi hidrometeorologi yang berubah setiap tahun.

Selain frekuensi kejadian, dampak banjir juga bervariasi. Kejadian banjir pada 21 Januari 2023 merupakan peristiwa dengan dampak terbesar, yaitu mengenangi 6.119 rumah di beberapa kecamatan. Sebaliknya, beberapa kejadian hanya mengakibatkan genangan pada sejumlah kecil rumah. Perbedaan tingkat dampak ini mengindikasikan bahwa besarnya kerugian akibat banjir tidak hanya dipengaruhi oleh intensitas hujan, tetapi juga oleh karakteristik wilayah terdampak, kondisi sungai, sistem drainase, dan kepadatan permukiman.

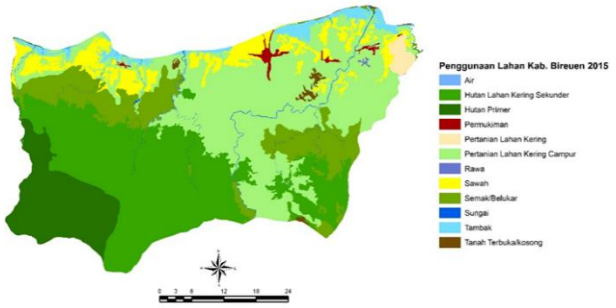


Gambar 1. Peta Kejadian Banjir Kab. Bireuen 2015-2024

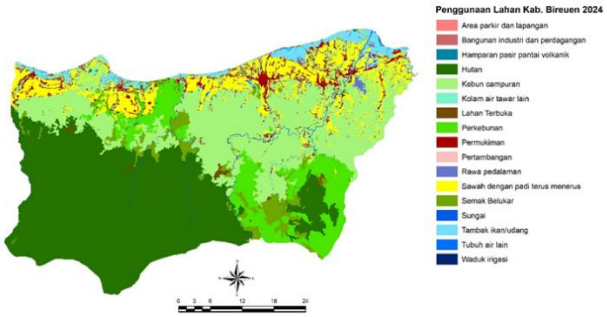
Peta sebaran kejadian banjir sebagaimana disajikan pada **Gambar 1** menunjukkan bahwa wilayah yang berada di sepanjang aliran sungai utama memiliki frekuensi banjir yang lebih tinggi dibandingkan wilayah lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa sungai merupakan jalur utama penyebaran banjir, terutama ketika terjadi peningkatan debit akibat curah hujan yang tinggi.

3.2. Penggunaan Lahan

Perubahan penggunaan lahan merupakan salah satu faktor yang diduga berkontribusi terhadap peningkatan risiko banjir di Kabupaten Bireuen. Analisis spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis menunjukkan adanya perubahan luas beberapa kelas penggunaan lahan selama periode 2015-2024 sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.

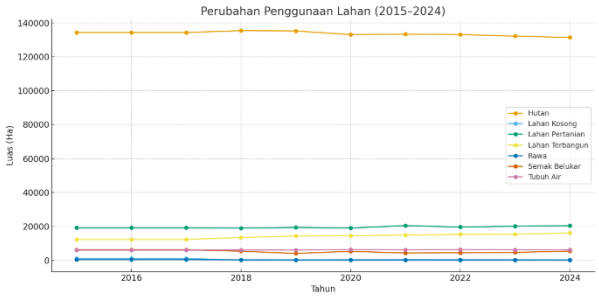


Gambar 2. Penggunaan lahan Kab. Bireuen 2015



Gambar 3. Penggunaan lahan Kabupaten Bireuen 2024

Hasil analisis memperlihatkan bahwa Kawasan lahan terbangun mengalami peningkatan selama periode penelitian, sedangkan luas kawasan hutan menunjukkan kecenderungan menurun sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 4.** Peningkatan lahan terbangun mencerminkan berkembangnya kawasan permukiman dan aktivitas ekonomi yang berpotensi mengurangi kapasitas infiltrasi tanah. Sebaliknya, berkurangnya tutupan hutan dapat menurunkan kemampuan kawasan dalam menahan limpasan permukaan sehingga meningkatkan debit aliran menuju sungai.



