

PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DAN DAMPAKNYA TERHADAP KOEFISIEN DAN VOLUME LIMPASAN BANJIR DI DAS KEUREUTO, PROVINSI ACEH

(Land-Use Changes and Their Impact on Runoff Coefficient and Flood Volume in the Keureuto Watershed, Aceh Province)

Cut Nofita¹, Cut Azizah^{1,*}, Halus Satriawan¹, Ridwan Iriadi¹, Sarif Robo², Misnawati³

¹Prodi Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan lingkungan Universitas Almuslim
Peusangan Kabupaten Bireuen Provinsi Aceh, satriawanhalus@gmail.com

² Prodi Ilmu Tanah, Universitas Khairun, Ternate, Maluku Utara, sarifrobo5@gmail.com

³ Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jakarta, Indonesia, misnawati@brin.go.id

cut.azizah13@gmail.com

Diterima: 13 Oktober 2024, Direvisi : 22 Desember 2024, Disetujui : 16 September 2025

ABSTRACT

Land-use changes significantly impact watershed hydrology, including increased surface runoff and flood risk. This study uses the Soil Conservation Service–Curve Number (SCS-CN) method to evaluate the impact of land-use changes on the runoff coefficient (C) and flood runoff volume in the Keureuto Watershed in Aceh Province. . Land-use data were analyzed from four time periods: 1990, 2000, 2010, and 2024. Rainfall, soil type, and elevation data were used to calculate CN values, runoff volume, and the runoff coefficient. A land-use transition matrix was used to identify land use conversion patterns, and integrated them into a geographic information system (GIS) for spatial analyses. The results show significant increases in the area of settlements (82.9%), open land (77.4%), and shrubland (45.2%), while primary and secondary forests areas declined by 21.1% and 23.1%, respectively. These changes caused the Curve Number value to increase from 69.5 in 1990 to 71.9 in 2024. The spatial distribution analysis shows increases in areas with medium (28%) and high (6.5%) CN values. In line with the 46.6% increase in rainfall, the surface runoff volume increase from 1,704,979,578 m³ to 2,572,791,394 m³, or by 46.7%. In parallel, the runoff coefficient (C) increased from 0.928 to 0.955, indicating decreased infiltration capacity due to land use changes. These findings suggest that land-use changes directly increase CN and C values, contributing to higher surface runoff and flood risk in the Keureuto Watershed. Therefore, sustainable land-use management and mitigation strategies, such as forest conservation and revegetation, are necessary to control CN values and reduce the runoff coefficient.

Keywords: *Disaster; flood; hydrometeorology; runoff; mitigation*

ABSTRAK

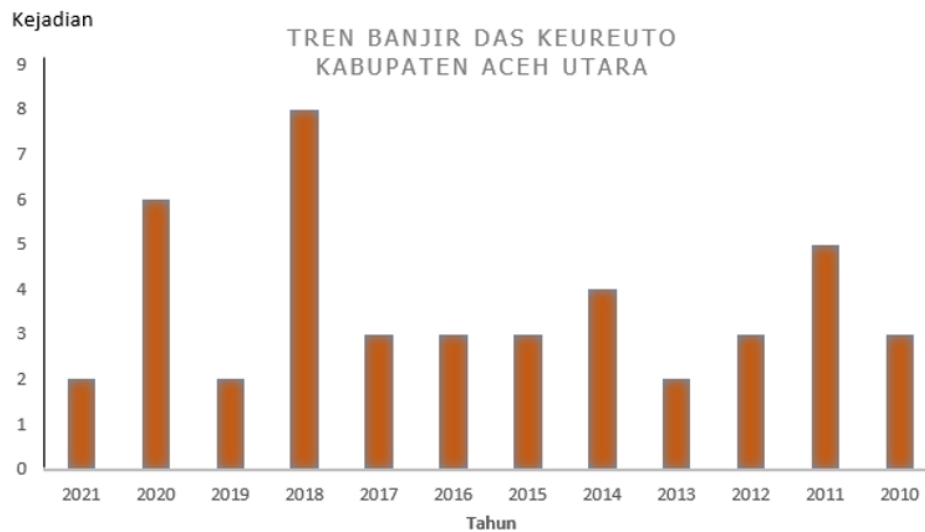
Perubahan penggunaan lahan secara signifikan memengaruhi hidrologi daerah aliran sungai (DAS), termasuk meningkatkan limpasan permukaan dan risiko banjir. Penelitian ini menggunakan metode Soil Conservation Service-Curve Number (SCS-CN) untuk mengevaluasi dampak perubahan penggunaan lahan terhadap koefisien limpasan (C) dan volume limpasan banjir di DAS Keureuto, Provinsi Aceh.. Data penggunaan lahan dianalisis untuk empat periode waktu: 1990, 2000, 2010, dan 2024. Data curah hujan, jenis tanah, dan elevasi digunakan untuk menghitung nilai CN, volume limpasan, dan koefisien limpasan. Matriks perubahan lahan digunakan untuk mengidentifikasi pola alih fungsi lahan, yang diintegrasikan dalam sistem informasi geografis (SIG) untuk analisis spasial. Hasil menunjukkan peningkatan signifikan pada luas permukiman sebesar 82,9%, lahan terbuka 77,4%, dan belukar 45,2%, sedangkan luas hutan primer dan sekunder menurun masing-masing sebesar 21,1% dan 23,1%. Perubahan ini menyebabkan nilai Curve Number meningkat dari 69,5 pada tahun 1990 menjadi 71,9 pada tahun 2024. Distribusi spasial menunjukkan peningkatan luas wilayah dengan CN menengah (28%) dan CN tinggi (6,5%). Sejalan dengan kenaikan curah hujan sebesar 46,6%, volume limpasan meningkat dari 1.704.979.578 m³ menjadi 2.572.791.394 m³, atau sebesar 46,7%. Secara paralel, koefisien limpasan (C) juga meningkat dari 0,928 menjadi 0,955, menunjukkan penurunan kapasitas infiltrasi akibat alih fungsi lahan. Temuan ini menunjukkan bahwa alih fungsi lahan secara langsung meningkatkan nilai CN dan C, yang berdampak pada peningkatan limpasan permukaan dan risiko banjir di DAS Keureuto. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan tata guna lahan yang berkelanjutan serta strategi mitigasi seperti konservasi hutan dan revegetasi untuk mengendalikan nilai CN dan menurunkan koefisien limpasan.

