El-Jughrafiyah
Eris Endarsih, Triyatno
Volume, 05, Issue 02, Tahun 2025

Model Spasial Perubahan Penggunaan Lahan Dan Tutupan Lahan Terhadap Bencana Banjir di Daerah Aliran Sungai Sikilang, Pasaman Barat

Eris Endarsih[1], Triyatno[2]

[1,2] *Departemen Geografi, Universitas Negeri Padang*
e-mail: erisendarsih058@gmail.com

ABSTRAK. Model spasial bahaya banjir di Daerah Aliran Sungai Sikilang, Pasaman Barat mempunyai tujuan untuk analisis intensitas hujan 2024-2034-2044, memodelkan penggunaan lahan dan tutupan lahan tahun 2024-2034-2044, model numerik banjir, dan model mitigasi banjir melalui tindakan konservasi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif . Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas hujan meningkat seiring dengan bertambahnya kala ulang, selanjutnya perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan di DAS Sikilang mengalami penurunan yaitu semak belukar, hutan sekunder, hutan primer, lahan terbuka, sawah, kebun campuran, ladang, lahan terbangun, sedangkan penggunaan lahan yang mengalami peningkatan luasan yaitu perkebunan kelapa sawit dan lahan terbangun . Model numerik banjir di DAS Sikilang menunjukkan bahwa puncak banjir (*Qp)* membutuhkan waktu 6,50 jam, waktu yang dibutuhkan untuk mengurangi debit banjir (*Tp*+0,3) yaitu 11,74 jam, dan waktu yang diperlukan untuk mengurangi debit banjir (*Tp+T0,3+1.5T0,3)* adalah 19,60 jam. Model spasial banjir di DAS Sikilang tahun 2024 sampai tahun 2044 mengalami perubahan yang signifikan. Perubahan luas area terdampak banjir tahun 2024 sampai tahun 2034 pada kelas kedalaman tinggi meningkat sebesar 694,667 ha, kelas kedalaman sedang meningkat 277,881 ha, kelas kedalaman rendah meningkat 30,017 ha , perubahan luas area terdampak banjir tahun 2034 sampai 2044 pada kelas kedalaman tinggi meningkat sebesar 215,208 ha, kelas kedalaman sedang menurun 75,842 ha dan kelas kedalaman rendah meningkat 4,42 ha . Perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan 2024 sampai tahun 2034 mempengaruhi debit banjir 36,303 %, dan perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan tahun 2034 sampai tahun 2044 mempengaruhi debit banjir 11,951%. Sebagai langkah mitigasi banjir, dilakukan model mitigasi banjir melalui tindakan konservasi, pada hulu DAS Sikilang . Upaya mitigasi ini dapat mengurangi debit banjir pada tahun 2024 sebesar 4,744 m^3/detik, pada tahun 2034 mengurangi debit banjir sebesar 34,647 m^3/detik, dan pada tahun 2044 mengurangi debit banjir 47,303 m^3/detik. Untuk mengantisipasi bahaya banjir kepada masyarakat yang tinggal di DAS Sikilang, perlu diinformasikan bahwa banjir akan terjadi apabila intensitas hujan >11 mm/jam dengan durasi 4,64 jam, maka waktu yang dibutuhkan untuk mencapai puncak banjir adalah 6,50 jam, sehingga masyarakat dapat mengambil langkah antisipasi guna mengurangi potensi kerugian akibat banjir tersebut.

Kata kunci: Penggunaan lahan dan tutupan lahan, Nilai Koefisien Aliran, Banjir, Model Spasial

PENDAHULUAN

Perubahan iklim berkontribusi timbulnya berbagai bencana alam. Bencana alam yang semakin meningkat tidak terlepas dari perilaku manusia terhadap lingkungan (Triyatno et al., 2023). Dalam memenuhi kehutuhan hidup, manusia melakukan alih fungsi lahan yang dapat mempengaruhi keseimbangan lingkungan (Sulong & Romali, 2022)(Savitri et al., 2021). Aktivitas manusia seperti urbanisasi, deforestasi, dan konversi lahan untuk pertanian atau infrastruktur adalah faktor utama yang menyebabkan perubahan tutupan lahan (Husni & Remiswal, 2024).

Berkurangnya vegetasi, menyebabkan daya tampung tanah dan batuan terhadap air menurun, akibatnya, ketika musim kemarau terjadi kekeringan atau ketika musim hujan terjadi banjir (Febriani & Ahyuni, 2023). Banjir merupakan aliran sungai yang melebihi kapasitas sungai, dengan membanjiri daerah sekitarnya (Edial et al., 2020). Tiga penyebab utama bencana banjir, yaitu 1). faktor meteorology; 2) karakteristik daerah aliran sungai; dan 3) perilaku manusia (Dewata & Umar, 2019). Salah satu wilayah yang mengalami perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan adalah Daerah Aliran Sungai Sikilang. Alih fungsi lahan yang terjadi di hulu Daerah Aliran Sungai Sikilang, yang tidak sesuai dengan fungsinya, menyebabkan kemampuan tanah untuk menyerap air menjadi berkurang dan berakibat pada limpasan aliran yang semakin besar. Daerah Aliran Sungai Sikilang terletak di Kabupaten Pasaman Barat, merupakan jalur penghubung antar kecamatan yaitu Kecamatan Pasaman menuju Kecamatan Sungai Aur, Kecamatan Lembah Melintang, Kecamatan Koto Balingka, Kecamatan Ranah Batahan, dan Kecamatan Sungai Beremas. Lima Sungai yang membentuk jaringan di Daerah Aliran Sungai Sikilang meliputi Batang Haji, Batang Maligi, Batang Alin, Batang Sikilang, dan Batang Sontang. Batang Haji memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan debit aliran, yang memicu terjadinya banjir di Daerah Aliran Sungai Sikilang. Salah satu dampak yang timbul akibat perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan di Daerah Aliran Sungai Sikilang adalah bencana banjir. Banjir di Daerah Aliran Sungai Sikilang memberikan dampak kepada masyarakat yaitu terendamnya pemukiman, lahan pertanian seperti padi, jagung, kacang tanah yang menyebabkan gagal panen, dan puluhan ekor ternak habis terbawa arus banjir. Sementara itu banjir yang mencapai permukaan jalan, menyebabkan akses jalan utama Kecamatan Pasaman menuju Kecamatan Lembah Melintang, Kecamatan Koto Balingka, Kecamatan Ranah Batahan, dan Kecamatan Sungai Beremas atau sebaliknya tidak bisa dilalui kendaraan roda dua atau roda empat, sehingga menyebabkan kemacetan (sumbersatu.com, 2023).

Berkurangnya ruang resapan air hujan saat ini, akibat dari alih fungsi lahan yang tidak sesuai dengan fungsinya sebagai ruang resapan sehingga berdampak pada keseimbangan hidrologi (Purwantara et al., 2020). Peneliti ingin memodelkan dan menganalisis perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan terhadap debit banjir yang terjadi di Daerah Aliran Sungai Sikilang. Melalui nilai koefisien aliran (C), intensitas hujan (I), dan luas daerah tangkapan air (A), sehingga dapat diketahui debit banjir yang akan terjadi. Kebaharuan dalam penelitian ini yaitu terkait model untuk mitigasi banjir. Model numerik digunakan untuk mengetahui nilai perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan terhadap debit banjir. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan model numerik bencana banjir di Daerah Aliran Sikilang yang memiliki karakteristik banjir, dan menghasilkan model perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan yang mengetahui perubahan debit banjir pada tahun 2024 sampai dengan tahun 2044, serta model mitigasi banjir pada tahun 2024 sampai dengan tahun 2044 secara spasial. Hasil penelitian diharapkan dapat berguna untuk merumuskan kebijakan yang mengatur perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan di Daerah Aliran Sungai Sikilang, dan sebagai informasi tentang zona bahaya banjir bagi pemerintah pusat, pemerintah daerah, LSM, dan masyarakat yang tinggal di Daerah Aliran Sungai Sikilang, untuk melakukan intervensi dalam kesiapsiagaan, respon, dan proses mitigasi serta pemulihan pascabanjir.

METODE PENELITIAN

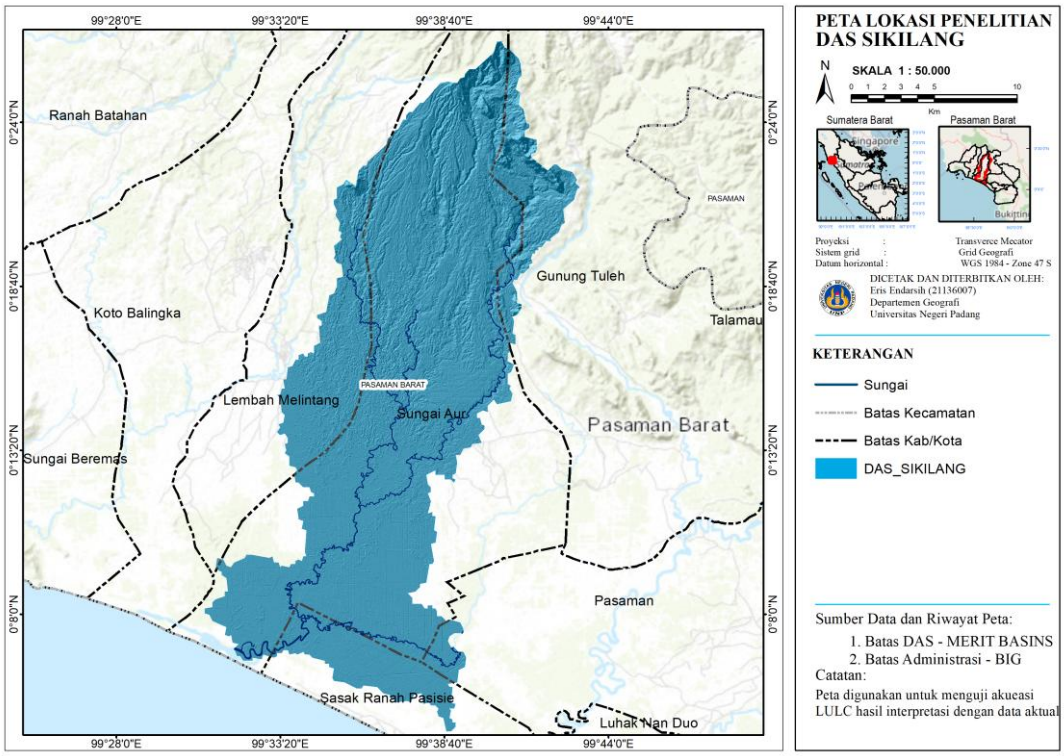
Metode yang digunakan untuk pemodelan perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan, dan pemodelan banjir adalah kuantitatif. Tahapan dalam penelitian ini adalah persiapan, interpretasi citra, pemodelan, dan analisis. Untuk melakukan pemodelan perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan, serta pemodelan banjir diperlukan beberapa data. Data yang diperlukan untuk penelitian ini disajikan dalam tabel 1 :