Gambar 4. Grafik Perubahan Lahan 2015-2024

Secara hidrologis, perubahan tersebut berpotensi meningkatkan koefisien limpasan permukaan. Semakin luas kawasan terbangun, semakin kecil kemampuan lahan menyerap air hujan sehingga

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

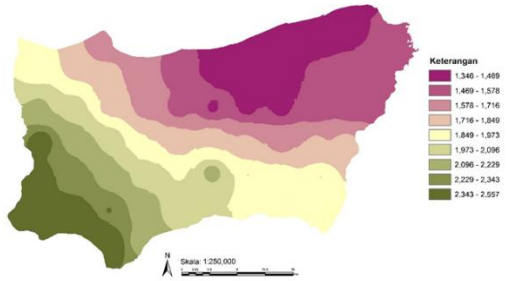
volume limpasan yang masuk ke jaringan sungai menjadi lebih besar (Rizalihadi dkk, 2026). Kondisi ini memperbesar peluang terjadinya banjir, terutama ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi.

Matriks perubahan penggunaan lahan periode 2015-2024 sebagaimana disajikan pada **Tabel 2** menunjukkan bahwa sebagian besar penggunaan lahan masih mempertahankan kelasnya masing-masing, namun terjadi konversi pada beberapa tipe tutupan lahan. Perubahan yang paling menonjol terjadi pada Kawasan hutan, khususnya hutan lahan kering sekunder, yang mengalami konversi menjadi perkembunan (33,76 ha), semak belukar (23,23 ha), kebun campuran (8,14 ha), serta lahan terbuka (1,63 ha). Selain itu peningkatan Kawasan permukiman juga berasal dari konversi beberapa jenis penggunaan lahan lainnya, meskipun dalam luasan yang relatif lebih kecil. Perubahan tersebut mengindikasikan adanya perubahan fungsi tutupan lahan yang berpotensi mengurangi kemampuan Kawasan dalam mengintersepsi curah hujan dan meningkatkan limpasan permukaan. Secara hidrologis, kondisi tersebut dapat meningkatkan kerentanan wilayah terhadap banjir apabila terjadi akumulasi curah hujan yang tinggi.

3.3. Karakteristik Curah Hujan terhadap Kejadian Banjir

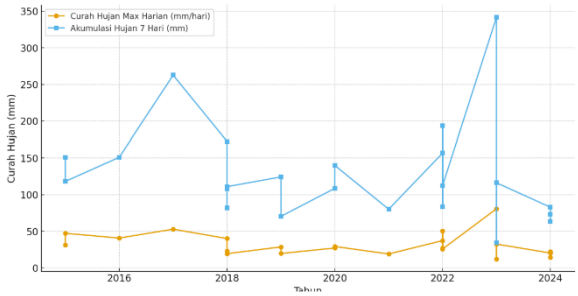
Curah hujan merupakan faktor hidrometeorologi utama yang berperan dalam memicu terjadinya banjir di Kabupaten Bireuen. Untuk menggambarkan kondisi hidrologi sebelum kejadian banjir, penelitian menggunakan akumulasi curah hujan selama tujuh hari sebelum kejadian banjir yang diperoleh dari data CHIRPS periode 2015-2024. Pendekatan ini dipilih karena kondisi kelembapan tanah dan akumulasi hujan beberapa hari sebelumnya lebih merepresentasikan potensi terbentuknya limpasan permukaan dibandingkan hanya menggunakan curah hujan harian.

Hasil analisis pada **Tabel 3** menunjukkan bahwa akumulasi curah hujan tujuh hari sebelum kejadian banjir berkisar antara 34,15 mm hingga 341,64 mm. Nilai tertinggi tercatat pada kejadian banjir tanggal 27 Januari 2023, sedangkan nilai terendah terjadi pada kejadian banjir tanggal 19 September 2023. Meskipun demikian, banjir tidak selalu terjadi pada akumulasi curah hujan tertinggi. Beberapa kejadian banjir juga tercatat pada kondisi akumulasi hujan yang relatif sedang, menunjukkan bahwa curah hujan bukan satu-satunya faktor yang menentukan besarnya dampak banjir. Distribusi spasial curah hujan sebagaimana disajikan pada **Gambar 5** memperlihatkan adanya variasi intensitas hujan antar wilayah di Kabupaten Bireuen. Wilayah bagian hulu cenderung menerima curah hujan yang lebih tinggi dibandingkan wilayah hilir. Kondisi ini berpotensi meningkatkan debit aliran sungai yang mengalir menuju daerah dataran rendah sehingga memperbesar peluang terjadinya banjir luapan pada wilayah hilir.



Gambar 5. Peta Curah Hujan Kab. Bireuen

Grafik menunjukkan bahwa sebagian besar kejadian banjir terjadi ketika akumulasi curah hujan melebihi 100 mm dalam tujuh hari, meskipun terdapat beberapa kejadian banjir pada nilai akumulasi yang lebih rendah sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 6**. Fenomena tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara curah hujan dan banjir bersifat kompleks. Tingginya curah hujan meningkatkan peluang terjadinya banjir, namun besarnya dampak banjir juga dipangaruhi oleh kondisi penggunaan lahan, kapasitas sungai, sistem drainase, serta karakteristik morfologi wilayah (Anh Tu, 2023).