Kata kunci: Bencana; Banjir; hidrometeorologi; Limpasan; Mitigasi

I. PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi paling sering terjadi, dengan tren peningkatan signifikan secara global (CRED, 2024) di Indonesia (BNPB, 2024; Husna *et al.*, 2024), dan Khususnya di Provinsi Aceh (Lizar *et al.*, 2024). Dampak banjir tidak hanya mencakup kerugian ekonomi, kerusakan infrastruktur, dan degradasi lingkungan, tetapi juga korban

jiwa serta keresahan sosial (Azizah *et al.*, 2022; Taguchi *et al.*, 2022). DAS Keureuto, yang terletak di Kabupaten Aceh Utara dan Bener Meriah, merupakan salah satu wilayah dengan frekuensi banjir tinggi (Gambar 1), menyebabkan kerugian besar bagi masyarakat setempat (Gambar 2), termasuk kehilangan nyawa, kerusakan properti, dan kegagalan panen (Wesli, 2011; Agustian *et al.*, 2018).



Gambar (Figure) 1. Tren banjir di DAS Keureuto Kabupaten Aceh Utara (Flood trends in the Keureuto Watershed, North Aceh Regency)

Sumber (Source): Analisis data dibi.bnppb.go.id 2023 (Data analysis of dibi.bnppb.go.id 2023)

Perubahan penggunaan lahan telah diidentifikasi sebagai salah satu faktor utama yang mempengaruhi frekuensi dan intensitas banjir (Sajikumar & Remya, 2015). Proses alih fungsi lahan, seperti deforestasi, urbanisasi, dan intensifikasi pertanian, mengurangi kemampuan infiltrasi tanah, meningkatkan limpasan permukaan, dan memperbesar aliran puncak (Pan *et al.*, 2017; Dadashpoor *et al.*, 2019; Jean Louis *et al.*, 2024). Kondisi ini diperburuk di daerah tropis basah seperti Indonesia. Curah hujan ekstrem yang dipicu oleh perubahan iklim semakin sering terjadi, memperbesar risiko banjir bandang (Furl *et al.*, 2018; Boudou *et al.*, 2021).

Secara hidrologi, mekanisme peningkatan limpasan akibat alih fungsi lahan dapat dijelaskan melalui perubahan komponen siklus hidrologi, termasuk penurunan kapasitas retensi tanah, peningkatan area kedap air, dan percepatan aliran ke badan sungai (Mishra & Singh, 2003). Beberapa metode telah dikembangkan untuk menganalisis

hubungan antara perubahan penggunaan lahan dan limpasan banjir, seperti simulasi model hidrodinamika spasial atau pendekatan berbasis statistik. Di antara metode tersebut, Curve Number (CN) yang dikembangkan oleh Soil Conservation Service (USDA, 1986) menjadi salah satu yang paling banyak digunakan karena kemudahannya dalam mengestimasi limpasan berdasarkan jenis lahan, kondisi tanah, dan curah hujan (Ponce & Hawkins, 1996). CN tidak hanya membantu menggambarkan variasi spasial limpasan, tetapi juga dapat digunakan sebagai dasar untuk menghitung koefisien limpasan (C), yakni rasio antara volume limpasan dengan curah hujan yang menggambarkan proporsi air hujan yang langsung menjadi aliran permukaan.

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan pada DAS lain di Indonesia, kajian yang secara khusus menyoroti dampak perubahan penggunaan lahan terhadap limpasan banjir di DAS Keureuto masih terbatas. Selain itu, belum ada

analisis sistematis yang mengombinasikan metode CN dengan perhitungan koefisien limpasan (C) untuk mengevaluasi perubahan hidrologi akibat alih fungsi lahan di wilayah ini. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak perubahan penggunaan lahan terhadap limpasan banjir di DAS Keureuto menggunakan pendekatan CN dan C secara terintegrasi. CN digunakan untuk memperkirakan potensi limpasan berdasarkan karakteristik biofisik DAS, sedangkan C memberikan ukuran kuantitatif yang lebih langsung mengenai efisiensi limpasan. Dengan menganalisis perubahan hidrologi melalui kedua indikator ini, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi pengelolaan tata guna lahan yang lebih baik untuk menurunkan nilai CN, mengurangi koefisien limpasan, dan pada akhirnya mengurangi risiko banjir di masa depan.

II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dikerjakan pada tahun 2024 di DAS Keureuto, Provinsi Aceh. DAS Keureuto memiliki luas 1047,3 km² dan panjang sungai utama mencapai

71,50 km yang berhulu di wilayah Kabupaten Bener Meriah. Hulu sungai ini berada di Pegunungan Bukit Barisan, yang dikenal sebagai Dataran Tinggi Gayo, dan bermuara di Kabupaten Aceh Utara, Kecamatan Lapang. Batas hidrologis DAS Keureuto berbatasan dengan DAS Jambo Aye dan DAS Geukuh di Provinsi Aceh (Gambar 3).