Tabel 1 Data Penelitian

Data	Penggunaan	Sumber
Batas DAS Sikilang	Area kajian	MERIT-Basins (Global Watersheds)
Data Bencana Banjir	Studi Literatur	BPBD Pasaman Barat
Landsat 7 (2010), Landsat 8 (2020, 2024)	Penutupan lahan tahun 2010, penutupan lahan tahun 2020, penutupan lahan tahun 2024	Earth Engine Catalog
Model Elevasi Digital	Pemodelan 1D untuk model spasial banjir	DEMNAS (Ina-Geoportal)
Data Curah Hujan (2010-2024)	Model numerik untuk debit banjir	Pengelolaan Sumber Daya Air Provinsi Sumatera Barat
Kemiringan Lereng	Analisis konservasi	DEM (analisis data)

Lokasi Penelitian

Daerah Aliran Sungai Sikilang terletak di Kabupaten Pasaman Barat Provinsi Sumatera Barat. DAS Sikilang memiliki luas 402,63 Km^2, dan berada pada ketinggian 0 – 741 mdpl. Peta lokasi penelitian ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Lokasi Penelitiian

Teknik Analisis Data

Waktu Konsentrasi (Tc)

Waktu konsentrasi *Tc (time of concentration)* adalah waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir dari titik terjauh di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) hingga mencapai titik keluar utama setelah hujan mulai turun. Waktu konsentarsi menjadi salah satu variabel dalam menghitung intensitas hujan yang dihitung dengan rumus *Hathaway* karena nilai koefisien kekasaran lahan juga diperhatikan.

$$Tc = \frac{0.606\ x\ (L.n)^{0.467}}{S^{0.234}} \quad (1)$$

Keterangan :

Tc : waktu konsentrasi (Jam)

L : panjang maksimum aliran (Km)

S : kemiringan rata-rata saluran
n : koefisien kekasaran lahan

Intensitas Hujan

Perhitungan curah hujan rancangan dilakukan sebelum menghitung intensitas hujan, yang dilakukan dengan cara berikut:

1. Data curah hujan harian maksimum diurutkan dari data tertinggi
2. Selanjutnya menghitung parameter statistik, meliputi :
   a. Standar deviation (S)

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=}^{n} 1\,(xi - \bar{x})^2} \quad (2)$$

   b. Coefficient of variation (Cv)

$$Cv = s/(\bar{x}) \quad (3)$$

   c. Coefficient of skewness (Cs)

$$CS = \frac{n\sum_{i=1}^{n}(Xi-\bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (4)$$

   d. Coeffient of kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Xi-\bar{x})^4}{S^4} \quad (5)$$

3. Menghitung curah hujan rancangan

   Perhitungan curah hujan rancangan penelitian ini menggunakan metode Gumbel, Log Normal, Log Pearson Type III, dari ketiga metode akan ditentukan metode yang sesuai, dengan persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995)

   a. Metode Gumbel

$$x = \bar{x} + sd.K \quad (6)$$

   Keterangan :
   x : nilai esktream
   x : nilai rata-rata sampel
   S : simpangan baku sampel
   K:faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari periode ulang dan tipe distribusi

$$K = \frac{Yt-Yn}{Sn} \quad (7)$$

   b. Metode Log Pearson Type III

$$\log X = \overline{\log X} + k\,(\overline{S\ logX}) \quad (8)$$

   Keterangan :
   $\overline{\log X}$:nilai rata-rata logaritma dari curah hujan maksimum tahunan (mm)
   K :karakteristik dari distribusi Log Pearson Type III
   $\overline{S \log X}$: nilai standar deviasi dari log X
   log X :nilai logaritma curah hujan rencana (mm)

   c. Metode Log Normal

$$P(X) = \frac{1}{(log\ X)(S)(\sqrt{2\pi})}.exp\left\{\frac{1}{2}\left(\frac{logX-\bar{x}}{S}\right)^2\right\} \quad (9)$$

   Keterangan:
   P(X) :peluang log normal
   X :nilai variat pengamatan
   $\bar{x}$:nilai rata-rata dari logaritmik variat X, umumnya dihitung nilai rata-rata geometriknya.
   X : {(X1) (X2) (X3) (Xn)}1/n

S : standar deviasi dari logaritmik nilai variant X

4. Uji kesesuian distribusi

a. Chi-Kuadrat

$$X^2 = \sum_{f=1}^{k} \frac{(oj-Ej)^2}{Ej} \quad (10)$$

menghitung banyaknya kelas:

$$K = 1 + 3.22 \text{ Log } G \quad (11)$$

Keterangan :

X^2 : nilai Chi-Kuadrat terhitung
Ei : frekuensi yang diharapkan
Oi :frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama
G : jumlah sub kelompok pada satu group
K : jumlah kelas distribusi dan Smirnov-Kolmogorof.

Nilai suatu derajat tertentu untuk nilai X^2 hitung < nilai X^2cr yang biasanya sebesar 5% (Maulana et al., 2021). Selanjutnya menghitung derajat kebebasan.

$$DK = k- (\alpha + 1) \quad (12)$$

Keterangan:

DK : derajat kebebasan
K : banyaknya kelas
α : banyaknya parameter

b. Uji Smirnov-Kolmogorof

Membandingkan probabilitas tiap data dengan sebaran empiris yang dinyatakan dengan Δ .

$$\Delta_{maks} = |Pe - Pt| \quad (13)$$

Keterangan :

Δ_{maks} :selisih maksimum antara peluang empiris dan teoritis
Pe : peluang empiris
Pe : peluang teoritis

Distribusi akan diterima dengan membandingkan antara Δ_{maks} dan $\Delta_{cr,}$ dengan hasil perbandingan nilai $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$ (Maulana et al., 2021).

5. Intensitas hujan

Ketika data curah hujan yang tersedia adalah data curah hujan harian, maka untuk menghitung dapat digunakan rumus Mononobe (Sofia & Nursila, 2019).

$$R_t = \frac{RT}{T}\left(\frac{T}{tc}\right)^{2/3} \quad (14)$$

Keterangan :

R_t :Intensitas hujan (mm/jam)
RT :Curah hujan harian maksimum (mm)
Tc :Waktu konsentrasi (jam)
T :Durasi hujan (jam)

Model Perubahan Penggunaan Lahan dan Tutupan Lahan

a. Interpretasi Penggunaan lahan dan tutupan lahan

Penggunaan lahan dan tutupan lahan hasil interpretasi citra Landsat 7 untuk tahun 2010, Landsat 8 untuk tahun 2020 dan 2024. Klasifikasi penggunaan lahan dan tutupan lahan Daerah Aliran Sungai Sikilang sesuai dengan SNI 7645:2010 untuk skala 1:50.000 dan disesuaikan dengan kondisi kenampakan objek di Daerah Aliran Sungai Sikilang. Model klasifikasi terbimbing dalam penelitian ini menggunakan algoritma *Random*

Forest. Untuk melihat akurasi data, dapat dilakukan dengan membuat matriks kontigensi, yang disebut *confusion matrix*, dimana nilai akurasi harus memenuhi syarat >70% (Febriani & Ahyuni, 2023) . Penggunaan lahan dan tutupan lahan hasil interpretasi citra dilakukan uji akurasi dengan data penggunaan lahan dan tutupan lahan eksisting . Teknik *Proportionate Stratified Random Sampling*, digunakan untuk pengambilan sampel, dan jumlah sampel digunakan rumus *Slovin* (Prakoso et al., 2018)

$n = N / (1+Ne^2)$ (14)

Keterangan:
n: sampel
N: jumlah roi
e : *margin of error* (10%)
n = 447.670 (1+447.670 x $10\%^2$) = 100 sampel.