Gambar 6. Grafik Curah Hujan Harian & 7 Hari Sebelum Kejadian Banjir

Hasil ini menunjukkan bahwa akumulasi hujan berperan sebagai faktor pemicu (triggering factor), sedangkan perubahan penggunaan lahan berperan sebagai faktor pengontrol (controlling factor) yang memengaruhi besarnya limpasan permukaan. Dengan demikian, analisis banjir tidak dapat dilakukan hanya berdasarkan besarnya curah hujan, tetapi perlu mempertimbangkan perubahan karakteristik wilayah yang memengaruhi respon hidrologi terhadap hujan.

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Tabel 2. Matriks Perubahsan Penggunaan Lahan

		2024																	
		Area Parkir dan Lapangan	Bangunan Industri dan Perdagangan	Hamparan Pasir Pantai Volkanik	Hutan	Kebun Campuran	Kolam Air Tawar Lain	Lahan Terbuka	Perkebunan	Permukiman	Pertambangan	Rawa Pedalaman	Sawah dengan Padi Terus Menerus	Semak Belukar	Sungai	Tambak Ikan/Udang	Tubuh Air Lain	Waduk Irigasi	*Total Keseluruhan*
2015	Airs			0	0,02	1,96		0,03	0,43	0,15			0,03	0,42	0,85	0,29			4,18
	Hutan Lahan Kering Sekunder				479,43	8,14		1,63	33,76					23,23	0,6				**546,79**
	Hutan Primer			0,1	185,4	0,05							0,18	0,36	0,27	0,03			**186,39**
	Permukiman					1,57		0,02		8,04		0	1,77	0,01	0	0,05			11,46
	Pertanian Lahan Kering		0,09			9,17				0,7			6,43	0,02	0				16,41
	Pertanian Lahan Kering Campur	0,01	0,14	0,14	8,53	374,6	0,02	3,08	67,68	42,24		2	53,52	33,89	1,82	5,96	0,9	0,05	594,58
	Rawa					0,27		0,01				0,74							1,02
	Sawah		0,04	0,24	0,04	24,88	0	0,04	0,6	10,91			101,33	0,37	0,11	0,49	0,52		139,57
	Semak / Belukar			0,09	17,85	110,45		1,11	73,64	1,38	0,05		3,61	12,96	0,94	0,34			222,42
	Sungai			0,03	0,34	1,5		0,03	0,74	0,04			0,08	0,21	5,73	0,32	0,18		9,2
	Tambak			0,26	0,03	3,34	0,06	0,03	0,39	0,64			1,98	0,06	0,86	40,2	0,03		47,88
	Tanah Terbuka / kosong			0,1	0,07	5,93	0	0,18	2,28	0,03			0,11	0,05	0,02	0,6			9,37
	Total Keseluruhan	0,01	0,27	0,96	**691,71**	541,86	0,08	6,16	179,52	64,13	0,05	2,74	169,04	71,58	11,2	48,28	1,63	0,05	1789,27

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Tabel 3. Curah Hujan Kejadian Banjir