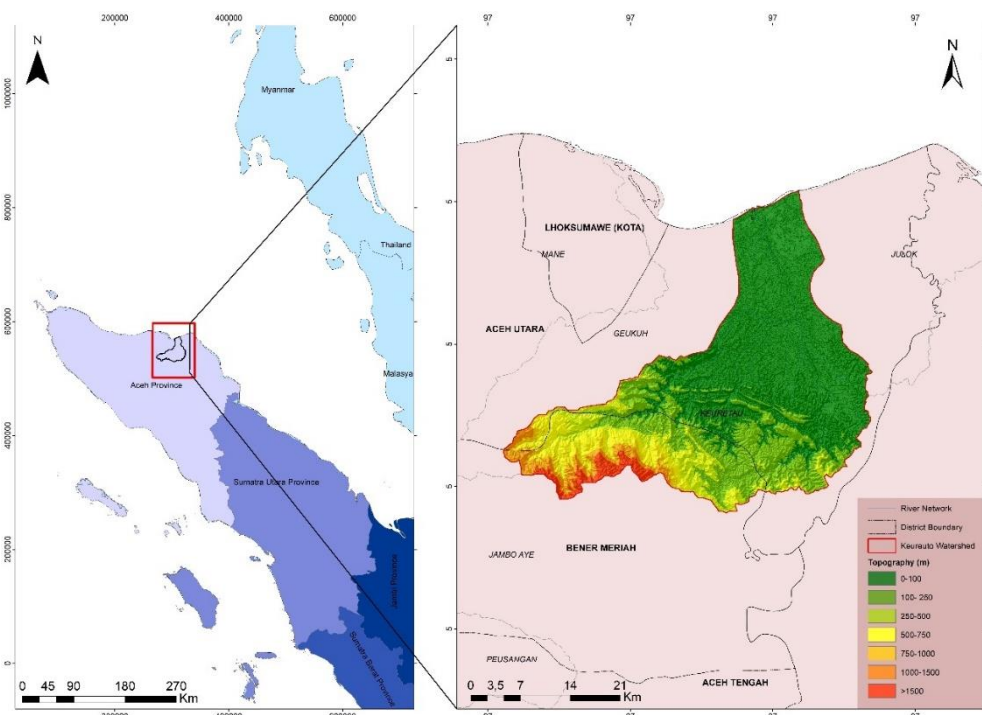
B. Data dan Alat Penelitian

Data yang dipakai terbagi menjadi dua kategori berdasarkan sumbernya: data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang dikumpulkan melalui observasi langsung di lapangan, mencakup kalibrasi dan validasi penggunaan lahan, serta pengamatan dan dokumentasi DAS Keureuto. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari instansi terkait, termasuk citra satelit, informasi curah hujan, tipe tanah, dan catatan kejadian banjir. Seluruh data dianalisis menggunakan aplikasi ArcGIS (Geographic Information System) dan dilakukan *resampling* untuk mendapatkan resolusi 30 meter. Tabel 1 menyajikan rangkuman dataset, resolusi, dan sumber data yang digunakan.



Gambar (Figure) 2. Banjir di DAS Keureuto yang telah menimbulkan kehilangan dan kerugian (*Floods in the Keureuto Watershed have caused loss and damage*)

Sumber (Source): Detiknews, 2022 (Detiknews, 2022)



Gambar (Figure) 3. DAS Keureuto merupakan DAS Regional (pada Wilayah administratif Kabupaten Bener Meriah dan Aceh Utara) di Provinsi Aceh, Indonesia (*Keureuto Watershed is a Regional Watershed (in the administrative area of Bener Meriah and North Aceh Districts) in Aceh Province, Indonesia*)

Sumber (Source): Batas DAS dari KLHK 2012, DEMNAS dari BIG 2024, dan Batas Administrasi dari RBI 2022 (*The watershed boundaries are based on the 2012 delineation by the Ministry of Environment and Forestry (KLHK), the Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) is from the 2024 dataset provided by the Geospatial Information Agency (BIG), and the administrative boundaries are derived from the 2022 Topographic Base Map (RBI).*)

Tabel (Table) 1. Data analisis penelitian (*Research analysis data*)

Data (<i>data</i>)	Resolusi/skala (<i>resolution/scale</i>)	Sumber (<i>Source</i>)
Jenis tanah	1:250.000	<i>Land Resource Evaluation and Planning (LREP), Geospatial Information Agency of Indonesia.</i>
Penggunaan lahan	30 m	Citra landsat, <i>Earth Explorer USGS</i> , dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK)
Curah Hujan (CHIRPS)	0.05° x 0.05°	<i>The International Research Institute for Climate and Society (IRI) Data Library, USGS</i>

C. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif analitik untuk menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap limpasan banjir di DAS Keureuto. Penelitian dilakukan dalam dua tahapan utama,

yaitu analisis perubahan penggunaan lahan dan analisis limpasan permukaan menggunakan metode Curve Number (CN) yang dikembangkan oleh *Soil Conservation Service* (Azizah *et al.*, 2024). Kedua tahapan ini memanfaatkan teknologi sistem

informasi geografis (SIG) untuk integrasi dan analisis data spasial.

Tahap pertama penelitian adalah analisis perubahan penggunaan lahan dari empat periode waktu yang berbeda, yaitu tahun 1990, 2000, 2010, dan 2024. Data penggunaan lahan untuk tahun 1990, 2000, dan 2010 dari KLHK, sedangkan data tahun 2024 dihasilkan melalui interpretasi citra landsat (T47NKF) yang diakuisisi pada 6 Juli 2024. Interpretasi citra dilakukan menggunakan metode *Maximum Likelihood Classification* (MLC) yang divalidasi melalui pengecekan lapangan pada 122 titik koordinat untuk memastikan akurasi hasil klasifikasi.

Setiap peta penggunaan lahan diklasifikasikan ke dalam kategori utama, seperti hutan, area pertanian, lahan terbangun, dan badan air. Untuk menganalisis pola perubahan penggunaan lahan, dilakukan perbandingan antar periode dengan menggunakan matriks perubahan penggunaan lahan. Matriks ini disusun dengan membandingkan piksel pada dua peta tahun berbeda untuk setiap kategori lahan, sehingga diperoleh arah dan besaran konversi lahan antar kelas penggunaan.

Tahap kedua adalah analisis limpasan permukaan menggunakan metode *Curve Number* (CN), yang dikembangkan oleh *Soil Conservation Service* (SCS). CN merupakan indeks empiris yang digunakan untuk memperkirakan besarnya limpasan permukaan berdasarkan jenis penggunaan lahan, kondisi tanah, dan kelompok hidrologi tanah (*Hydrological Soil Group*/HSG).

Penentuan nilai CN dilakukan dengan menggabungkan peta penggunaan lahan dan peta jenis tanah dalam sistem informasi geografis (SIG), kemudian diklasifikasikan berdasarkan tabel standar SCS (USDA, 1986). Setelah nilai CN diperoleh, limpasan permukaan (Q) dihitung menggunakan rumus metode SCS-CN sebagai berikut:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} \dots\dots\dots(1)$$

Di mana Q adalah kedalaman limpasan (mm), P adalah curah hujan (mm), I_a adalah kehilangan awal (diasumsikan sebesar $0,2S$), dan S adalah kapasitas simpanan maksimum yang dihitung dengan rumus $S=(25400/CN)-254$. Hasil limpasan dalam bentuk kedalaman (mm) kemudian dikalikan dengan luas DAS Keureuto untuk memperoleh volume limpasan dalam satuan meter kubik (m^3). Perhitungan ini dilakukan untuk seluruh periode analisis guna menilai perubahan limpasan akibat perubahan penggunaan lahan.

Selain itu, untuk menilai efisiensi limpasan dan perubahan kapasitas resapan lahan dari waktu ke waktu, penelitian ini juga menghitung koefisien limpasan (C). Nilai C dihitung sebagai rasio anatar kedalaman limpasan (Q) terhadap curah hujan (P), menggunakan rumus berikut:

$$C = \frac{Q}{P} \dots\dots\dots(2)$$

Nilai C ini menggambarkan proporsi curah hujan yang langsung menjadi limpasan permukaan, dan digunakan sebagai indikator kuantitatif untuk

membandingkan kondisi hidrologi DAS Keureuto antar periode tahun analisis.