Overall Accuracy digunakan untuk menilai akurasi hasil interpretasi dengan data eksisting (Marlina, 2022).

overall Accuracy = $\sum_i^r Xii \ x\ 100\%$ (15)

Nilai *Overall accuracy* dapat diterima jika >85% (Arafah et al., 2024 dalam Andiko & Darmawan, 2019).

b. Model penggunaan lahan dan tutupan lahan

Perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan akibat aktivitas manusia sering kali tidak terduga dan berubah cepat, sehingga pola perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan sulit diprediksi. Analisis proyeksi sangat diperlukan dalam simulasi untuk memprediksi kemungkinan skenario masa depan. *CA-ANN* digunakan untuk menentukan perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan dengan mempertimbangkan kemungkinan faktor yang dapat mempengaruhi perubahan tersebut. Model *CA-ANN* didasarkan pada kondisi *what-if*, sehingga cocok dalam skenario penggunaan lahan dan tutupan lahan (Baig et al., 2022). Probalibilitas transisi diperoleh dengan persamaan berikut (Saputra & Lee, 2019).

$$P\ (k,t,l) = \sum_j wj,l \frac{1}{1+e^{-net_{j(k,t)}}} \quad (16)$$

Model perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan dalam penelitian ini mengintekrasikan metode *Cellular Automata (CA)* dengan teknik *Artificial Neural Networks (ANN),* dengan memangfaatkan plugin *Module for Land-USE Change Simulation* (MOLUSCE) , digunakan untuk memperkirakan perubahan spatiotemporal dan menghitung perubahan transisi penggunaan lahan dan tutupan lahan (2010 – 2020 dan 2020 – 2024) , plugin ini memiliki kemampuan secara efektif menghitung perubahan spatiotemporal dalam penggunaan lahan, memodelkan potensi transisi, dan melakukan simulasi untuk skenario mendatang (Aneesha Satya et al., 2020). Akurasi model prediksi penggunaan lahan dan tutupan lahan, jika hasil validasi model prediksi memiliki akurasi >75%, maka dapat dilanjutkan untuk prediksi tahun selanjutnya (Antomi et al., 2024).

c. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran (C) adalah hasil perbandingan jumlah hujan yang jatuh dan limpasan yang mengalir melalui permukaan tanah tertentu (Herdiaprila & Hartati, 2023). Menentukan besar koefisien pengaliran ditetapkan dengan mengambil rata-rata (Asdak, 1995).

$$Cr = \frac{\Sigma C_i A_i}{\Sigma A_i} \quad (17)$$

d. Debit Banjir Rancangan

Penelitian ini menggunakan metode Rasional (Muda et al., 2022)

$$Q = 0{,}00278 \text{ x } C \text{ x } I \text{ x } A \quad (18)$$

Keterangan :

Q : Debit limpasan (m^3/s)
C : Koefisien limpasan air permukaan ($0 \leq C \leq 1$)
I : Intensitas hujan (mm/jam)
A : Luas DAS (0,00278 ha) dan (0,278 km^2)

Model Banjir

Hidrograf Satuan Sintentik menggunakan metode Nakayasu (Maulana et al., 2021)

$$Q_P = \frac{1}{3{,}6} \mathbf{X} \frac{\mathbf{A.Ro}}{\mathbf{(0{,}3\ Tp+T\ 0{,}3}} \quad (19)$$

Nilai tr didapatkan dari 0,5 t_g sampai t_g

$$Tg = 0{,}40 + 0{,}058 \text{ x } L \quad (20)$$

$$Tp = T_g + 0{,}8\ Tr \quad (21)$$

$$T_{0,3} = \alpha\ .\ T_g \quad (22)$$

Persamaan pembagian hidrograf satuan :

1. Pada kurva naik *(rising limb)*

$$0 < t < T_p \quad \text{maka} \quad Q_t = Q_p\ (t/T_p)^{2,4} \quad (23)$$

2. Pada lengkung turun (decreasing limb)
   a. $T_p < t < (T_p + T_{0,3})$ maka $Q_t = Q_p\ .\ 0{,}3^{\{(t-Tp)/T_{0,3}\}}$ (24)
   b. $(T_p+T_{0,3}) < t < (T_p + T_{0,3} + 1{,}5T_{0,3})$ maka $Q_t = Q_p\ .\ 0{,}3^{\wedge} \frac{(t-T_p 0{,}5T_{0,3})}{1{,}5.T_{0,3}}$ (25)
   c. $t > (T_p + T_{0,3} + 1{,}5\ .T_{0,3})$ maka $Q_t = Q_p\ .\ 0{,}3\ ^{\wedge} \frac{(t-T_p 0{,}5T_{0,3})}{2.T_{0,3}}$ (26)

Keterangan :

Q_p : debit puncak banjir (m^3/s)
R_o : hujan satuan (mm)
A : luas daerah aliran (km^2)
Tp : *Time to peak flood (Jam)*
Tr : durasi hujan
T0,3 : waktu yang diperlukan penurunan debit, dari debit puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)

$$Tr = 0{,}5.Tg \quad (27)$$

$$Tp = T_g + 0{,}8\ Tr$$

L : 0,40 + 0,058 x L untuk L > 15 km
L : 0,21 x $L^{0.7}$ untuk L < 15 km
L : panjang sungai
Tg : *time lag*, yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam).

Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana BNPB No 02 Tahun 2012 , kedalaman air diklasifikasikan berdasarkan tingkat kedalaman genangan. Kedalaman air <0,76 m dianggap sebagai kelas bahaya rendah, kedalaman air antara 0,76 dan 1,5 m dianggap sebagai kelas bahaya sedang, dan kedalaman air yang lebih dari 1,5 m dianggap sebagai kelas bahaya banjir tinggi.

Mitigasi Banjir

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 1 Tahun 2012 tentang Program Menuju Indonesia Hijau terkait pengelolaan lingkungan hidup, termasuk pengelolaan tutupan vegetasi, manajemen pemerintah daerah, dan pengendalian kerusakan lingkungan. Kawasan yang berfungsi lindung adalah kawasan yang secara fisik memiliki fungsi perlindungan tatanan lingkungan hidup, seperti tangkapan air, kawasan resapan air, lahan dengan kemiringan >40%, Skenario yang dibangun pada upaya mitigasi di Daerah Aliran Sungai Sikilang yaitu memperbaiki atau mengembalikan kembali fungsi utama hutan, yaitu fungsi lindung jika ditemukan pada lahan yang

memiliki kemiringan lereng >40% di Daerah Aliran Sungai Sikilang, bukan tutupan lahan hutan melainkan penggunaan lahan lain seperti ladang, lahan terbuka, dan perkebunan kelapa sawit, maka diperbaiki menjadi hutan kembali, untuk mengurangi koefisien pengaliran (C), sehingga akan memperkecil debit banjir. Analisis koefisien pengaliran menggunakan persamaan (17) dan untuk menghitung debit banjir digunakan rumus Rasional sesuai dengan persamaan (18). Nilai koefisien aliran permukaan adalah salah satu indikator untuk mengetahui apakah DAS telah mengalami gangguan fisik (Pigawati et al., 2019). Selanjutnya nilai koefisien pengaliran (C), berpengaruh terhadap hasil perhitungan debit banjir (Halim, 2014).

Pemodelan Hidraulika

Penggunaan perangkat lunak HEC-RAS *(Hidrological Engineering Center-River Analysis System)* selama tiga periode pemodelan banjir Daerah Aliran Sungai Sikilang menghasilkan area sebaran genangan banjir di sepanjang Daerah Aliran Sungai. Langkah-langkah pengolahan data HEC-RAS 6.6 diantaranya (1) input peta DEM pada menu *terrain layer* (2) Untuk mempermudah penggambaran geometri, gunakan peta DEM di *overlay* dengan peta *Google Hybrid*. Geometri sungai dapat dibuat dengan memilih edit geometri di menu *2D flow area*; (3) Nilai debit puncak periode ulang yang diperoleh dari pengolahan metode HSS Nakayasu, selanjutnya diinput melalui menu *unsteady flow* dan kolom *normal depth* (4) Selanjutnya *running* untuk menghasilkan model genangan banjir dengan memilih menu *run* dan klik *unsteady flow analysis*; (5) Hasil area genangan banjir dapat dilihat pada RAS Mapper pada menu *Result* (Gunawan et al., 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Intensitas Hujan

Sebelum menghitung intensitas hujan Daerah Aliran Sungai Sikilang, maka dilakukan perhitungan curah hujan rancangan terlebih dahulu, menggunakan data curah hujan harian maksimum, dalam penelitian ini digunakan lima stasiun tahun 2010-2024.

Tabel 2 Curah Hujan Harian Maksimum (mm) Menurut Stasiun Curah Hujan

Tahun	ST Bendung Tongar BBtt	ST Muara Tantang BBtt	ST Kampung IV BBtt	ST Silaping BBtt	ST Ujung Gading BBtt
2010	67	100	230	93,200	198
2011	90	110	203	87,400	79
2012	120	91	141	97,700	77
2013	110	65	150	68	90
2014	110	66,4	170	98	91
2015	80	70	140	125	91
2016	94	65	150	143	85
2017	110	96	140	121	201
2018	76,913	131	179,374	174	98
2019	296,347	192	221	174	99
2020	83,337	98	153	112	91
2021	84	121	114	105	85,009
2022	90,824	123	110	121	96
2023	80,261	90	113,882	70	105
2024	70	92	80	110	101

Sumber : PSDA Sumatera Barat

Selanjutnya dipilih curah hujan maksimum tertinggi dari kelima stasiun untuk setiap tahunnya.

Tabel 3.Curah Hujan Harian Maksimum (mm)

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum Harian
1	2010	230
2	2011	203
3	2012	141
4	2013	150
5	2014	170
6	2015	140
7	2016	150
8	2017	201
9	2018	179,374
10	2019	296,347
11	2020	153
12	2021	121
13	2022	123
14	2023	113,882
15	2024	110

Sumber : Analisis data, 2025

Uji distribusi frekuensi dilakukan untuk menentukan distribusi yang tepat digunakan untuk curah hujan rancangan. Hasil uji Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorof dapat dilihat pada tabel 4 dan 5 berikut

Tabel 4 Uji Chi-Square

No	Metode Distribusi	Nilai X2 hitung	Nilai X2 Kritis α (0,05)	Keterangan
1	Distribusi Gumbel	24	5.991	Ditolak
3	Distribusi Log Normal	1	5.991	Diterima
4	Distribusi Log Pearson Type III	1	5.991	Diterima

Sumber : Analisis data, 2025

Hasil uji Chi-Square menunjukkan bahwa dua distribusi memenuhi syarat yaitu Log Normal dan Log Pearson Type III.