No	Tahun	Kejadian banjir	Curah Hujan 7 Harian (mm/hari)							Akumulasi hujan 7 hari (mm)
1.	2024	08 September 2024	19.46	8.02	9.73	6.73	2.47	4.43	22.15	73.00
2.		28 Juni 2024	11.22	11.31	11.31	2.55	4.48	14.16	8.52	63.55
3.		25 Januari 2024	9.91	5.74	9.93	0.00	17.19	20.28	19.86	82.90
4.	2023	04 Desember 2023	22.33	20.61	6.82	32.45	11.17	9.86	12.98	116.22
5.		19 September 2023	0.00	6.36	2.02	5.53	4.41	3.96	11.88	34.15
6.		27 Januari 2023	80.36	27.76	24.68	40.93	38.82	80.68	48.41	341.64
7.		21 Januari 2023	10.82	12.05	49.32	53.46	0.00	40.32	80.36	246.33
8.	2022	19 November 2022	17.05	25.78	17.08	10.65	7.28	13.38	21.29	112.50
9.		07 Oktober 2022	12.62	9.88	36.00	50.26	21.52	28.30	35.06	193.65
10.		16 Maret 2022	14.77	26.94	0.00	9.86	12.34	0.00	19.41	83.32
11.		11 Maret 2022	10.91	18.81	15.13	37.26	32.96	14.77	26.94	156.77
12.		13 Januari 2022	24.49	21.79	6.70	12.41	0.00	17.27	0.00	82.67
13.	2021	13 Juli 2021	7.59	11.45	16.60	18.99	13.66	0.00	11.83	80.11
14.	2020	02 Mei 2020	26.74	23.37	29.17	15.63	16.96	15.03	13.03	139.93
15.		13 April 2020	11.19	18.28	18.28	11.12	8.11	14.58	27.10	108.65
16.	2019	14 November 2019	5.63	0.00	4.80	13.19	19.65	16.73	10.38	70.38
17.		23 Oktober 2019	19.11	23.65	14.19	14.33	9.78	28.58	14.61	124.24
18.	2018	17 Desember 2018	18.65	19.43	17.58	14.55	7.66	16.97	16.11	110.95
19.		13 Desember 2018	11.85	14.75	9.11	16.87	18.65	19.43	17.58	108.25
20.		06 Desember 2018	10.47	11.66	4.41	4.06	22.81	13.14	15.31	81.87
21.		17 November 2018	40.06	12.01	19.16	25.52	19.16	38.27	18.09	172.27
22.	2017	03 Desember 2017	24.89	31.28	31.28	45.36	52.82	29.70	47.29	262.61
23.	2016	09 Februari 2016	5.76	13.64	26.97	40.73	25.06	9.74	29.12	151.03
24.	2015	24 November 2015	8.11	23.59	6.73	7.87	7.97	16.71	47.20	118.18
25.		25 Oktober 2015	31.06	5.17	21.09	21.15	28.34	23.04	21.26	151.11

Sumber: CHRIPS 2025

3.4. Hubungan Antara Alih Fungsi Lahan dan Intensitas Hujan Terhadap Banjir

Hubungan antara akumulasi curah hujan, perubahan penggunaan lahan, dan dampak banjir dianalisis menggunakan metode Multiple Linear Regression (MLR). Variabel dependen yang digunakan adalah jumlah rumah terendam sebagai indikator dampak banjir, sedangkan variabel independent terdiri atas akumulasi curah hujan tujuh hari sebelum kejadian banjir, luas lahan terbangun, dan luas Kawasan hutan.

$$Y = 36680 + 3{,}391X_1 + 0{,}173X_2 - 0{,}292X_3$$

Tabel 4. Hasil Analisis Regresi Linier Berganda

No.	Variabel	Koefisien	p-value
1.	Kostanta	36680	
2.	Curah hujan (X_1)	3,391	0,424
3.	Lahan terbangun (X_2)	0,173	0,653
4.	Luas hutan (X_3)	-0,292	0,420

Hasil analisis pada **Tabel 4** menunjukkan bahwa arah hubungan masing-masing variabel sesuai dengan mekanisme hidrologi yang terjadi di lapangan. Akumulasi curah hujan memiliki hubungan positif terhadap jumlah rumah terendam, yang menunjukkan bahwa peningkatan curah hujan cenderung meningkatkan potensi terjadinya banjir. Demikian pula, luas lahan terbangun menunjukkan kecenderungan hubungan positif terhadap dampak banjir. Sebaliknya, luas Kawasan hutan memiliki hubungan negatif, yang mengindikasikan bahwa keberadaan Kawasan berhutan berperan dalam mengurangi limpasan permukaan melalui peningkatan kapasitas infiltrasi dan penyimpanan air. Meskipun demikian, hasil evaluasi model menunjukkan bahwa kemampuan model dalam menjelaskan variasi dampak banjir masih terbatas. Hal ini mengindikasikan bahwa banjir di Kabupaten Bireuen merupakan fenomena yang dipengaruhi oleh berbagai faktor selain curah hujan dan perubahan penggunaan lahan. Variabel lain seperti kapasitas sungai, karakteristik topografi, kepadatan jaringan drainase, jenis tanah, kondisi daerah aliran sungai, serta distribusi permukiman diduga turut memengaruhi besarnya dampak banjir, namun belum dimasukkan dalam model penelitian ini.

Secara hidrologis, hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan curah hujan tidak selalu diikuti oleh peningkatan jumlah rumah yang terdampak banjir. Beberapa kejadian banjir dengan akumulasi hujan yang relatif tinggi menghasilkan dampak yang lebih kecil dibandingkan kejadian lain dengan curah hujan yang lebih rendah. Kondisi ini mengindikasikan bahwa respon suatu wilayah terhadap hujan sangat dipengaruhi oleh karakteristik fisik wilayah, termasuk perubahan penggunaan lahan dan kapasitas sistem pengaliran. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa penggunaan Multiple Linear Regression mampu menggambarkan arah hubungan antarvariabel, namun belum sepenuhnya mampu menjelaskan kompleksitas proses terjadinya banjir. Dengan demikian, model yang dihasilkan lebih tepat diposisikan sebagai model eksplanatori (explanatory model) yang menjelaskan hubungan antarvariabel daripada sebagai model prediksi operasional untuk peringatan dini banjir.

Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian yang menyatakan bahwa kejadian banjir merupakan hasil interaksi antara faktor meteorologis, hidrologis, geomorfologis, dan aktivitas manusia. Oleh karena itu, peningkatan akurasi model pada penelitian selanjutnya memerlukan penambahan variabel yang

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

mampu merepresentasikan kondisi fisik DAS secara lebih komprehensif.

3.5. Evaluasi Model Regresi

Untuk menilai kemampuan model regresi dalam menjelaskan hubungan antara variable penelitian, dilakukan evaluasi menggunakan koefisien determinasi (R2), Adjusted R2, uji F, dan uji signifikansi koefisien regresi.

Tabel 5. Evaluasi Model Regresi

No.	Parameter	Nilai
1.	R^2	0,194
2.	Adjusted R^2	0,0736
3.	F hitung	1,602
4.	Sig. F	0,220

Hasil evaluasi pada **Tabel 5** menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan sekitar 19,4% variasi dampak banjir, sedangkan 80,6% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan dalam model. Nilai Adjusted R2 yang lebih rendah menunjukkan bahwa kemampuan model masih terbatas setelah memperhitungkan jumlah variabel independent yang digunakan.

Hasil uji F menunjukkan bahwa model belum signifikan pada taraf kepercayaan 95% (p>0,05). Kondisi ini mengindikasikan bahwa hubungan antara variabel yang dianalisis belum mampu menjelaskan variasi dampak banjir secara menyeluruh. Namun demikian, arah hubungan antar variabel masih konsisten dengan konsep hidrologi, yaitu peningkatan curah hujan dan luas lahan terbangun cenderung meningkatkan dampak banjir, sedangkan Kawasan hutan berkontribusi dalam mengurangi dampak tersebut. Rendahnya kemampuan model diduga dipengaruhi oleh keterbatasan jumlah variabel yang digunakan. Dampak banjir tidak hanya dipengaruhi oleh curah hujan dan perubahan penggunaan lahan, tetapi juga oleh karakteristik morfometri DAS, kapasitas sungai, kondisi drainase, elevasi, kemiringan lereng, kepadatan permukiman, serta faktor sosial-ekonomi yang belum dianalisis dalam penelitian ini.

Sebelum interpretasi hasil regresi dilakukan, model diuji melalui pengujian multikolinearitas, normalitas residual, dan heteroskedastisitas sebagaimana disajikan pada **Tabel 6**. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tidak terdapat indikasi multikolinearitas maupun heteroskedastisitas pada model, sedangkan uji normalitas residual menunjukkan bahwa residual belum berdistribusi normal. Temuan ini menunjukkan bahwa model telah memenuhi sebagian besar asumsi dasar regresi linear berganda, namun masih memiliki keterbatasan pada asumsi normalitas residual. Uji normalitas residual menunjukkan residual belum berdistribusi normal. Kondisi ini diduga dipengaruhi oleh ukuran sampel yang relative terbatas (25 kejadian banjir) serta tingginya variasi jumlah rumah terendam antar kejadian banjir. meskipun demikian, hasil regresi tetap memberikan informasi mengenai arah hubungan antarvariabel dan digunakan sebagai dasar analisis eksplanatori dalam penelitian ini.

Model yang dihasilkan tetap memberikan informasi awal mengenai hubungan antara faktor hidrologi dan perubahan penggunaan lahan terhadap dampak bajir di Kabupaten Bireuen. Oleh karena itu, hasil penelitian dapat digunakan sebagai baseline model untuk pengembangan penelitian selanjutnya dengan memasukkan variabel hidrologi dan geomorfologi yang lebih lengkap serta menerapkan metode analisis yang lebih kompleks.