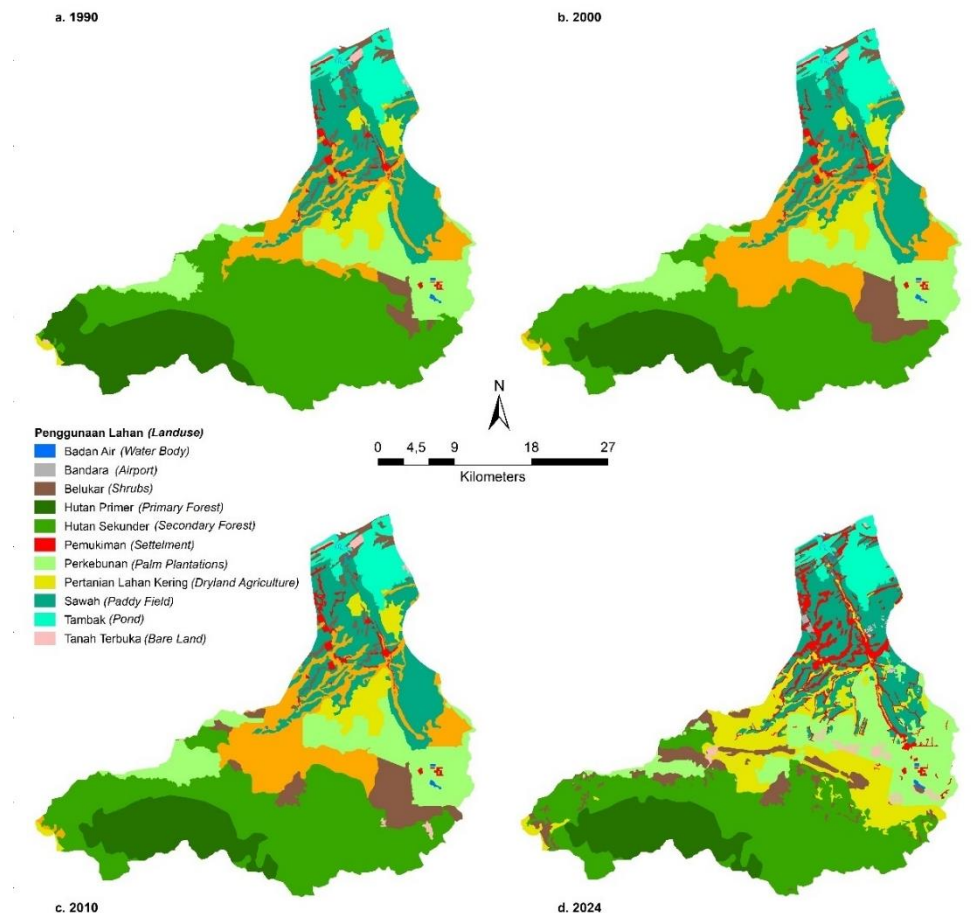
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perubahan penggunaan lahan

Penggunaan lahan merupakan faktor paling signifikan yang secara langsung memengaruhi proses aliran permukaan dan berkontribusi terhadap banjir (Gao *et al.*, 2024; Pal *et al.*, 2022; Sajikumar & Remya, 2015). Hal ini terutama terjadi

Ketika lahan bervegetasi, seperti hutan, di konversi menjadi area terbangun dengan kemampuan resapan yang rendah (Azizah, 2020; Siregar & Koropitan, 2016; Awaliyah Haryani *et al.*, 2023).

Gambar 4 menggambarkan transisi perubahan penggunaan lahan dari tahun 1990 hingga 2024, yang menyoroti pergeseran signifikan penggunaan lahan di DAS Keureuto.



Gambar (Figure) 4. Tren Perubahan Penggunaan Lahan di DAS Keureuto: 1990 hingga 2024 (*Land Use Change Trends in the Keureuto Watershed: 1990 to 2024*)

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (*Data analysis 2024*)

Perubahan penggunaan lahan di DAS Keureuto selama 34 tahun, berdasarkan Tabel 2, menunjukkan dinamika signifikan yang dipengaruhi oleh berbagai faktor. Peningkatan luas lahan permukiman sebesar 82,9 persen, lahan terbuka sebesar 77,4 persen, dan belukar sebesar 45,2 persen dapat dikaitkan dengan pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan tekanan kebutuhan lahan untuk aktivitas ekonomi (Agustian *et al.*, 2018; Wesli, 2011). Sebaliknya, hutan primer dan sekunder mengalami penurunan masing-masing sebesar 21,1 persen dan 23,1 persen, yang sebagian besar berubah menjadi belukar, lahan pertanian, dan perkebunan, seperti terlihat pada matriks perubahan penggunaan lahan di Tabel 5.

Faktor sosial-ekonomi menjadi salah satu pendorong utama perubahan ini. Peningkatan populasi dan urbanisasi di wilayah DAS Keureuto telah mendorong alih fungsi lahan hutan dan pertanian menjadi permukiman. Hal ini diperkuat oleh kebutuhan akan infrastruktur dan fasilitas sosial-ekonomi yang lebih memadai (Agustian *et al.*, 2018; Wesli, 2011). Selain itu, kebijakan pemerintah

yang mendorong program swasembada pangan turut berkontribusi terhadap konversi hutan primer dan sekunder menjadi lahan pertanian dan perkebunan. Program ini bertujuan untuk mendukung kemandirian pangan di Aceh, tetapi memiliki dampak pada hilangnya tutupan hutan (Puspitojati, 2013; Lizar *et al.*, 2024). Temuan ini memperkuat bahwa peningkatan risiko banjir di DAS Kereuto berkorelasi dengan alih fungsi lahan dari area berhutan (berkoefisien limpasan rendah) menjadi area pertanian dan permukiman (berkoefisien limpasan tinggi).

B. Perubahan koefisien limpasan

Perubahan penggunaan lahan berdampak signifikan terhadap komponen hidrologi, mencakup produksi air, limpasan permukaan, aliran dasar, erosi, dan sedimentasi (DeFries & Eshleman, 2004; Pawitan, 2014). Limpasan permukaan terjadi ketika kapasitas infiltrasi tanah tidak mampu menampung curah hujan, sehingga kelebihan air mengalir di permukaan.

Tabel (Table) 2. Perubahan penggunaan lahan DAS Kereuto (*Land Use Changes in the Keureuto Watershed*)

Penggunaan Lahan (<i>Land use</i>)	Luas (area) (ha)		Perubahan (<i>Change</i>) (%)
	1990	2024	
Badan air	82,7	78,2	5,5 (-)
Belukar	3.293,6	6.011,5	45,2 (+)
Hutan Primer	14.001,4	11.044,4	21,1 (-)
Hutan Sekunder	39.353,4	30.269,8	23,1 (-)
Pemukiman	1.060,0	6.207,1	82,9 (+)
Perkebunan	12.499,0	15.029,2	16,8 (+)
Pertanian Lahan Kering	13.794,1	14.951,8	7,7 (+)
Sawah	14.173,9	13.660,0	3,6 (-)
Tambak	4.629,1	4.681,9	1,1 (+)
Lahan Terbuka	278,6	1.231,9	77,4 (+)

Dalam kajian hidrologi, dua indikator empiris yang umum digunakan untuk menilai besarnya limpasan adalah CN dan koefisien limpasan (C). CN digunakan untuk memperkirakan potensi limpasan berdasarkan karakteristik penggunaan lahan, kondisi tanah, dan kelompok hidrologi, sedangkan C menggambarkan proporsi curah hujan yang langsung menjadi aliran permukaan. Dengan demikian, CN memberikan dasar estimasi, sementara C menjadi indikator kuantitatif yang lebih langsung dalam menunjukkan efisiensi limpasan suatu DAS (Chin, 2018). Penentuan nilai Curve Number (CN) di DAS Keureuto dilakukan dengan mengombinasikan peta penggunaan lahan dan peta kelompok hidrologi tanah (*Hydrological Soil Group/HSG*). Hasil analisis HSG (Gambar 5) menunjukkan bahwa wilayah penelitian didominasi oleh tiga jenis tanah utama: (1) Entisol–Inceptisol yang tergolong HSG A dengan kapasitas infiltrasi tinggi, mencakup 288,7 km²; (2) Inceptisol yang termasuk HSG B dengan kapasitas infiltrasi sedang, seluas 289,5 km²; dan (3) Ultisol yang tergolong HSG D dengan infiltrasi sangat rendah, meliputi 468,9 km². HSG A terutama terdapat di wilayah hulu dengan topografi curam dan tutupan vegetasi relatif baik, sedangkan HSG D lebih banyak ditemukan di bagian tengah dan hilir DAS yang mengalami degradasi vegetasi serta intensifikasi penggunaan lahan. Perbedaan kemampuan infiltrasi antar kelompok tanah ini menjadi faktor kunci dalam penyusunan nilai CN, yang selanjutnya berimplikasi langsung

terhadap besarnya koefisien limpasan (C) sebagai indikator proporsi curah hujan yang berubah menjadi aliran permukaan.

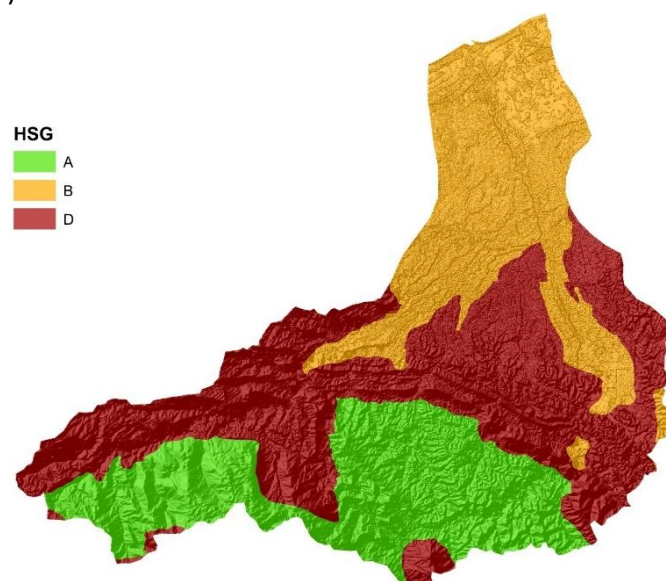
Hasil analisis Curve Number (CN) menunjukkan tren peningkatan nilai rata-rata dari 69,5 pada tahun 1990 menjadi 71,9 pada tahun 2024 (Tabel 3). Kenaikan ini mengindikasikan penurunan kapasitas infiltrasi tanah akibat alih fungsi lahan, yang berdampak pada meningkatnya potensi limpasan permukaan (Azizah *et al.*, 2019). Konsistensi kenaikan CN selama 34 tahun memperlihatkan bahwa perubahan tutupan lahan berkontribusi langsung terhadap meningkatnya risiko banjir, terlebih ketika dikombinasikan dengan kenaikan curah hujan tahunan yang signifikan dari 1.755 mm pada tahun 1990 menjadi 2.572 mm pada tahun 2024. Kondisi tersebut tidak hanya menandakan semakin tingginya potensi limpasan, tetapi juga tercermin pada meningkatnya koefisien limpasan (C), yang menunjukkan bahwa proporsi curah hujan yang berubah menjadi aliran permukaan di DAS Keureuto semakin besar. Dengan demikian, tren ini menegaskan bahwa wilayah DAS Keureuto semakin rentan terhadap kejadian limpasan ekstrem dan banjir.

Proses alih fungsi lahan dari hutan primer dan sekunder menjadi belukar, perkebunan, lahan terbuka, dan permukiman, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2, telah menyebabkan semakin luasnya wilayah dengan nilai CN menengah hingga tinggi. Wilayah dengan CN menengah hingga tinggi memiliki kapasitas infiltrasi yang

rendah, sehingga lebih rentan menghasilkan limpasan permukaan. Kondisi ini diperparah oleh peningkatan curah hujan tahunan, yang mengakibatkan volume limpasan di DAS Keureuto meningkat secara signifikan. Perubahan tersebut tidak hanya tercermin pada kenaikan nilai CN, tetapi juga pada koefisien limpasan (C), yang menunjukkan bahwa sebagian besar curah hujan kini langsung berubah menjadi aliran permukaan. Dengan demikian, alih fungsi lahan berperan ganda, yaitu menurunkan kapasitas infiltrasi tanah sekaligus meningkatkan efisiensi limpasan sebagaimana tercermin dari nilai C yang semakin mendekati 1.

Temuan ini diperkuat oleh hasil simulasi volume limpasan (Q) menggunakan metode SCS, yang menunjukkan bahwa total limpasan permukaan pada tahun 2024 mencapai 2.572.791.394 m³, meningkat sebesar 867.811.816 m³ dibandingkan kondisi tahun 1990 (Tabel 3). Kenaikan volume

limpasan tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh curah hujan yang semakin tinggi, tetapi juga oleh meningkatnya nilai CN yang merepresentasikan penurunan fungsi resapan lahan. Dengan demikian, tren perubahan ini mencerminkan degradasi kapasitas DAS dalam menahan air hujan. Lebih lanjut, perhitungan koefisien limpasan (C) sebagai rasio antara limpasan dan curah hujan tahunan memperlihatkan peningkatan dari 0,928 pada tahun 1990 menjadi 0,955 pada tahun 2024. Nilai ini mengindikasikan bahwa hampir seluruh curah hujan di DAS Keureuto kini berubah menjadi aliran permukaan, seiring dengan degradasi tutupan lahan dan peningkatan intensitas hujan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa indikator C memberikan gambaran yang lebih langsung mengenai efisiensi limpasan, sekaligus menegaskan semakin besarnya proporsi hujan yang tidak lagi dapat diinfiltrasi oleh tanah.



Gambar (Figure) 5. Distribusi Spasial Kelompok Hidrologi Tanah (*Hydrological Soil Group/HSG*) di DAS Keureuto (*Spatial Distribution of Hydrological Soil Group (HSG) in the Keureuto Watershed*)

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (*Data analysis 2024*)

Tabel (Table) 3. Koefisien CN pada Tahun 1990, 2000, 2010, dan 2024 di DAS Keureuto (Curve Number (CN) Coefficient in the Keureuto Watershed for the Years 1990, 2000, 2010, and 2024)

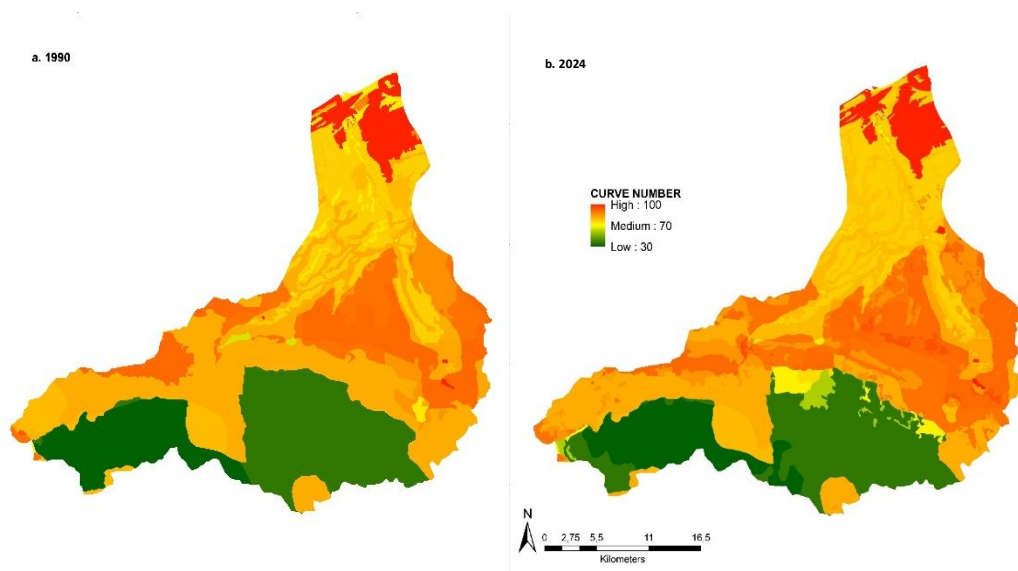
Tahun (Year)	Curah Hujan (Rainfall) (mm)	CN	Q (mm)	C	Volume Limpasan (Q) (m3)
1990	1755	69,5	1627,98	0,928	1.704.979.578
2000	2286	71,2	2167,17	0,948	2.269.674.468
2010	2454	71,4	2335,99	0,952	2.446.484.463
2024	2572	71,9	2456,59	0,955	2.572.791.394

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

Tabel (Table) 4. Luas dan Perubahan Nilai CN pada DAS Keureuto (Area and Changes in Curve Number (CN) Values in the Keureuto Watershed)

No	Kelas (Class)	Luas (area) (ha)				Perubahan (Change) (%)
		1990	%	2024	%	
1.	Rendah (Low)	28.452,3	27,6	25.653,6	24,8	21,5 (-)
2.	Menengah (Medium)	2.245,9	2,2	2.896,4	2,8	28,0 (+)
3.	Tinggi (High)	72.556,6	70,3	74.704,8	72,3	6,5 (+)

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)



Gambar (Figure) 6. Distribusi Spasial Curve Number (CN) di DAS Keureuto pada Penggunaan Lahan Tahun 1990 Dibandingkan dengan Tahun 2024 (Spatial Distribution of Curve Number (CN) in the Keureuto Watershed for Land Use in 1990 compared to 2024)

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

Peningkatan nilai koefisien limpasan (C) juga konsisten dengan penurunan luasan wilayah yang memiliki nilai CN rendah. Hasil distribusi spasial CN pada Gambar 6 dan Tabel 4 menunjukkan bahwa selama periode 1990–2024, DAS Keureuto mengalami perubahan

signifikan dalam kelas CN. Rentang nilai CN bergeser dari <70 (kategori rendah) menuju >75 (kategori tinggi), dengan proporsi wilayah CN menengah meningkat sebesar 28%, CN tinggi naik 6,5%, dan CN rendah menurun drastis sebesar 21,5%. Pergeseran ini

mencerminkan transisi hidrologi dari kondisi yang mendukung infiltrasi menuju kondisi yang lebih dominan menghasilkan limpasan. Kecenderungan tersebut diperkuat oleh kenaikan nilai C yang mendekati 1, yang menunjukkan bahwa hampir seluruh curah hujan telah berubah menjadi aliran permukaan. Dengan demikian, kombinasi antara distribusi spasial CN dan peningkatan nilai C memberikan bukti kuat bahwa alih fungsi lahan telah secara signifikan menurunkan kemampuan resapan alami DAS Keureuto.

Temuan ini konsisten dengan studi Pan *et al.* (2017) dan Wang (2018), yang menunjukkan bahwa wilayah dengan nilai CN tinggi cenderung mengalami peningkatan frekuensi banjir akibat menurunnya kapasitas infiltrasi tanah. Peningkatan CN juga umum dijumpai di kawasan permukiman atau lahan terbangun yang memiliki permukaan kedap air sehingga tidak mampu menyerap curah hujan secara efektif (Azizah *et al.*, 2019). Penelitian oleh Ilhamni *et al.* (2023) di wilayah tropis menegaskan bahwa konversi hutan menjadi lahan terbuka meningkatkan risiko erosi dan mempercepat terbentuknya limpasan permukaan. Kondisi serupa terjadi di DAS Keureuto, di mana konversi hutan, sawah, dan lahan pertanian menjadi permukiman serta belukar tidak hanya mendorong kenaikan nilai CN, tetapi juga secara simultan meningkatkan koefisien limpasan (C). Hal ini menegaskan bahwa kedua indikator tersebut saling melengkapi dalam menggambarkan

degradasi fungsi hidrologi DAS, dengan C memberikan representasi paling langsung terhadap besarnya proporsi curah hujan yang berubah menjadi aliran permukaan.

Selain itu, Moglen *et al.* (2022) menunjukkan bahwa wilayah dengan nilai CN tinggi memiliki potensi limpasan yang jauh lebih besar ketika curah hujan ekstrem terjadi, sehingga memperburuk risiko banjir. Studi tersebut menekankan pentingnya pemantauan perubahan penggunaan lahan dan penerapan intervensi mitigatif, seperti konservasi tanah dan pemulihan vegetasi alami. Temuan dalam penelitian ini sejalan dengan literatur tersebut, di mana peningkatan risiko banjir di DAS Keureuto berkorelasi erat dengan alih fungsi lahan dari kawasan berhutan—yang memiliki koefisien limpasan rendah—menjadi lahan pertanian, belukar, dan permukiman dengan koefisien limpasan tinggi. Tren peningkatan risiko ini juga diamati di berbagai wilayah lain dengan dinamika penggunaan lahan serupa (Amri *et al.*, 2023; Azizah *et al.*, 2021; Dadashpoor *et al.*, 2019; Sajikumar & Remya, 2015; Yu Chen, 2022). Dengan demikian, integrasi analisis CN dan C menjadi sangat penting, di mana CN memberikan estimasi potensi limpasan berbasis karakteristik biofisik, sedangkan C merepresentasikan secara langsung besarnya proporsi curah hujan yang berubah menjadi aliran permukaan. Kombinasi keduanya menegaskan bahwa alih fungsi lahan telah secara nyata menurunkan kapasitas resapan

DAS Keureuto dan meningkatkan kerentanannya terhadap banjir.

IV. KESIMPULAN

Hasil studi menunjukkan bahwa alih fungsi lahan dari hutan primer dan sekunder menjadi permukiman, belukar, dan lahan terbuka telah menyebabkan penurunan kapasitas infiltrasi tanah secara signifikan. Luas permukiman meningkat sebesar 82,9%, belukar 45,2%, dan lahan terbuka 77,4%, sedangkan hutan primer dan sekunder masing-masing menurun sebesar 21,1% dan 23,1%.

Peningkatan nilai Curve Number (CN) dari 69,5 menjadi 71,9, disertai peningkatan koefisien limpasan dari 0,928 menjadi 0,955, mengindikasikan bahwa proporsi curah hujan yang berubah menjadi aliran permukaan semakin besar. Distribusi spasial nilai CN juga menunjukkan pergeseran dari kategori rendah ke kategori menengah dan tinggi, seiring dengan degradasi tutupan vegetasi.

Temuan ini menegaskan bahwa perubahan penggunaan lahan secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan risiko limpasan permukaan dan potensi banjir di DAS Keureuto. Oleh karena itu, dibutuhkan strategi pengelolaan lahan yang berkelanjutan melalui konservasi hutan, revegetasi, dan intervensi berbasis DAS untuk meningkatkan kapasitas infiltrasi, menurunkan nilai CN, dan mengurangi tekanan hidrologis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM)

Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi (Ditjen Diktiristek) Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek) yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Penelitian Tesis Magister (PTM) dengan no kontrak 135/E5/PG.02.00.PM.BARU/2024. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat LPPM Universitas Almuslim dan Pusat Kajian DAS Krueng Peusangan dengan memberikan dukungan dalam proses penelitian.

KONTRIBUSI

Penulis pertama, kedua, ketiga dan keempat berkontribusi dalam mengumpulkan data, menganalisis hasil penelitian dan menulis naskah publikasi. Penulis kelima berkontribusi dalam menganalisis data menggunakan Sistem Informasi Geografis. Penulis keenam berkontribusi dalam menganalisis curah hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, B., Masimin, M., & Azmeri, A. (2018). Studi Erosi Dan Sedimentasi Pada Sub-DAS Krueng Keureuto Kabupaten Aceh Utara. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 1(1), 142–150.
<https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i1.10363>
- Awaliyah Haryani, W., Putro Tejo Baskoro, D., & Hidayat, Y. (2023). Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Di DAS Batang Tabir Kabupaten Merangin, Provinsi Jambi (Land Use Change Analysis in Batang Tabir Watershed Merangin Regency, Jambi Province). *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah*

- Aliran Sungai*, 7(1), 89–104.
<https://doi.org/10.59465/jppdas.2023.7.1.89-104>
- Azizah, C. (2020). *Kajian Hidrologi Banjir Bandang Kawasan Humid Tropics: Kasus Das Tamiang Aceh*. Institut Pertanian Bogor.
- Azizah, C., Lizar, C. A., & Risna, Y. K. (2024). *Metode empiris untuk menganalisis aliran limpasan permukaan dalam perancangan sumberdaya air*. 1.
- Azizah, C., Pawitan, H., Dasanto, B. D., Ridwansyah, I., & Taufik, D. M. (2019). Sifat Fisik Tanah dan Hubungannya dengan Kapasitas Infiltrasi DAS Tamiang Soil Physical Properties and their Relationship with the Infiltration Capacity of Tamiang River Basin. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 43(2), 167–173.
- Azizah, C., Pawitan, H., Dasanto, B. D., Ridwansyah, I., & Taufik, M. (2022). Risk assessment of flash flood potential in the humid tropics Indonesia: a case study in Tamiang River basin. In *Int. J. Hydrology Science and Technology* (Vol. 13, Issue 1).
- BNPB. (2025, July 1). *Data Informasi Bencana Indonesia*. BNPB.
- Boudou, M., ÓhAiseadha, C., Garvey, P., O'Dwyer, J., & Hynds, P. (2021). Flood hydrometeorology and gastroenteric infection: The Winter 2015–2016 flood event in the Republic of Ireland. *Journal of Hydrology*, 599(April). <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126376>
- Chin, D. A. (2018). On relationship between curve numbers and phi indices. *Water Science and Engineering*, 11(3), 187–195.
<https://doi.org/10.1016/j.wse.2018.09.006>
- CRED. (2024). 2023 Disasters in Numbers: A Significant Year in Disaster Impact. In *Université Catholique de Louvain. Nature Research*.
<https://doi.org/10.1038/s41591-023-02419-z>
- Dadashpoor, H., Azizi, P., & Moghadasi, M. (2019). Land use change, urbanization, and change in landscape pattern in a metropolitan area. *Science of The Total Environment*, 655.
- DeFries, R., & Eshleman, K. N. (2004). Land-use change and hydrologic processes: a major focus for the future. *Hydrological Processes*, 18(11), 2183–2186.
<https://doi.org/10.1002/hyp.5584>
- Furl, C., Sharif, H., Zeitler, J. W., Hassan, A. El, & Joseph, J. (2018). Hydrometeorology of the catastrophic Blanco river flood in South Texas, May 2015. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 15(October 2017), 90–104.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.12.001>
- Gao, G., Li, J., Feng, P., Liu, J., & Wang, Y. (2024). Impacts of climate and land-use change on flood events with different return periods in a mountainous watershed of North China. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 55(July), 101943.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.101943>
- Husna, M. N., Setyowati, K., & Haryanti, R. H. (2024). Flood mitigation with the support of demographic bonuses in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1314(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1314/1/012081>
- Jean Louis, M., Crosato, A., Mosselman, E., & Maskey, S. (2024). Effects of urbanization and deforestation on flooding: Case study of Cap-Haïtien City, Haiti. *Journal of Flood Risk Management*, June, 1–19.
<https://doi.org/10.1111/jfr3.13020>

- Lizar, C. A., Satriawan, H., & Azizah, C. (2024). Analisis Wilayah Kerentanan Bencana Banjir Berbasis Sistem Informasi Geografis di Kota Lhokseumawe. *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 14(1), 53. <https://doi.org/10.29103/tj.v14i1.1004>
- Mishra, S. K., & Singh, V. P. (2003). Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology. *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0147-1_2
- Pal, S. C., Chowdhuri, I., Das, B., Chakraborty, R., Roy, P., Saha, A., & Shit, M. (2022). Threats of climate change and land use patterns enhance the susceptibility of future floods in India. *Journal of Environmental Management*, 305.
- Pan, S., Liu, D., Wang, Z., Zhao, Q., Zou, H., Hou, Y., Liu, P., & Xiong, L. (2017). Runoff responses to climate and land use/cover changes under future scenarios. *Water (Switzerland)*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/w9070475>
- Pawitan, H. (2014). *TERHADAP HIDROLOGI DAERAH ALIRAN SUNGAI Land Us July*. <https://www.researchgate.net/publication/237486643>
- Ponce, V. M., & Hawkins, R. H. (1996). Runoff Curve Number: Has It Reached Maturity? *Journal of Hydrologic Engineering*, 1(1), 11–19. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)1084-0699\(1996\)1:1\(11\)](https://doi.org/10.1061/(asce)1084-0699(1996)1:1(11))
- Puspitojati, T. (2013). Kajian Kebijakan Pengembangan Pangan Di Areal Hutan Tanaman Untuk Mendukung Swasembada Pangan. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 10(2), 134–148. <https://doi.org/10.20886/jakk.2013.10.2.134-148>
- Sajikumar, N., & Remya, R. . (2015). Impact of land cover and land use change on runoff characteristics. *Journal of Environmental Management*, 161, 460–568.
- Siregar, V., & Koropitan, A. F. (2016). Land Use Change and its Impact to Marine Primary Production in Semarang Waters. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 520–531. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.105>
- Taguchi, R., Tanoue, M., Yamazaki, D., & Hirabayashi, Y. (2022). Global-Scale Assessment of Economic Losses Caused by Flood-Related Business Interruption. *Water (Switzerland)*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/w14060967>
- USDA. (1986). Urban Hydrology for Small. In *Soil Conservation* (Issue Technical Release 55 (TR-55)). <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Urban+Hydrology+for+Small+watersheds#1>
- Wesli. (2011). Kajian Spasial Dan Partisipasi Masyarakat Sebagai Upaya Pengendalian Banjir Di Kabupaten Aceh Utara. *Teras Jurnal*, 1(1), 1–10.

Lampiran.

Tabel (Table) 5. Matrik Perubahan Penggunaan Lahan DAS Kereuto (*Land Use Change Matrix of the Keureuto Watershed*)

Penggunaan Lahan Tahun 1990	Penggunaan Lahan Tahun 2024											Luas (Ha)
	BA	Port	Blk	HP	HS	Pmk	Pkn	PLK	Swh	Tmbk	LT	
Badan Air (BA)	71,3						2,9		8,5			1,0
Belukar (Blk)			327,7			995,4	219,6	1.274,3	328,9	46,8	101,0	3.293,6
Hutan Primer (HP)			404,0	9.763,4	3.717,0			117,1				14.001,4
Hutan Sekunder (HS)	0,4		3.991,8	1.281,0	26.341,3		1.600,1	6.045,1			93,8	39.353,4
Pemukiman (Pmk)		127,6				917,8		12,3		2,3		1.060,0
Perkebunan (Pkn)	4,2		1.180,1		211,5	145,1	9.738,4	460,0	46,2		713,6	12.499,0
Pertanian Lahan Kering (PLK)						353,0	1.120,0	1.242,2	1.518,3	28,4	52,4	4.314,3
Pertanian Lahan Kering Campur (PLKC)	2,3		108,0			2.128,6	1.656,0	5.327,6	92,0	17,8	147,5	9.479,8
Sawah (Swh)						1.444,0	692,2	436,6	11.437,7	39,7	123,6	14.173,9
Tambak (Tmbk)						57,7		0,0	60,1	4.511,3		4.629,1
Lahan Terbuka (LT)						38,0		36,7	168,3	35,6		278,6
Total	78,2	127,6	6.011,5	11.044,4	30.269,8	6.079,5	15.029,2	14.951,8	13.660,0	4.681,9	1.231,9	103.165,9

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (*Data analysis 2024*)