Tabel 5 Uji Smirnov-Kolmogorof

No	Metode Distribusi	Nilai Dpmax	DPkritis (0,34) α (0,05)	Keterangan
1	Distribusi Gumbel	0,608	0,340	Ditolak
3	Distribusi Log Normal	0,912	0,340	Ditolak
4	Distribusi Log Pearson Type III	0,090	0,340	Diterima

Sumber : Analisis data, 2025

Hasil uji Smirnov-Kolmogorof untuk distribusi mencakup Gumbel, Log Normal, dan Log Pearson Type III, menunjukkan bahwa yang memenuhi syarat yaitu Log Pearson Type III. Hujan rancangan Log Pearson Type III ditunjukkan pada tabel 6 berikut:

Tabel 6 Curah Hujan Rencana

Kala Ulang [Tr]	Pr (%)	K	K.SdLog R	Log Rrancangan	Rrancangan (mm)
2	50	-0,022	-0,003	2,199	159,250
5	20	0,834	0,101	2,303	201,184
10	10	1,295	0,157	2,359	227,388
20	5	1,682	0,203	2,405	251,347

Kala Ulang [Tr]	Pr (%)	K	K.SdLog R	Log Rrancangan	Rrancangan (mm)
50	2	2,125	0,257	2,459	259,160
100	1	2,425	0,293	2,495	281,724

Sumber : Analisis data, 2025

Hasil uji Chi-Square dan uji Smirnov-Kolmogorof curah hujan rancangan yang dipilih adalah metode Log Pearson Type III, karena memenuhi syarat yaitu nilai Chi-Square hitung sebesar 1 dan nilai Smirnov Kolmogorof hitung sebesar 0,090. Selanjutnya dihitung intensitas hujan untuk tahun 2024, 2034, 2044, dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7 Intensitas Hujan DAS Sikilang

No	Periode Ulang	Tahun	Curah Hujan Log Pearson Type III	S	L	TC	Intensitas Hujan
				(%)	(Km)	(jam)	(mm/jam)
1	2	2024	159,250	0,003	73,244	11,125	11,078
2	10	2034	227,388	0,003	73,244	11,125	15,818
3	20	2044	251,347	0,003	73,244	11,125	17,485

Sumber : Analisis data, 2025

Setelah mengetahui distribusi yang sesuai selanjutnya menghitung intensitas hujan dengan menggunakan persamaan *Mononobe,* berdasarkan tabel 7, maka didapatkan intensitas hujan Daerah Aliran Sungai pada tahun 2024 sebesar 11,078 mm/jam, tahun 2034 sebesar 15,818 mm/jam, dan tahun 2044 sebesar 17,485 mm/jam. Intensitas hujan di Daerah Aliran Sungai Sikilang mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kala ulang.

Model Perubahan Penggunaan Lahan dan Tutupan Lahan

Skenario dalam model penggunaan lahan dan tutupan lahan dalam penelitian ini, dengan intervensi yang diberikan yaitu penggunaan lahan dan tutupan lahan periode awal tahun 2010, dan periode akhir 2020 dengan faktor pendorong perubahan berupa elevasi, kemiringan lereng, jarak dari sungai, jarak dari jalan utama, jarak dari fasilitas kesehatan, jarak dari fasilitas pendidikan, dan jarak dari pusat pemerintahan, menggunakan metode *CA-ANN* untuk prediksi tahun 2024 dan dilanjutkan untuk tahun 2034 dan 2044.

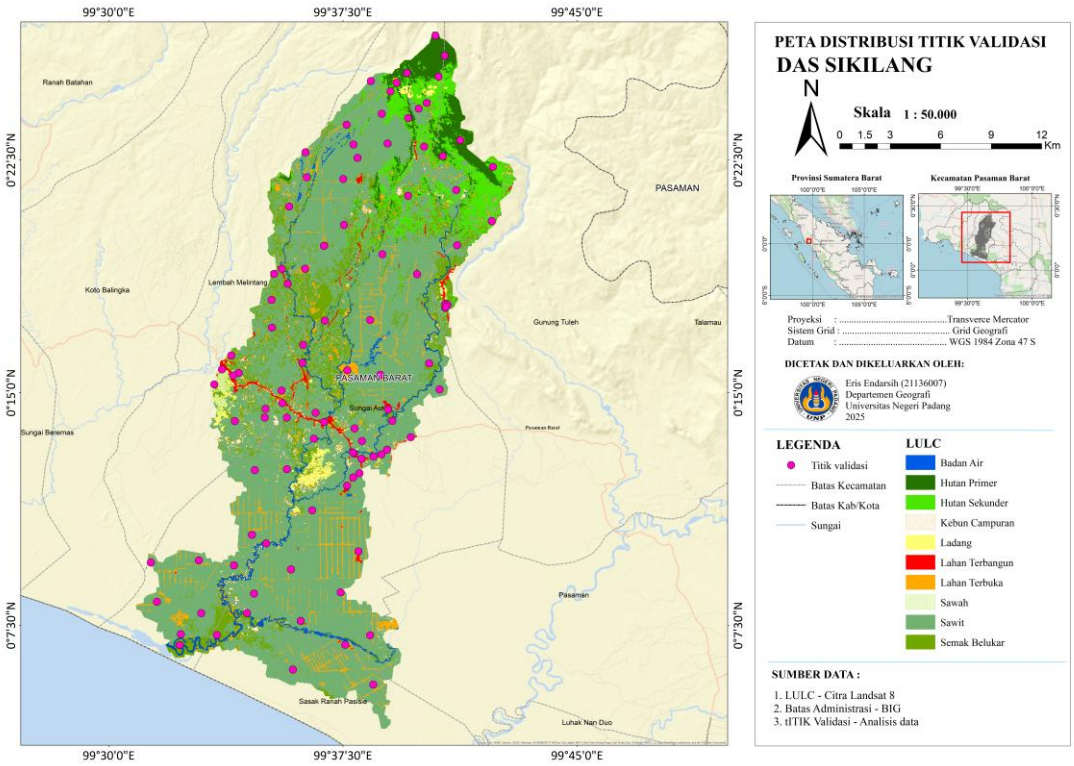
Uji Akurasi Penggunaan Lahan dan Tutupan Lahan tahun 2024

Validasi hasil interpretasi citra Landsat untuk penggunaan lahan dan tutupan lahan tahun 2024, dengan penggunaan lahan dan tutupan lahan eksisting, persebaran titik sampel validasi ditunjukkan ada gambar 2 berikut:

Tabel 8 Titik sampel

No	Count/Piksel	LULC	Sampel
1	16.892	Hutan Primer	4
2	292.415	Hutan Sekunder	6
3	20.132	Lahan Terbuka	4
4	8.482	Kebun Campurar	2
5	4.847	Lahan Terbangun	1
6	52.100	Semak Belukar	12
7	299.504	Perkebunan Kela	68
8	2.178	Sawah	1
9	10.192	Tubuh Air	2
10	4.102	Ladang	1
Total	447.670		100

Sumber : Analisis data, 2025



Gambar 2 Persebaran Titik Sampel

Uji validasi yang dilakukan antara hasil interpretasi citra penggunaan lahan dan tutupan lahan dengan kondisi penggunaan lahan dan tutupan lahan eksisting , *Averall Accuracy* diperoleh seperti yang ditunjukkan dalam tabel 9 berikut ini:

Tabel 9 Persebaran Titik Sampel

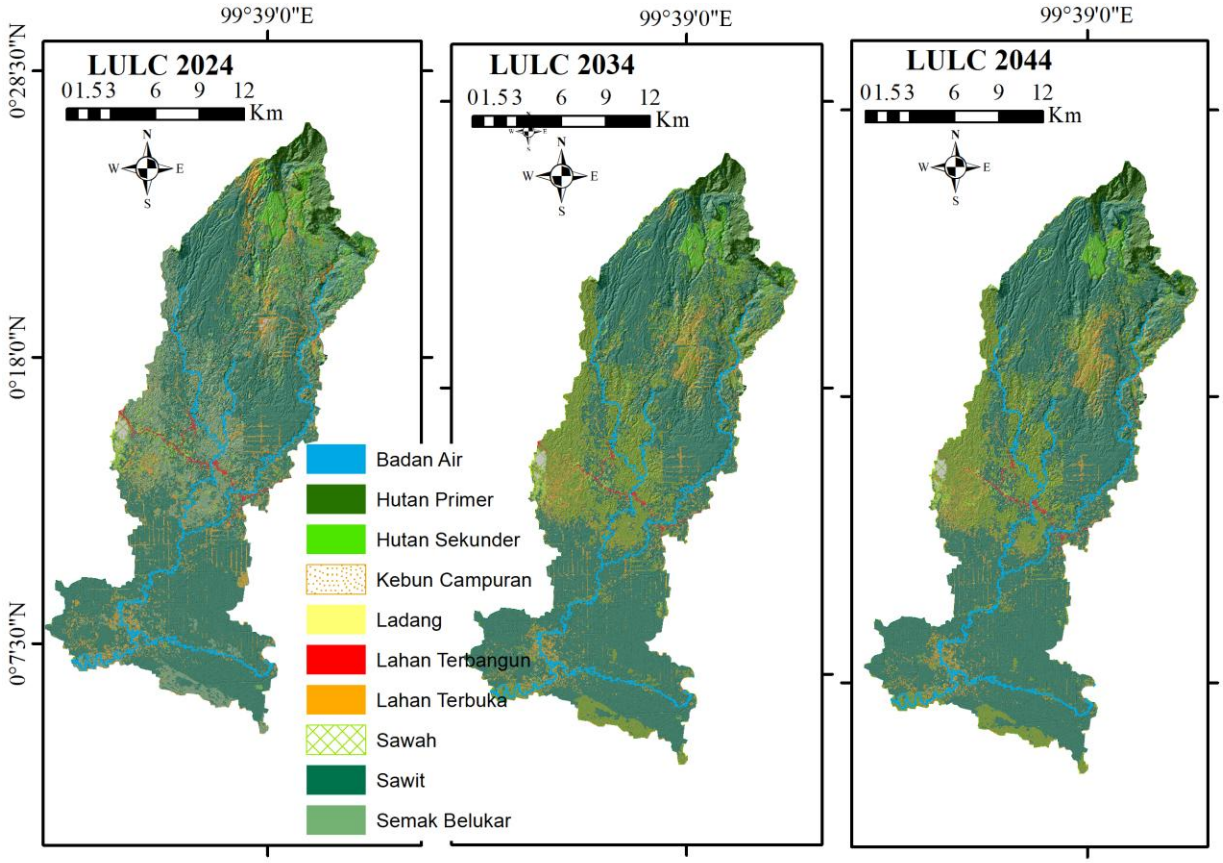
No	Kelas	SURVEY LAPANGAN										
		Badan Air	Hutan Primer	Lahan Terbangun	Lahan Terbuka	Sawit	Sawah	Semak Belukar	Hutan Sekunder	Kebun Campuran	Ladang	**Total**
1	Badan Air	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
2	Hutan Primer	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	**4**
3	Lahan Terbangun	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	**1**
4	Lahan Terbuka	0	0	0	3	1	0	1	0	0	0	**3**
5	Sawit	0	0	0	0	62	0	4	1	0	0	**62**
6	Sawah	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	**1**
7	Semak Belukar	0	0	0	0	1	0	6	0	0	0	**6**
8	Hutan Sekunder	0	0	0	0	1	0	1	4	0	0	**4**
9	Kebun Campuran	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	**2**
10	Ladang	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	**1**
	Total	**2**	**4**	**1**	**3**	**62**	**1**	**6**	**4**	**2**	**1**	**86**
	Total Sampel						**100**					
	Overall Accuracy						**86**					

Sumber : Analisis data 2025

Hasil validasi didapatkan nilai *Overall Accuracy* sebesar 86%, hal ini menunjukkan bahwa hasil klasifikasi penggunaan lahan dan tutupan lahan dari Daerah Aliran Sungai Sikilang tahun 2024 dapat digunakan untuk proses pemodelan, karena sudah memenuhi syarat uji akurasi >85%.

Model Penggunaan Lahan dan Tutupan Lahan 2024, 2034, 2044

Model penggunaan lahan dan tutupan lahan dalam penelitian ini menggunakan *CA-ANN*. Dalam proses pembelajaran *Artificial Neural Network*, 1000 *maximum iterations*, *hidden layers* 100, *neighbourhood* 1 px, *learning rate* 0.01, dan *momentum* 0.01. Berdasarkan akurasi model prediksi dan hasil simulasi penggunaan lahan dan tutuan lahan tahun 2024, maka didapatkan nilai kappa 82,792% artinya adanya kesesuaian yang kuat antara hasil simulasi dengan kondisi aktual, sehingga proses prediksi dapat dilakukan, untuk tahun 2034 dan 2044. Model penggunaan lahan dan tutupan laahn tahun 2024, 2034, 2044 dapat dilihat pada gambar 3 berikut:



Gambar 3 Peta Model Perubahan Penggunaan Lahan dan Tutupa Lahan Tahun 2024, 2034, 2044

Perubahan luas penggunaan lahan dan tutupan lahan dapat dilihat pada tabel 10 berikut:

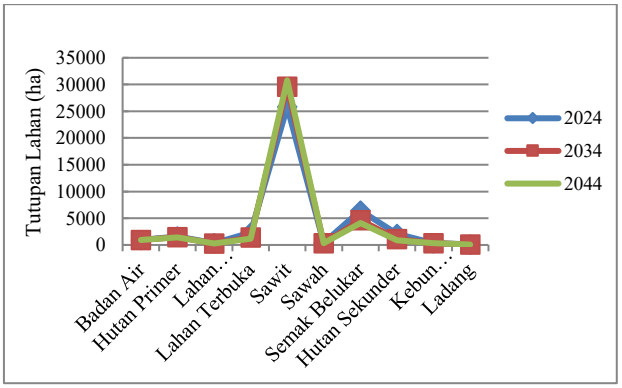
Tabel 10 Model Perubahan Penggunaan Lahan dan Tutupan Lahan Tahun 2024-2044

Tutupan Lahan	Tahun 2024		Tahun 2034		Tahun 2044	
	Luas (ha)	%	Luas (ha)	%	Luas (ha)	%
Badan Air	917,280	2,277	917,280	2,277	917,280	2,277
Hutan Primer	1.583,640	3,931	1.495,497	3,712	1.435,177	3,563
Lahan Terbangun	341,882	0,849	299,156	0,743	281,427	0,699
Lahan Terbuka	1.801,007	4,471	1.385,359	3,439	1.133,365	2,813
Sawit	25.621,448	63,601	28.598,025	70,990	30.349,387	75,337
Sawah	368,977	0,916	359,334	0,892	337,345	0,837
Semak Belukar	6.426,589	15,953	4.652,890	11,550	4.084,108	10,138
Hutan Sekunder	2.754,012	6,836	2.163,490	5,371	1.330,654	3,303
Kebun Campuran	343,823	0,853	331,215	0,822	338,875	0,841
Ladang	126,038	0,313	82,450	0,204	77,078	0,191
Jumlah	40.284,696	100	40.284,696	100	40.284,679	100

Sumber : Analisis data, 2025

Tabel 10 merupakan hasil pemodelan penggunaan lahan dan tutupan lahan DAS Sikilang, yang menunjukkan bahwa tutupan lahan semak belukar dan hutan sekunder mengalami perubahan terluas yaitu untuk tahun 2024, 2034, dan 2044. Besarnya perubahan semak belukar dari tahun 2024 sampai dengan tahun 2034 adalah 1.773,669 ha atau 4,402 %, ditahun yang sama hutan sekunder berkurang seluas 590,522 ha atau 1,465 %, lahan terbuka berkurang 415,648 ha atau 1,031%, sawah berkurang seluas 9,643 ha atau 0,023%, kebun campuran berkurang seluas 12,608 ha atau 0,031%,

dan ladang berkurang seluas 43,588 ha atau 0,108%. Sedangkan perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan dari tahun 2034 – 2044 yaitu tutupan lahan semak belukar berkurang seluas 578,782 ha atau 1,411% dan untuk hutan sekunder berkurang seluas 832,836 ha atau 2,067%, hutan primer berkurang seluas 60,320 ha atau 0,149%, sawah berkurang seluas 21,989 atau 0,054%, lahan terbangun berkurang seluas 17,729 ha atau 0,044% dan ladang berkurang seluas 5,372 ha atau 0,013%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini:



Gambar 4 Grafik Perubahan Penggunaan Lahan dan Tutupan Lahan 2024 – 2044

Perubahan penggunaan lahan yang mengalami peningkatan terbesar dari tahun 2024 sampai tahun 2044 adalah penggunaan lahan kelapa sawit. Peningkatan luas kelapa sawit dari tahun 2024 ke tahun 2034 seluas 2.976,577 atau 7,388%, lahan terbangun bertambah seluas 415,648 ha atau 1,031%, dan pada tahun 2034 sampai tahun 2044 penggunaan lahan kelapa sawit meningkat sebesar 1.751,362 atau 4,347%.

Koefisien Aliran

Nilai koefisien aliran DAS Sikilang tahun 2024 – 2044, ditunjukkan pada tabel 11 berikut:

Tabel 11 Nilai Koefisien Pengaliran

Tutupan Lahan	*C* 2024	Luas (%) 2034	*C* 2034	Luas (%) 2044	*C* 2044
Badan Air	0,001	0,023	0,001	0,023	0,001
Hutan Primer	0,001	0,037	0,001	0,036	0,001
Lahan Terbangun	0,005	0,007	0,004	0,007	0,004
Lahan Terbuka	0,011	0,035	0,007	0,028	0,006
Sawit	0,256	0,735	0,294	0,764	0,306
Sawah	0,001	0,009	0,001	0,008	0,001
Semak Belukar	0,011	0,116	0,008	0,101	0,007
Hutan Sekunder	0,002	0,027	0,001	0,022	0,001
Kebun Campuran	0,001	0,008	0,001	0,008	0,001
Ladang	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000
Jumlah	0,290	1,000	0,319	1,000	0,328

Sumber : Analisis data, 2025

Nilai C yang mendekati 1 mengindikasi bahwa terdapat limpasan permukaan, hal ini terjadi karena ketidaksesuaian fungsi dari tutupan lahan sebagai penyimpan air. Nilai koefisien DAS Sikilang tahun 2024 sebesar 0,290, tahun 2034 sebesar 0,319 dan 2044 sebesar 0,328 dimana nilai koefisien masuk dalam kategori sedang.

Debit Banjir Rancangan

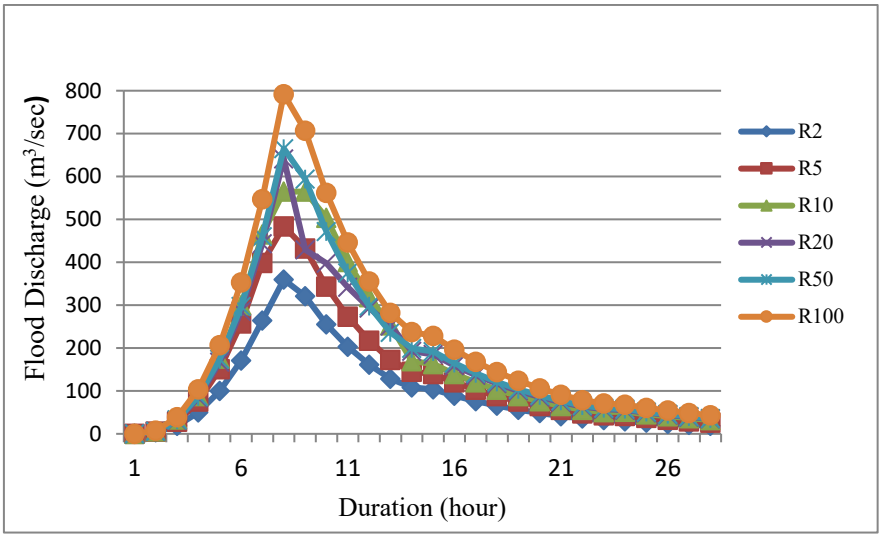
Hasil debit banjir rancangan DAS Sikilang ditunjukkan pada tabel 12 berikut:

Tabel 12 Debit Banjir Rancangan

Tahun	Koefisien Aliran (C)	I (mm/jam)	A (ha)	Q 0.00278 C i A	Perubahan (m^3/detik)	%
2024	0,290	11,078	40.284,696	359,728	205,024	36,303
2034	0,319	15,818		564,751		
2044	0,328	17,485		641,408	76,656	11,951

Sumber : Analisis data, 2025

Tabel 12 menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan mempengaruhi nilai koefisien aliran di Daerah Aliran Sungai Sikilang. Nilai koefisien aliran pada tahun 2024 sebesar 0,290, pada tahun 2034 nilai berubah menjadi 0,319, dan pada tahun 2044 nilai koefisien aliran sebesar 0,328. Perubahan nilai koefisien aliran ini disebabkan oleh adanya perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan, sehingga didapatkan perubahan nilai koefisien aliran dari tahun 2024 ke tahun 2034 akan mempengaruhi debit banjir sebesar 36,303% dan perubahan nilai koefisien aliran dari tahun 2034 ke tahun 2044 akan mempengaruhi debit banjir sebesar 11,951%. Model hidrograf debit banjir untuk kala 100 tahun DAS Sikilang dapat dilihat pada gambar 5 berikut:



Gambar 5 Model Hidrograf Debit Banjir

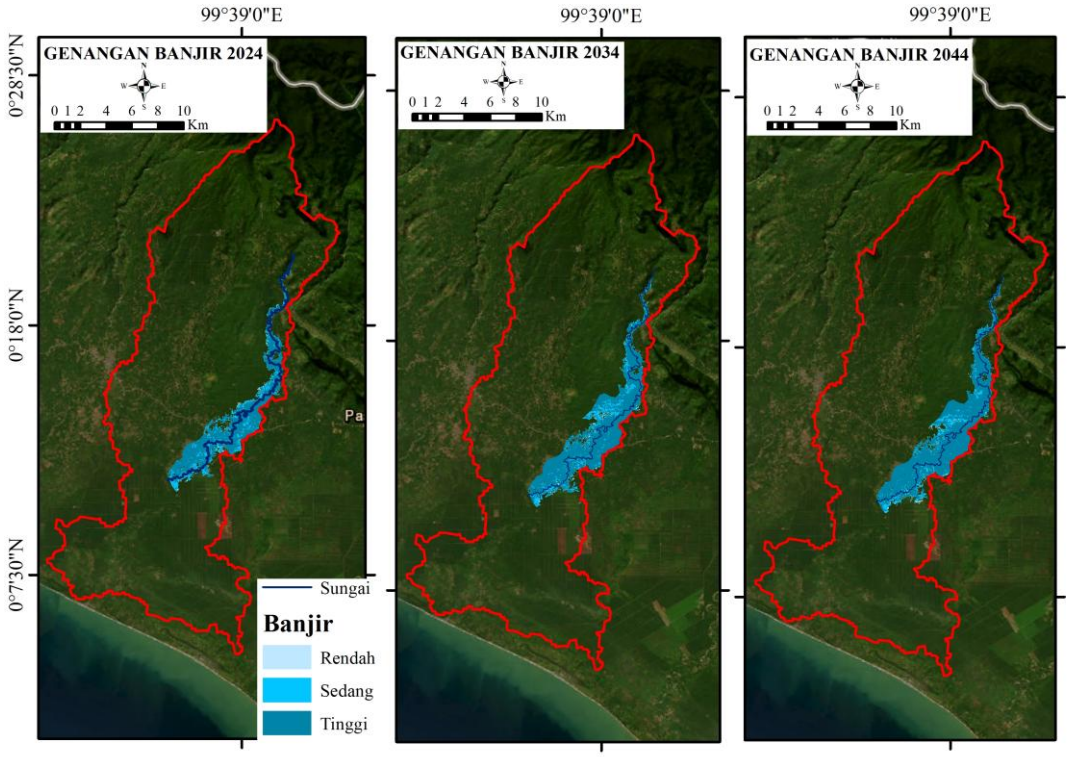
Berdasarkan hasil model hidrograf debit banjir Daerah Aliran Sungai Sikilang, debit puncak akan terjadi pada 6,50 jam, dan debit banjir menurun sebesar (*Tp*+0,3) terjadi pada jam ke 11,74 dan terjadi penurunan debit banjir sebesar *(Tp+T0,3+1.5T0,3)* pada pukul 19.36 WIB. Daerah Aliran Sikilang memiliki karakteristik banjir yang lama mencapai puncak dan lama mencapai debit normal. Luas area genangan banjir DAS Sikilang dapat dilihat pada tabel 13 berikut:

Tabel 13 Luas Genangan Banjir

Tahun	Debit Banjir	Area Genangan	Kedalaman Banjir	Keterangan
	(m^3/detik)	(ha)	(m)	
2024	359,727	244,000	0 - 0.75	Rendah
		498,000	0.75 - 1.5	Sedang
		1.926,000	> 1.5	Tinggi
2034	564,751	274,017	0 - 0.75	Rendah
		775,881	0.75 - 1.5	Sedang
		2.620,667	> 1.5	Tinggi
2044	641,407	278,447	0 - 0.75	Rendah
		700,039	0.75 - 1.5	Sedang
		2.835,875	> 1.5	Tinggi

Sumber : Analisis data, 2025

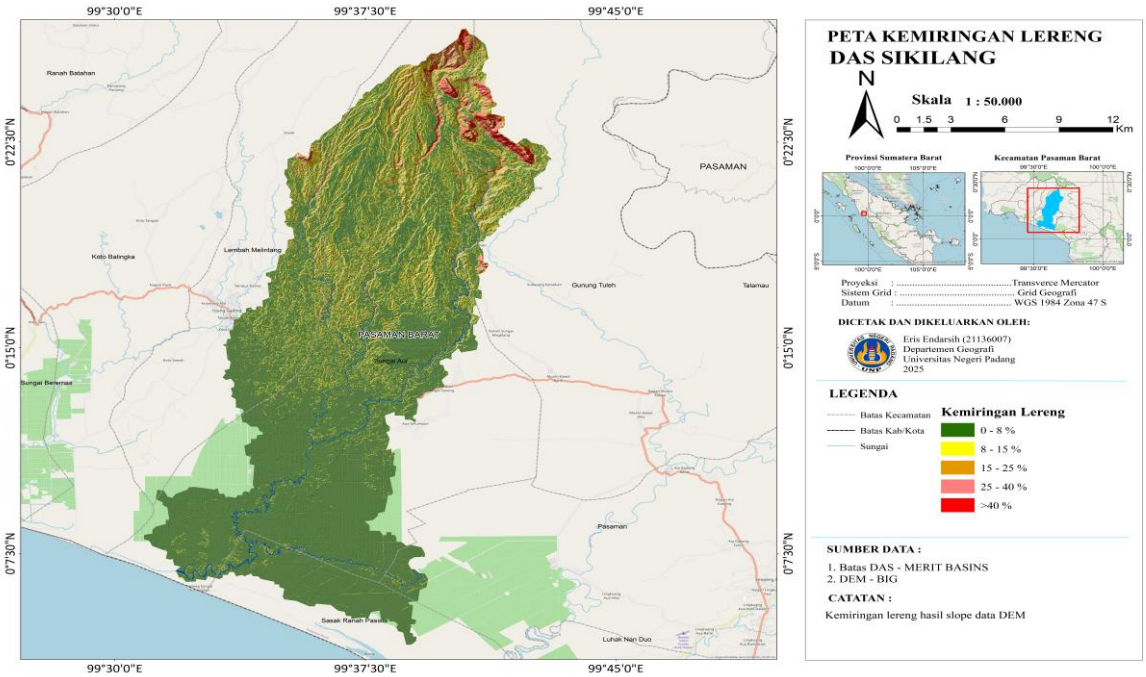
Berdasarkan tabel 13, hasil simulasi banjir dengan HEC-RAS 2D, banjir di DAS Sikilang sesuai klafisikasi kedalaman genangan banjir menurut BNPB, banjir DAS Sikilang memiliki tiga kelas. Kedalaman banjir dari tahun 2024 ke tahun 2034 menunjukkan pada kelas tinggi meningkat 694,667 ha, kelas sedang bertambah 277,881 ha dan kelas rendah bertambah 30,017 ha, dan dari tahun 2034 ke tahun 2044 untuk luas area tergenang banjir pada kelas tinggi meningkat 215,208 ha, kelas sedang menurun 75,842 ha dan kelas rendah meningkat 4,43 ha. Menurut masyarakat yang tinggal di DAS Sikilang terutama di lokasi banjir menyampaikan bahwa banjir terjadi Ketika hujan dengan durasi yang lama yaitu lebih dari 5 jam, dan menyebabkan muka air Sungai Batang Haji naik. Dampak banjir selain merendam pemukiman dan badan jalan, kekhawatiran masyarakat semakin bertambah ketika terjadi banjir karena sungai Batang Haji tidak hanya membawa air saat banjir, namun terdapat buaya yang hidup didalam sungai dikhawatirkan ikut naik kepermukaan sehingga dapat mengancam keselamatan warga. Untuk lebih jelasnya peta area genangan banjir dan kedalaman banjir dapat di lihat pada gambar 6 berikut:



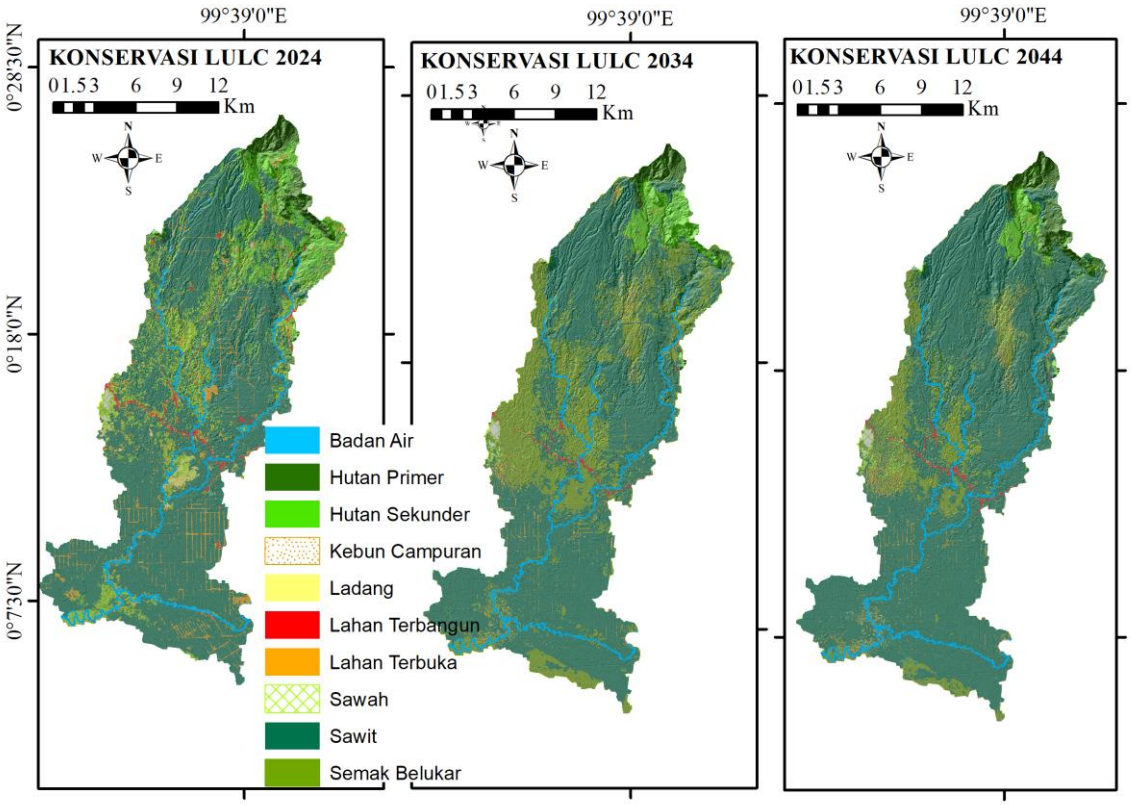
Gambar 6 Peta Area Genangan Banjir Tahun 2024, 2034, 2044

Model Mitigasi Banjir

Peta kemiringan lereng DAS Sikilang dan penggunaan lahan dan tutuan lahan hasil tindakan konservasi dapat dilihat pada gambar 7 dan 8 berikut:



Gambar 7 Kemiringan Lereng DAS Sikilang



Gambar 8 Penggunaan lahan dan Tutupan lahan Tindakan Konservasi tahun 2024, 2034, 2044

Tabel 14 Nilai Koefisien Aliran Setelah Tindakan Konservasi

Tutupan Lahan	C 2024	Luas (%) 2034	C 2034	Luas (%) 2044	C 2044
Badan Air	0,001	0,023	0,001	0,023	0,001
Hutan Primer	0,001	0,037	0,001	0,036	0,001
Lahan Terbangun	0,005	0,007	0,004	0,007	0,004
Lahan Terbuka	0,009	0,034	0,007	0,028	0,006
Sawit	0,254	0,710	0,274	0,753	0,281
Sawah	0,001	0,009	0,001	0,008	0,001
Semak Belukar	0,011	0,116	0,008	0,101	0,007
Hutan Sekunder	0,002	0,054	0,002	0,033	0,001
Kebun Campuran	0,001	0,008	0,001	0,008	0,001
Ladang	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000
Jumlah	0,286	1	0,299	1	0,303

Sumber : Analisis data, 2025

Perbandingan antara nilai koefisien aliran sebelum dan sesudah adanya tindakan konservasi yaitu dengan melihat tabel 11 dan tabel 14, didapatkan bahwa setelah adanya tindakan konservasi maka nilai koefisien aliran menjadi berkurang. Selanjutnya dilakukan analisis untuk melihat kontribusi tindakan konservasi terhadap perubahan debit banjir, ditunjukkan pada tabel 15 berikut:

Tabel 15 Debit Banjir Setelah Tindakan Konservasi

Tahun	Koefisien Aliran (C)	Koefisien Aliran (C) Tindakan Konservasi	I	A	Q m^3/detik	Q m^3/detik akan Kons	Q m^3/detik - Q m^3/detik (Tindakan Konservasi)
			(mm/jam)	(ha)	0.00278 C i A	00278 C i.	
2024	0,290	0,286	11,078	40.284,696	359,728	354,984	4,744
2034	0,319	0,299	15,818		564,751	530,104	34,647
2044	0,328	0,303	17,485		641,408	594,105	47,303

Sumber : Analisis data, 2025

Berdasarkan tabel 15 hasil upaya mitigasi banjir yang dilakukan di Daerah Aliran Sungai Sikilang melalui tindakan konservasi, diketahui dapat mengurangi debit banjir. Debit banjir pada tahun 2024 didapatkan 359,728 Q m^3/detik, namun setelah dilakukan tindakan konservasi debit banjir menurun menjadi 354,984 m^3/detik, dimana berdasarkan tindakan konservasi yang dilakukan pada tahun 2024, dapat mengurangi debit banjir sebesar 4,744 m^3/detik. Selanjutnya diketahui debit banjir sebelum dilakukan tindakan konservasi pada tahun 2034 sebesar 564,751 m^3/detik setelah adanya tindakan konservasi debit banjir menurun menjadi 330,104 m^3/detik, artinya tindakan konservasi dapat menurunkan debit banjir sebesar 34,647 m^3/detik, dan tindakan konservasi yang dilakukan pada tahun 2044 dapat menurunkan debit banjir sebesar 47,303 m^3/detik, dimana debit sebelum dilakukan tindakan konservasi sebesar 641,408 m^3/detik, namun setelah adanya tindakan konservasi debit banjir menurun menjadi 594,105 m^3/detik. Luas area genagan banjir hasil tindakan konservasi dapat dilihat pada tabel 16 berikut:

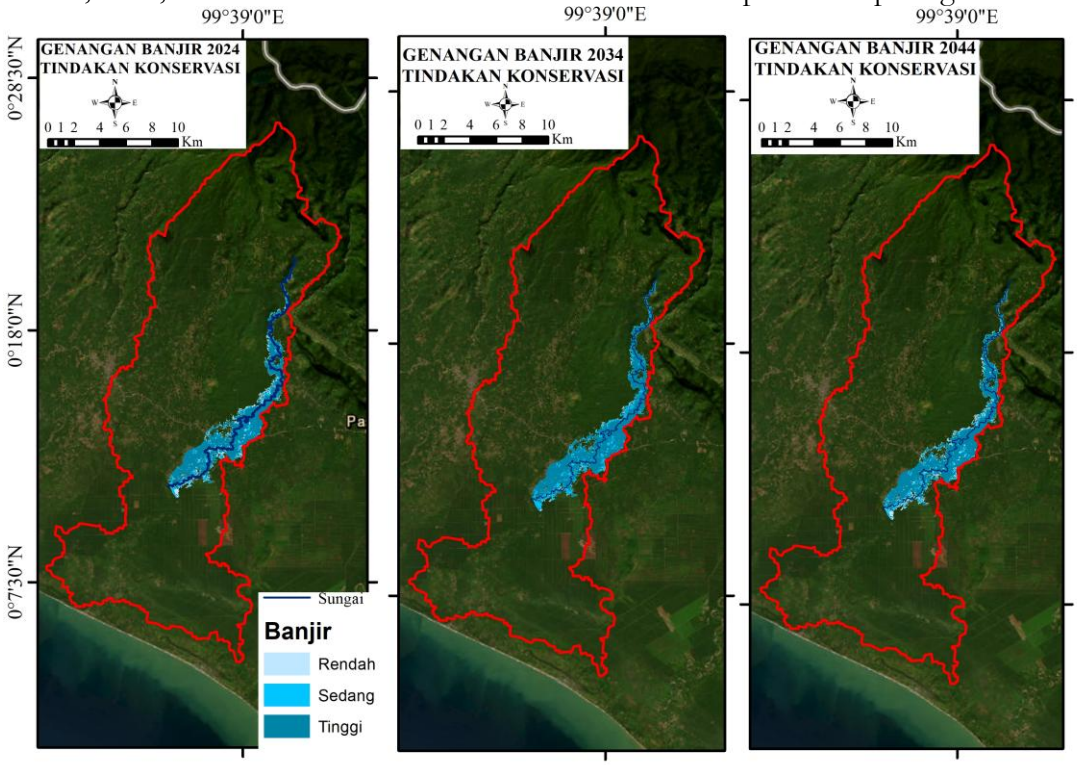
Tabel 16 Area Genangan Banjir Tindakan Konservasi

Tahun	Q (m^3/detik)	Q m^3/detik Tindakan Konservasi	Luas Genangan (ha)	Luas Genangan Setelah Tindakan Konservasi (ha)	Keterangan
2024	359,727	354,983	244	243,820	Rendah
			498	287,106	Sedang
			1.926	1.925,735	Tinggi

Tahun	Q (m^3/detik)	Q m^3/detik Tindakan Konservasi	Luas Genangan (ha)	Luas Genangan Setelah Tindakan Konservasi (ha)	Keterangan
2034	564,751	530,103	274,017	245,889	Rendah
			775,881	504,667	Sedang
			2.620,667	1.925,687	Tinggi
2044	641,407	549,105	278,447	245,460	Rendah
			700,039	288,662	Sedang
			2.835,875	1.906,931	Tinggi

Sumber : Analisis data, 2025

Mitigasi banjir dengan melakukan tindakan konservasi dapat mempengaruhi debit banjir, sehingga ketika dilakukan simulasi banjir akan berdampak pada luas area genangan banjir, berdasarkan tabel 16, pada tahun 2024 tindakan konservasi mengubah luas area genangan banjir, untuk kelas tinggi luas area genangan berkurang 0,265 ha, kelas sedang berkurang 271,214 ha dan kelas rendah berkurang 0,180 ha. Tindakan konservasi pada tahun 2034 dapat mengubah luas area genangan untuk kelas tinggi berkurang 694,980 ha, kelas sedang berkurang 271,214 ha dan kelas rendah berkurang 28,128 ha. Sedangkan pada tahun 2044 tindakan konservasi dapat mengubah luas area genangan banjir, untuk kelas tinggi berkurang 928,944 ha, kelas sedang berkurang 411,377 ha dan kelas rendah berkurang 32,987 ha. Peta persebaran area genangan banjir tahun 2024, 2034, 2044 setelah dilakukan tindakan konservasi dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9 Peta Area Genangan Banjir tahun 2024, 2034, 2044 Setalah Tindakan Konservasi

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian diatas dapat disimpulkan sebagai berikut: 1). Intensitas hujan di Daerah Aliran Sungai Sikilang mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kala ulang; 2) Model perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan di Daerah Aliran Sungai Sikilang mengalami perubahan tutupan lahan semak belukar, hutan sekunder, hutan primer, sawah, kebun campuran, ladang dan lahan terbuka, sedangkan penggunaan lahan kelapa sawit dan lahan

terbangun mengalami peningkatan; 3). Model numerik bencana banjir di Daerah Aliran Sikilang memiliki karakteristik banjir yang terjadi secara lama dan lama pula mengalami penurunan debit banjir; 4) Model mitigasi banjir melalui tindakan konservasi dapat mengurangi debit banjir sampai dengan 4,744 m^3/detik pada tahun 2024, pada tahun 2034 dapat mengurangi debit banjir 34,647 m^3/detik, dan tahun 2044 dapat mengurangi debit banjir sebesar 47,303 m^3/detik.

REFERENSI

Andiko, J. A., & Darmawan, A. (2019). Efisiensi Penggunaan Citra Multisensor untuk Pemetaan Tutupan Lahan (The Efficiency of Multisensor Images for Land Cover Mapping). *Jurnal Sylva Lestari*, *7*(3), 342–349.

Aneesha Satya, B., Shashi, M., & Deva, P. (2020). Future land use land cover scenario simulation using open source GIS for the city of Warangal, Telangana, India. *Applied Geomatics*, *12*(3), 281–290.

Antomi, Y., Angraina, D., Arif, D. A., & Fitriawan, D. (2024). Exploring the Effects of Land use Land Cover (LULC) Change on Menhir in 2053: Utilizing the Cellular Automata-Artificial Neural Network (CA-ANN) Algorithm: A Case Study of Menhir Tourist Site in Nagari Maek, Indonesia. *International Journal of Geoinformatics*, *20*(11).

Arafah, F., Santrum, I. Y., Sunaryo, D. K., & Purwanto, H. (2024). Analisa Perbandingan Metode Cellular Automata ANN Dan Markov Untuk Prediksi Tutupan Lahan Di Kota Blitar. *Jurnal Tekno Global*, *13*(02), 58–65.

Asdak, C. (1995). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS.

Baig, M. F., Mustafa, M. R. U., Baig, I., Takaijudin, H. B., & Zeshan, M. T. (2022). Assessment of land use land cover changes and future predictions using CA-ANN simulation for Selangor, Malaysia. *Water*, *14*(3), 402.

Dewata, I., & Umar, I. (2019). Management of flood hazard areas in pasaman river basin of west pasaman regency west sumatra province. *GEOMATE Journal*, *17*(64), 230–237.

Edial, H., Wilis, R., Antomi, Y., & Desman, S. (2020). Analysis of environmental adaptation of flooded areas in Padang City. *TEST*, *83*, 3237–3243.

Febriani, N., & Ahyuni, A. (2023). *Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2010-2020 Terhadap Debit Banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Sikilang Kabupaten Pasaman*.

Gunawan, G., Misliniyati, R., Saputra, I. K. T., & Aqilah, H. (2023). Pemodelan Genangan Banjir Sub DAS Bengkulu Hilir Provinsi Bengkulu Menggunakan Program Hec-Ras 5.0. 7 Berbasis Ras Mapper dan Arc-Gis 10.8. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, *29*(1), 84–92.

Halim, F. (2014). Pengaruh hubungan tata guna lahan dengan debit banjir pada Daerah Aliran Sungai Malalayang. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, *4*(1).

Herdiaprila, T., & Hartati, E. (2023). Penentuan Koefisien Limpasan Rata-Rata (Cr) Pada Tata Guna Lahan Kelurahan Sukamiskin Kecamatan Arcamanik Kota Bandung. *Jurnal Serambi Engineering*, *8*(2).

Husni, N., & Remiswal, R. (2024). Peran Manusia Terhadap Keseimbangan Lingkungan Hidup di Nagari Limakaum. *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan Indonesia*, *3*(2), 338–344.

Marlina, D. (2022). Klasifikasi tutupan lahan pada citra Sentinel-2 Kabupaten Kuningan dengan NDVI dan algoritme random forest. *STRING (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, *7*(1), 41–49.

Maulana, M. A., Asmaranto, R., & Dermawan, V. (2021). Analisa Banjir Kali Pekalen Kabupaten Probolinggo Menggunakan Aplikasi HEC-RAS. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, *1*(2), 549–561.

Muda, S. I., Gunawan, R., & Diva, S. D. T. (2022). Analisis Perhitungan debit banjir rencana di bendung karet bandar sidoras. *Jurnal Vorteks*, *3*(1), 190–198.

Pigawati, B., Roynaldi, A. D., Desectasari, D. P., & Hutama, M. P. (2019). Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap nilai koefisien aliran permukaan sub das garang kota semarang: Upaya Evaluasi tata ruang kawasan permukiman. *Seminar Nasional Geomatika*, *3*, 1037–1048.

Prakoso, D. T., Sasmito, B., & Hani'ah, H. (2018). Pemanfaatan Enhanced Built-Up And Bareness Index (Ebbi) Untuk Pemetaan Kawasan Terbangun dan Lahan Kosong di Kota Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*, *7*(4), 325–333.

Purwantara, S., Ashari, A., & Ibrahim, M. H. Bin. (2020). The characteristics of infiltration on the southern flank of merapi volcanic plain, yogyakarta, Indonesia. *GEOMATE Journal*, *19*(74), 201–209.

Saputra, M. H., & Lee, H. S. (2019). Prediction of land use and land cover changes for North Sumatra, Indonesia, using an artificial-neural-network-based cellular automaton. *Sustainability*, *11*(11), 3024.

Savitri, Y. R., Kakimoto, R., Anwar, N., Wardoyo, W., & Suryani, E. (2021). Reliability of 2D hydrodynamic model on flood inundation analysis. *GEOMATE Journal*, *21*(83), 65–71.

Soewarno. (1995). *Hidrologi (Aplikasi Metode Statistik untuk analisa Data) jilid 1*. NOVA.

Sofia, D. A., & Nursila, N. (2019). Analisis intensitas, durasi, dan frekuensi kejadian hujan di wilayah Sukabumi. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, *4*(1), 85–92.

Sulong, S., & Romali, N. S. (2022). Flood damage assessment: A review of multivariate flood damage models. *Geomate Journal*, *22*(93), 106–113.

sumbersatu.com. (2023). *Curah Hujan Tinggi, Pasaman Barat Dilanda Banjir*. Sumbarsatu.Com. https://sumbarsatu.com/berita/29927-curah-hujan-tinggi-pasaman-barat-dilanda-banjir

Triyatno, Berd, I., & Idris. (2023). Spatial Model of Flood Hazard Due To Land Cover Change in the Tarusan Watershed, West Sumatra – Indonesia. *International Journal of GEOMATE*, *25*(108), 21–29. https://doi.org/10.21660/2023.108.3774

Zaswita, H., Ismail, I., Novarita, A., & Fajarudin, S. (2022). Penggunaan Lahan dalam Peningkatan Ekonomi Masyarakat dengan Beradaptasi pada Lingkungan. EL-JUGHRAFIYAH, 2(1), 22-29.