Nilai F hitung sebesar 1,602 dengan tingkat signifikansi 0,220 menunjukkan bahwa secara simultan akumulasi curah hujan tujuh hari, luas lahan terbangun, dan luas lahan hutan belum mampu menjelaskan variasi jumlah rumah terendam secara signifikan pada tingkat kepercayaan 95%. Hasil ini mengindikasikan bahwa kejadian banjir di Kabupaten Bireuen merupakan fenomena yang dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berinteraksi, sehingga ketiga variabel yang digunakan dalam penelitian ini belum mampu merepresentasikan seluruh kompleksitas proses banjir. dengan demikian, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa faktor-faktor lain, seperti kapasistas sungai, kondisi drainase, topografi, karakteristik daerah aliran sungai, serta kondisi penggunaan lahan yang lebih rinci, berpotensi memberikan pengaruh terhadap besarnya dampak banjir dan perlu dipertimbangkan pada penelitian selanjutnya. Meskipun model belum signifikan, penelitian ini tetap memberikan informasi empiris mengenai arah hubungan antara curah hujan, perubahan penggunaan lahan, dan dampak banjir, serta menunujukkan bahwa penggunaan ketiga variabel tersebut saja belum memadai untuk menjelaskan variasi jumlah rumah terendam di Kabupaten Bireuen. Temuan ini menjadi dasar bagi pengembangan model yang lebih komprehensi dengan memasukkan variabel hidrologi dan karakteristik wilayah yang lengkap.

Tabel 6. Hasil Diagnostik Model Multiple Linear Regression

No.	Pengujian	Hasil	Kriteria	Interpretasi
1.	Multikolinearitas (VIF)	X_1 = 1,116 X_2 = 3,033 X_3 = 2,906	VIF < 5	Tidak terdapat multikolinearitas yang bermasalah
2.	Normalitas Residual	Statistik = 0,795 p = 0,00025	P > 0,05	Residual tidak berdistribusi normal
3.	Heteroskedastisitas	LM = 7,131 p = 0,0678	P > 0,05	Tidak terdapat heteroskedastisitas yang signifikan.

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

3.6. Diskusi dan Batasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa curah hujan dan perubahan penggunaan lahan merupakan dua faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya banjir di Kabupaten Bireuen, meskipun kemampuan model dalam menjelaskan variasi dampak banjir masih terbatas. Kondisi ini menunjukkan bahwa banjir merupakan fenomena hidrologi yang kompleks dan dipengaruhi oleh interaksi berbagai faktor fisik maupun antropogenik. Dengan demikian, hubungan antara hujan dan banjir tidak dapat dijelaskan hanya berdasarkan besarnya curah hujan, tetapi juga dipengaruhi oleh karakteristik daerah tangkapan air, kapasitas sungai, sistem drainase, serta perubahan penggunaan lahan yang terjadi selama beberapa tahun terakhir.

Temuan penelitian memperkuat hasil berbagai penelitian di Provinsi Aceh yang menyatakan bahwa perubahan penggunaan lahan merupakan salah satu faktor penting dalam meningkatkan kerentanan banjir. Penelitian pada DAS Keureuto menunjukkan bahwa kawasan dengan tingkat perubahan penggunaan lahan yang tinggi memiliki tingkat kerawanan banjir yang lebih besar dibandingkan kawasan dengan tutupan vegetasi yang masih baik. Demikian pula penelitian pada DAS Krueng Peuto menunjukkan bahwa karakteristik morfologi sungai dan kondisi penggunaan lahan berpengaruh terhadap luas genangan banjir yang dihasilkan melalui simulasi hidrodinamika. Meskipun menggunakan pendekatan yang berbeda, penelitian-penelitian tersebut memiliki kesamaan dengan hasil penelitian ini, yaitu perubahan kondisi fisik wilayah berkontribusi terhadap peningkatan potensi banjir.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa curah hujan berberan sebagai faktor pemicu (*triggering factor*), sedangkan penggunaan lahan berfungsi sebagai faktor yang mengendalikan respon hidrologi suatu wilayah (*controlling factor*). Pada beberapa kejadian banjir, akumulasi curah hujan yang relative tinggi tidak selalu menghasilkan jumlah rumahg terdampak yang lebih besar. Sebaliknya, terdapat kejadian dengan curah hujan yang lebih rendah tetapi menimbulkan dampak yang lebih luas. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa kapasitas infiltrasi lahan, kondisi jaringan sungai, dan distribusi permukiman memiliki peran penting dalam menentukan besarnya dampak banjir setelah hujan terjadi.

Penelitian memberikan sudut pandang yang berbeda melalui analisis hubungan antara faktor hidrologi dan perubahan penggunaan lahan menggunakan pendekatan regresi linier berganda. Pendekatan ini menungkinkan identifikasi arah hubungan antarvariabel sehingga dapat digunakan sebagai dasar awal dalam memahami dinamika banjir di Kabupaten Bireuen. Naumun demikian, hasil penelitian belum dimaksudkan sebagai model prediksi operasional, melainkan sebagai model eksplanatori yang menjelaskan hubungan antar variabel berdasarkan data historis yang tersedia.

Implikasi praktis dari penelitian adalah pentingnya pengendalian perubahan penggunaan lahan sebagai bagian dari strategi mitigasi banjir. Peningkatan luas kawasan terbangun tanpa diimbangi penyediaan ruang terbuka hijau dan kawasan resapan berpotensi meningkatkan limpasan permukaan sehingga memperbesar risiko banjir. Oleh karena itu, hasil penelitian ini dapat menjadi salah satu dasar dalam penyusunan kebijakan tata ruang, konservasi kawasan hulu, pengelolaan daerah alirah sungai, serta peningkatan sistem drainase perkotaan untuk mengurangi dampak banjir di Kabupaten Bireuen.

Selain memberikan kontribusi ilmiah dalam menjelaskan hubungan antara curah hujan dan perubahan penggunaan lahan terhadap dampak banjir, hasil penelitian ini juga memiliki implikasi praktis bagi pemerintah daerah. Informasi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai salah satu dasar dalam penyusuna kebijakan pengendalian perubahan penggunaan lahan, evaluasi tata ruang, serta penetuan prioritas Kawasan yang memerlukan upaya konservasi dan pengurangan risiko banjir. dengan demikian, pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini dapat mendukung pengambilan keputusan berbasis data spasial dalam pengelolaan banjir di Kabupaten Bireuen.

3.7. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini juga memiliki keterbatasan pada kualitas dan resolusi data yang digunakan. Analisis perubahan penggunaan lahan dilakukan menggunakan dua periode data, yaitu tahun 2015 dan 2024, sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan dinamika perubahan penggunaan lahan yang terjadi setiap tahun selama periode penelitian. Selain itu, data curah hujan diperoleh dari produk satelit CHRIPS yang meskipun telah banyak di gunakan dalam kajian hidrologi, tetapi memiliki ketidakpastian dibandingkan pengamatan langsung di lapangan.

Penelitian ini juga belum membandingkan kinerja Multiple Linear Regression dengan pendekatan lain, seperti Fuzzy Analytical Hierarchy Process (Fuzzy-AHP), model hidrodinamika, maupun metode machine learning. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya di sarankan melakukan perbandingan antar-metode menggunakan data hidrologi dan spasial yang lebih lengkap untuk memperoleh model yang memiliki kemampuan prediksi yang lebih baik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis spasial dan analisis regresi, dapat disimpulkan bahwa curah hujan dan perubahan penggunaan lahan berkontribusi terhadap terjadinya banjir di Kabupaten Bireuen. Analisis spasial menunjukkan adanya peningkatan luas lahan terbangun dan penurunan luas kawasan hutan selama periode 2015-2024, yang berpotensi meningkatkan limpasan permukaan dan kerentanan wilayah terhadap banjir. Sementara itu, analisis curah hujan menunjukkan bahwa sebagian besar kejadian banjir

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

dipicu oleh akumulasi hujan yang tinggi dalam beberapa hari sebelum kejadian, meskipun besarnya dampak banjir dipengaruhi pula oleh kondisi fisik wilayah.

Analisis regresi menunjukkan bahwa akumulasi curah hujan, luas lahan terbangun, dan luas Kawasan hutan memiliki arah hubungan yang konsisten dengan konsep hidrologi. Curah hujan dan lahan terbangun cenderung meningkatkan dampak banjir. Sedangkan kawasan hutan berperan dalam mengurangi dampak tersebut. Namun demikian, kemampuan model dalam menjelaskan variasi dampak banjir masih terbatas, sehingga model lebih tepat digunakan sebagai model eksplanatori untuk memahami hubungan antarvaribel daripada sebagai model prediksi operasional.

Hasil penelitian memberikan informasi awal mengenai hubungan antara faktor hidrologi dan perubahan penggunaan lahan terhadap dampak banjir di Kabupaten Bireuen. Infomasi tersebut dapat dimanfaatkan sebagai salah satu dasar dalam mendukung penyusunan kebijakan tata ruang, pengelolaan daerah aliran sungai, serta upaya mitigasi bajir berbasis data spasial. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan variabel hidrologi dan geomorfologi lainnya serta menerapkan metode analisis yang lebih komprehensif guna meningkatkan kemampuan model dalam menjelaskan dinamika banjir.

DAFTAR PUSTAKA

Latief, R., Barkey, R. A., & Suhaeb, M. I. 2021. Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Banjir di Kawasan Daerah Aliran Sungai Maros. Urban and Regional Studies Journal 3(2): 52-59.

Asrul., Eraku, S., Agu, R.R., Maini, A.A., Lasamu, M., & Massi, S. 2025. Pengaruh Alih Fungsi Lahan Terhadap Kejadian Banjir di Kelurahan Leato Selatan Kecamatan Kota Timur Kota Gorontalo. Geodika: Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi 9(1): 52-61.

Wahyuni, S., Karim, S., & Arifin, D. 2021. Sistem Informasi Geografis Pemetaan Daerah Rawan Longsor Kota Samarinda Berbasis Web Menggunakan Metode Skor dan Pembobotan. Antivirus: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika 15(2): 209-227.

Rizalihadi M. 2024. Flood Susceptibility Mapping using GIS Based on Fuzzy AHP Method in Keureuto River Basin, Aceh. DOI: 10.1109/ICSINTESA62455.2024.10747983

Keumalasari M., Meilianda E., Azmeri., Alfian D and Ziana. 2024. 2D Hydrodinamic Modelling of Flood Inundation Scenarios of Krueng Peuto River at North Aceh Regency of Aceh Province. E3S Web Conf. 476 01054. DOI: 10.1051/e3sconf/202447601054

Sugianto S., Deli A., Rusdi M., Irham M. 2022. The Effect Of Land Use and Land Cover Changes on Flood Occurrence in Teunom Watershed, Aceh Jaya. Land.11(8):1271. https://doi.org/10.3390/land11081271

Budiarto FA dan Bioresita F. 2023. Pemnafaatan Citra Sentinel-1 SAR dan Metode Change Detection Approach untuk AnalisisnSebaran Spasial Wilayah Banjir dan Area Terdampak (Studi Kasus: Banjir Kabupaten Aceh Utara 2022). JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering. 6(2). https://doi.org/10.22146/jgise.87585

Rizalihadi M, 2026. GIS based hybrid multi criteria decision making on the fuzzy environment to delineate flood susceptibility region in kr. Keureuto catchment area, Nort Aceh. DOI: 10.1016/j.rineng.2026.109064

Lizar, S.A., Satriawan, H., & Azizah, C. 2024. Analisis Wilayah Kerentanan Banjir Berbasis Sistem Informasi Geografis di Kota Lhokseumawe. Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil 14(1): 53-67.

Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), 2024

Nur, H., Satriawan, H., Ernawita., & Lizar, C.A. 2024. Assessing Soil Erosion in Bireuen District Aceh Using USLE anda GIS Models. Jurnal Ilmiah Membangun Desa dan Pertanian 9(5): 514-522.

Azizah C, Pawitan H, Dasanto BD, Ridwansyah I, Taufik M. 2022. Risk assessment of Flash Flood Potential in the Humid Tropics Indonesia: a Case Study in Tamiang River Basin. Int. J. Hydrology Science and Technology Vol. 13, No. 1.

Jozaghi A., Shen H., Ghazvinian M., Seo DJ. 2021. Multi-model streamflow prediction using conditional bias-penalized multiple linear regression. Stoch Environ Res Risk Assess. 35:2355-2373. DOI:10.1007/s00477-021-02048-3

Singh G dan Harun. 2023. Multiple linear regression base anlysis of weather data for precipitation and vivibility prediction. In: Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence and Cognitive Computing. Singapore; p.69-80. Doi:10.1007/978-3-031-37940-6_6.

Verdyansyah A., Chang YL., Wang FC., Tsai F., dan Lin TH. 2025. Integrating CMIP6 and remote sensing datasets for current and future flood susceptibility projections using machine learning under climate change scenarios in Demak District for future sustainable planning. Sustainability;17(18)8188. Doi:10.3390/su17188188.

Hicheng Xu, Lei Fu, Tao Lin, Weichang Li, Shouxiang Ma. 2022. Machine learning in petrophysics: Advantages and limitations, Artificial Intelligence in Geosciences.

Badan Pusat Statistik. Kabupaten Bireuen dalam Angka. 2024.

Badan Penanggulangan Bencana Aceh (BPBA), 2024

Montgomery DC, Peck EA, Vining GG. 2021. Introduction to Linear Regression Analysis. 6th ed. Hoboken: John Wiley & Sons

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Analisis Curah Hujan Indonesia Tahun 2024. Jakarta: BMKG; 2024.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Penutupan Lahan Indonesia Tahun 2024. Jakarta: KLHK; 2024.

Anh Tu, N., Stephane, G., Doi, N., & Vi, N. 2023. Impact Assessment of Land Use and Land Cover Change on the Runoff Changes on the Historical Flood Events int the Laigiang River Basin of the South Central Coast Vietnam. International Journal of Geoinformatics 19(10): 51-63.

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP