

## **BAB I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia dapat dikatakan terletak pada wilayah rawan terhadap berbagai kejadian bahaya alam, salah satunya yaitu bencana hidro meteorologi seperti banjir. Bencana banjir dapat didefinisikan sebagai suatu kejadian atau rangkaian kejadian yang mempunyai kemampuan untuk mengganggu dan membahayakan kehidupan banyak orang, baik karena faktor alam itu sendiri maupun ulah manusia yang dapat merugikan lingkungan, yang berujung pada timbulnya korban jiwa, kerusakan terhadap lingkungan, dampak psikologis, materi, hingga kerugian harta benda, sehingga dapat dikatakan banjir merupakan peristiwa yang sangat meresahkan bagi Masyarakat (Findayani. A, 2015).

Kondisi topografi yang datar, adanya cekungan, dan sebagian besar mendorong terbentuknya awan yang mengandung uap air yang banyak sehingga Indonesia mempunyai potensi hujan tinggi maka dari itu memungkinkan bencana banjir yang sangat besar. Ketika terjadi curah hujan dengan intensitas tinggi di daerah hulu sering mengakibatkan banjir di daerah hilir, terutama di daerah yang daratannya lebih rendah atau mendekati ketinggian permukaan laut. Dahulu bencana banjir di Indonesia biasanya hanya terjadi di kota-kota besar, namun kini bencana banjir telah meluas ke berbagai wilayah di negara ini (Suprpto, 2011). Di Provinsi Sulawesi Selatan sendiri tercatat 24 kejadian bencana banjir (Data Informasi Bencana Indonesia, 2018). Jika tidak ada upaya nyata kearah perbaikan lingkungan, maka bencana alam di Indonesia dapat dikatakan akan meningkat dari tahun ke tahun. Begitu pula bencana banjir yang setiap tahun dirasakan di seluruh penjuru tanah air.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012 Tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai menjelaskan bahwa Daerah Aliran Sungai atau yang biasa disebut DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (Naharuddin dkk., 2018).

Menurut Rencana Penanggulangan Bencana Provinsi Sulawesi Selatan periode 2021-2025 menempati posisi terbanyak dalam daftar bencana alam yang paling sering terjadi di Sulawesi Selatan. Curah hujan, hancurnya retensi Daerah Aliran Sungai (DAS), kesalahan perencanaan pembangunan alur sungai, pendangkalan sungai dan faktor kesalahan tata wilayah dan pembangunan sarana dan prasarana, serta peningkatan populasi manusia. Lahan lahan yang sebenarnya menjadi daerah serapat air untuk keseimbangan, diambil alih pemukiman, Pembangunan pabrik-pabrik, industri, dan lainnya menjadi beberapa faktor

penyebab banjir di Indonesia (Matondang dkk., 2013), akibatnya dapat dirasakan khususnya di Wilayah Sulawesi Selatan.

Salah satu DAS yang berpotensi terdampak banjir yaitu DAS Pamukkulu yang secara administrasi melintasi tiga kabupaten yakni Kabupaten Gowa, Kabupaten Takalar, dan Kabupaten Jeneponto dengan luas 52.215,18 ha. Menurut (Utari., 2022) Terjadi Pengurangan luas hutan di DAS Pamukkulu disebabkan oleh meningkatnya penduduk yang membuat Masyarakat mengubah lahan agar sesuai kebutuhannya. Hal ini memicu bencana banjir terjadi dan menimbulkan terganggunya kinerja dan kesehatan DAS. Menurut Laporan Kinerja Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2017 dijadikan sebagai salah satu dari 108 DAS Prioritas di Indonesia yang ditetapkan sebagai lokasi prioritas kegiatan Rehabilitasi Hutan dan Lahan, termasuk di dalamnya penyelenggaraan reboisasi, penghijauan dan konservasi tanah dan air. Berdasarkan hal tersebut, sehingga harus dilakukan pengelolaan DAS dengan baik. Oleh karena itu perlu adanya kegiatan monitoring dan evaluasi terhadap Daerah Aliran Sungai (DAS) tersebut agar lebih meminimalisir kerugian yang disebabkan oleh bencana banjir, maka diperlukan suatu peta kerawanan banjir.

Beberapa metode yang digunakan untuk membuat peta kerawanan banjir seperti skoring serta faktor kejadian. Metode faktor kejadian berguna untuk mengetahui penyebab banjir yang ada dalam lingkup suatu DAS, sehingga pemerintah dapat melakukan penanganan sesuai dengan faktor penyebab banjir yang terjadi. Metode ini menggunakan model Frekuensi Rasio (FR) untuk menganalisis kerawanan banjir di suatu daerah. (FR) menjadi model yang efektif dalam menilai bahaya banjir. (FR) mampu mengidentifikasi zona kerentanan banjir dari sangat tinggi hingga sangat rendah dengan melibatkan berbagai faktor yang relevan (Munir dkk., 2022). Menurut (Waqas dkk. 2021) (FR) bermanfaat untuk mengevaluasi kemungkinan daerah yang rawan terhadap banjir.

## **1.2 Tujuan dan Kegunaan**

Berdasarkan uraian di atas, maka tujuan dan kegunaan dari penelitian ini adalah :

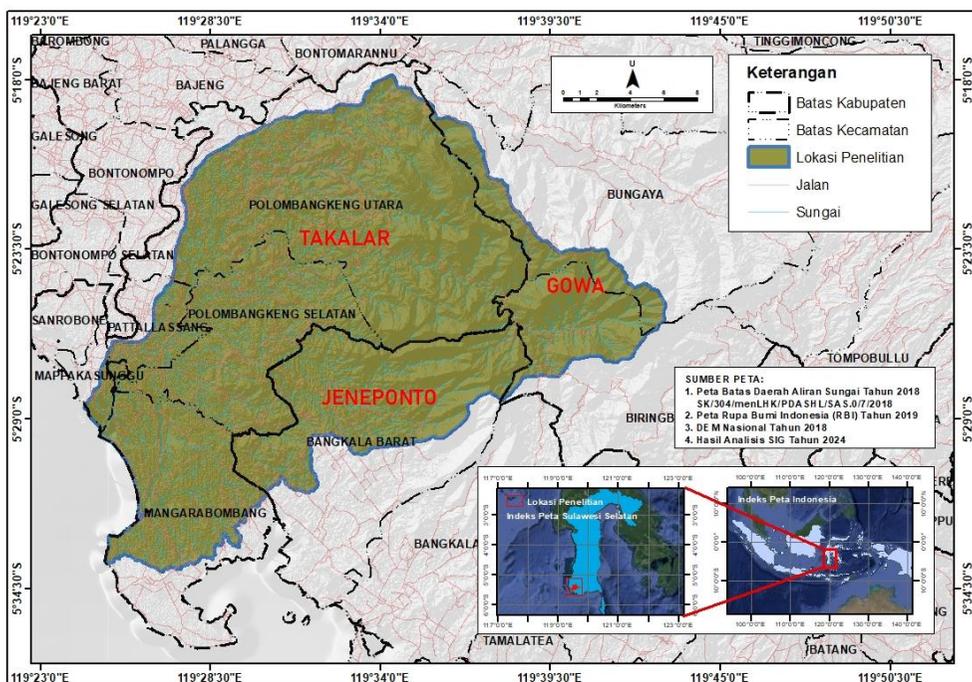
1. Mengidentifikasi kejadian banjir periode 2019-2023 di DAS Pamukkulu.
2. Menganalisis faktor yang paling berpengaruh terhadap terjadinya banjir di DAS Pamukkulu.
3. Membuat peta kerawanan banjir di DAS Pamukkulu.

Kegunaan dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi bagi instansi yang membutuhkan tentang tingkat kerawanan banjir yang terjadi di DAS Pamukkulu dengan melihat faktor penyebabnya, serta dapat dijadikan acuan dalam penanggulangan bencana banjir di DAS Pamukkulu.

## BAB II. METODE PENELITIAN

### 2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Mei 2024 - Desember 2024. Lokasi penelitian terletak di DAS Pamukkulu yang secara administrasi terletak di tiga kabupaten yaitu Kabupaten Takalar, Kabupaten Jeneponto, dan Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan. Adapun pengolahan data dilakukan di Laboratorium Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian

### 2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1. sebagai berikut:

**Tabel 1** Daftar peralatan yang digunakan

No	Alat	Kegunaan
1	Perangkat lunak GIS	Analisis spasial Analisis citra sentinel, penutupan lahan dan Inventarisasi kejadian banjir
2	Perangkat lunak statistik	Analisis citra sentinel, penutupan lahan dan Inventarisasi kejadian banjir Analisis statistik frekuensi rasio

**Tabel 1.** Lanjutan Daftar peralatan yang digunakan

No	Alat	Kegunaan
3	<i>Global position system</i> (GPS)	<i>Ground check</i> kejadian banjir
4	<i>Personal computer</i> (PC)/laptop	Pengolahan data
5	Kamera	Dokumentasi Penelitian
6	Alat tulis menulis	Catatan perjalanan penelitian (teknis dan non teknis)

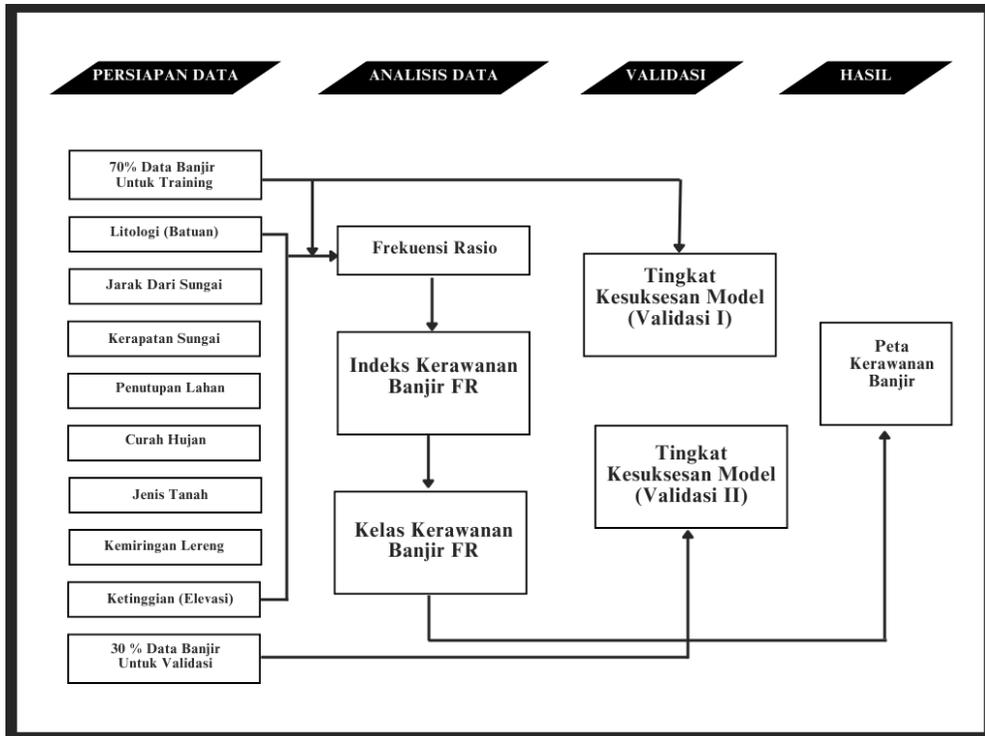
Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat pada table 2. dilihat sebagai berikut:

**Tabel 2.** Daftar bahan yang digunakan

No	Bahan	Kegunaan
1	Citra <i>Sentinel-1</i> SAR Tahun 2019-2023	Inventarisasi kejadian banjir
2	Citra <i>Sentinel-2</i>	Analisis tutupan lahan
3	Citra DEMNAS ( <i>Digital Elevation Model</i> Nasional)	Data pembangun faktor jarak dari sungai, elevasi, kelerengan, dan kerapatan sungai
4	Peta Geologi	Data pembangun faktor litologi
5	Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI)	Data pendukung analisis
6	Data spasial curah hujan satelit CSIRO Tahun 2019-2023	Data faktor curah hujan
7	Peta Jenis Tanah	Data pembangun faktor tekstur tanah
8	Peta Batas Daerah Aliran Sungai Pamukkulu	Peta dasar

### 2.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini memiliki berbagai tahap yaitu meliputi persiapan data, analisis data, validasi, dan hasil penelitian. Secara umum dapat dilihat pada bagan alur penelitian Gambar 2.



**Gambar 2.** Bagan Alur Penelitian

### **2.3.1 Persiapan Data Penelitian**

Data yang digunakan dalam menganalisis kerawanan banjir dengan model frekuensi rasio adalah data kejadian banjir dan faktor penyebab banjir yaitu. Data tersebut kemudian diolah menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Data tersebut menjadi data penting kegiatan penelitian ini dalam menghasilkan peta kerawanan banjir serta dapat mengetahui faktor penyebab yang paling mempengaruhi terjadinya banjir di DAS Pamukkulu dan untuk analisis dan perhitungan dilakukan di software *Microsoft Office*, *SPSS*, *SNAP* dan *ArcGIS*.

### **2.3.2 Inventarisasi Kejadian Banjir**

Data peristiwa banjir yang digunakan pada penelitian ini menggunakan data 5 tahun terakhir yaitu dari tahun 2019 sampai tahun 2023, didasarkan pada kejadian banjir yang bersumber pada berita ataupun dari kejadian-kejadian yang terjadi. Melakukan inventarisasi banjir dalam penelitian ini menggunakan *Citra Sentinel-1 SAR* yang diperoleh dari *ESA (European Space Agency)*.

#### **1. Proses Pengolahan Citra Sentinel-1 SAR**

Pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini menjelaskan proses pengolahan data untuk menghasilkan informasi sebaran banjir. Proses pengolahan ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak (*Software*) *SNAP*.

**a. Subset**

Subset (pemotongan citra) digunakan untuk memotong Citra Sentinel-1 SAR, dimana dalam proses pemotongan citra dilakukan dengan memilih area yang dijadikan sebagai lokasi penelitian dengan tujuan untuk membatasi cakupan wilayah penelitian.

**b. Apply Orbit File**

Fungsi perintah *Apply Orbit File* menerapkan orbit yang tepat tersedia pada Software SNAP memungkinkan mengunduh otomatis dan update dari vektor status orbit untuk setiap adegan SAR di metadata produk dan memberikan informasi posisi dan kecepatan informasi satelit yang akurat (Filipponi, 2019).

**c. Thermal Noise Removal**

Fungsi *Thermal Noise Removal* adalah untuk mengurangi efek noise dalam tekstur antar sub petak, menormalkan sinyal hamburan balik dalam seluruh adegan Sentinel-1 SAR. Produk Sentinel-1 level-1 menyediakan tabel *look-up noise* (LUT), untuk setiap set data pengukuran, yang disediakan dalam daya linier yang digunakan untuk mendapatkan noise produk yang dikalibrasi sesuai dengan data *Ground Range Detected* (GRD) (Filipponi, 2019).

**d. Calibrate**

Proses kalibrasi dilakukan dengan mengolah komponen citra agar menjadi lebih jelas untuk menghasilkan nilai *sigma naught* (dB), *sigma naught* dianggap pemisah yang baik antara tubuh air dan permukaan tanah (Bioresita dkk., 2018).

**e. Speckle Filtering**

*Speckle filtering* merupakan teknik untuk mengurangi atau mereduksi adanya kenampakan *speckle* pada citra radar. *Speckle* terlihat sebagai bintik-bintik hitam dan putih atau biasa dikenal dengan istilah '*salt and pepper*'. Semakin besar ukuran jendela, maka citra terlihat semakin halus atau 'blur' (Fajrin dkk., 2019).

**f. Terrain Correction**

Koreksi geometrik *Range Doppler Terrain* mengimplementasikan metode orthorektifikasi ini untuk geocoding SAR dari geometri radar sehingga didapatkan hasil yang bisa diproyeksikan. Geocoding mengubah gambar dari *Slant Range* atau *Ground Range Geometry* menjadi sistem koordinat peta. Geocoding Terrain melibatkan penggunaan *Digital Elevation Model* (DEM) untuk mengoreksi efek geometri SAR bawaan seperti *foreshortening*, *layover*, dan *shadow* (Braun dan Veci, 2021).

**g. Coregistration**

Proses *coregistration* ini, dua citra yang terdiri atas citra sebelum banjir dan citra setelah banjir digabungkan menjadi satu.

## 2. Identifikasi Sebaran Banjir

Setelah proses pengolahan citra sentinel-1 SAR yang dilakukan untuk mengidentifikasi sebaran banjir, selanjutnya digunakan rumus *Normalized Difference*

*Sigma Index* (NDSI). Rumus ini menggunakan data sebelum banjir (*master*) dan sesudah banjir (*slave*) (Manalili, 2018).

$$NDSI = \frac{\sigma_0^m - \sigma_0^s}{\sigma_0^m + \sigma_0^s}$$

$\sigma_0$  merupakan *sigma nought*, 'm' merupakan *master* dan 's' merupakan *slaves*. Rumus tersebut kemudian diaplikasikan menggunakan *software* SNAP dengan toolbox band maths. Setelah proses tersebut selesai, pengelolaan data banjir di lanjutkan dengan menggunakan *software* ArcGIS untuk dilakukan proses vektorisasi dan generalisasi agar mendapatkan data sebaran banjir.

### 2.3.3 Faktor Penyebab Banjir

Hal penting yang perlu diperhatikan dalam memetakan kerawanan banjir adalah memilih faktor penyebab yang efektif terjadinya banjir di setiap daerah tangkapan. Peristiwa ini menjadi sebuah tantangan yang rumit dalam memilih faktor untuk membuat suatu peta kerawanan banjir. Semua peta nantinya diubah menjadi data raster dengan piksel 10 x 10 m. Ukuran sel dari setiap parameter disimpan dalam ukuran 10 m dengan menggunakan metode resampling sehingga pada analisis overlay akan didapatkan piksel pada skala yang sama dan output yang sama dengan input. Perlunya menjaga resolusi data tetap pada ukuran 10 m adalah untuk mencocokkan atau menyamakan ukuran piksel sehingga pada saat pengolahan data ke dalam *software* tidak terjadi masalah. Dalam penelitian ini menggunakan 8 (delapan) faktor yang digunakan dalam menganalisis faktor yang memiliki pengaruh paling tinggi terjadinya banjir di suatu DAS yaitu: (1) curah hujan; (2) jarak dari sungai; (3) kerapatan sungai; (4) kemiringan lereng; (5) ketinggian; (6) tekstur tanah; (7) litologi; dan (8) penutupan lahan.

#### 1. Curah Hujan

Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh di permukaan tanah selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi milimeter (mm) di atas permukaan horizontal. Hujan juga dapat diartikan sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir (Ruswanti, D, 2020). Data curah hujan didapatkan dari hasil perhitungan curah hujan rata-rata harian dari 2019 hingga 2023. Setelah itu, data kemudian diolah ke dalam *software* ArcGIS menggunakan metode Isohyet. Pengklasifikasi curah hujan dibagi menjadi 5 kelas yaitu, Rendah (<1.500), Sedang 1,500-2000, (Cukup) 2000-2.5000, (Tinggi) 2.500-3000, Sangat Tinggi (>3.000).

#### 2. Jarak dari Sungai

Jarak dari sungai adalah salah satu parameter yang sangat diperhatikan pada penelitian banjir karena Daerah yang dekat dengan sungai lebih rawan terjadi banjir di dalam DAS karena menurut (Samanta dkk, 2018). Data jarak sungai diperoleh dari data DEMNAS yang selanjutnya diolah ke dalam *software* ArcGIS menggunakan tools hydrology sehingga menghasilkan aliran sungai. Selanjutnya, untuk memperoleh data jarak dari sungai digunakan tools Euclidean Distance untuk

menghasilkan jarak dari jaring-jaring sungai dengan satuan m (meter). Pengklasifikasian jarak sungai dibagi menjadi 6 (enam) kelas dengan interval 20meter yaitu 0-20 m, 20-40 m, 40-60 m, 60-80 m, 80-100 m, dan >100m (Soma dkk., 2023).

### 3. Kerapatan Sungai

Berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal NOMOR: P.3/V-SET/2013 Kerapatan sungai adalah suatu angka indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai di dalam suatu DAS. Hasil pengolahan data DEMNAS menggunakan tools hydrology untuk memperoleh jaringan-jaringan sungai, dilanjutkan dengan melakukan tahap yaitu menggunakan *tools drainage density* yang terdapat di dalam software ArcGIS untuk mendapatkan nilai kerapatan sungai. Pengklasifikasian kerapatan sungai dibagi menjadi 5 (lima) kelas yaitu jarang ( $< 0,25 \text{ km/km}^2$ ), agak jarang ( $0,26-8,50 \text{ km/km}^2$ ), sedang ( $8,51-16,75 \text{ km/km}^2$ ), rapat ( $16,76-25 \text{ km/km}^2$ ), dan sangat rapat ( $> 25 \text{ km/km}^2$ ) (Utama dkk., 2018).

### 4. Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng adalah kenampakan permukaan alam disebabkan adanya perbedaan ketinggian antar dua tempat yang menunjukkan berapa derajat atau persen kemiringan permukaan tanah (Lestari, 2019). Data kemiringan lereng diperoleh dari data pengelolaan citra DEM Nasional. Dalam pembuatan petanya terdapat beberapa tools dari software ArcGIS yang digunakan untuk mengubah data citra DEMNAS menjadi garis kontur terlebih dahulu, kemudian data tersebut dirasterkan menggunakan tools *topo to raster*. Hasil data tools tersebut kemudian dianalisis kelerengannya menggunakan *tools slope*. Pengklasifikasian jarak sungai dibagi menjadi 5 (lima) kelas yaitu 0-8% (datar), 8-15% (landai), 15-25% (agak curam), 15-45% (curam), dan >45% (sangat curam) (Departemen Kehutanan, 2009).

### 5. Ketinggian Tempat (Elevasi)

Ketinggian atau elevasi lahan yaitu tinggi rendahnya suatu lokasi lahan yang diukur dari permukaan laut. Dalam kondisi lahan yang memiliki elevasi rendah, maka peluang terjadinya banjir semakin besar (Amin dkk, 2022). Peta ketinggian tempat atau elevasi pada DAS dianalisis dari citra DEMNAS menggunakan ArcGIS dengan *tools reclassify*. Pengklasifikasian factor ketinggian dibagi menjadi 5 (lima) kelas yaitu 0-8% (datar), 8-15% (landai), 15-25% (agak curam), 15-45% (curam), dan >45% (sangat curam) (Departemen Kehutanan, 2009).

### 6. Jenis Tanah

Jenis tanah adalah salah satu indikator yang penting pada penelitian banjir karena tanah sangat berpengaruh terhadap kejadian banjir, setiap jenis tanah terlibat dalam proses penyerapan air atau biasa yang disebut proses infiltrasi. Karakter dari tanah yang berpengaruh terhadap laju infiltrasi yaitu jenis tanah, kepadatan tanah, kelembaban tanah serta vegetasi di atas tanah tersebut. Peta jenis tanah diperoleh melalui pengelolaan data jenis tanah dari hasil *clip* Peta Soil RePPPProT (*Regional Physical for Transmigration*) Sulawesi dengan Peta Batas DAS Pamukkulu.

## 7. Litologi

Litologi merupakan sifat atau ciri dari bebatuan, yang terdiri dari struktur, warna, komposisi mineral, ukuran butir dan tata letak bahan-bahan pembentuknya (Prameswari, 2022). Peta litologi diperoleh dari hasil ekstraksi data peta geologi yang dikeluarkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Indonesia yang kemudian di identify berdasarkan batas DAS Pamukkulu.

## 8. Penutupan Lahan

Penggunaan lahan menjadi faktor penting karena penggunaannya berkaitan erat dengan penyerapan air di permukaan. Penggunaan lahan dengan kondisi vegetasi tertutup akan memiliki penyerapan yang baik dibandingkan dengan daerah yang ditutupi oleh bangunan. Data penutupan lahan pada penelitian ini diperoleh melalui data citra *Sentinel-2* dengan resolusi 10 m. Kelas penutupan lahan yang terbentuk terdiri dari sebelas kelas yaitu, hutan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder, hutan mangrove sekunder, lahan terbuka, pemukiman, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering campuran, sawah, semak belukar, tambak, dan tubuh air.

### 2.3.4 Analisis Data

#### 1. Analisis Identifikasi Kejadian Banjir

Setelah proses pengolahan *Citra Sentinel-1 SAR* yang dilakukan untuk mengidentifikasi sebaran banjir, selanjutnya digunakan rumus *Normalized Difference Sigma Index (NDSI)*. Rumus ini menggunakan data sebelum banjir (*master*) dan sesudah banjir (*slave*) (Manalili, 2018).

$$NDSI = \frac{\sigma_0^m - \sigma_0^s}{\sigma_0^m + \sigma_0^s}$$

$\sigma_0$  merupakan *sigma nought*, 'm' merupakan *master* dan 's' merupakan *slaves*. Rumus tersebut kemudian diaplikasikan menggunakan *software* SNAP dengan toolbox band maths. Tahap selanjutnya melakukan proses untuk mendapatkan sebaran banjir dengan menggunakan *expression (Change Indeks > Minimum Pxl) \*255*. Nilai *minimum pxl* diperoleh dengan mengidentifikasi nilai *tools Pixel*.

Info, kemudian kursor diletakkan pada *pixel* yang berwarna putih yang merupakan nilai pada citra hasil dari proses *NDSI*. Setelah proses tersebut selesai, pengelolaan data banjir di lanjutkan dengan menggunakan *software ArcGIS* untuk dilakukan proses vektorisasi dan generalisasi agar mendapatkan data sebaran banjir. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan eliminasi pada setiap tahun kejadian banjir untuk mendapatkan hasil banjir yang ideal, dimana luasan banjir yang dieliminasi yaitu yang luasannya <2 ha (Utomo dkk., 2020). Hasil dari seluruh data banjir yang telah melalui tahap eliminasi selanjutnya digabung untuk membentuk peta kejadian banjir.

Proses inventarisasi banjir diberikan kode 0 (nol) apabila wilayah tersebut tidak terjadi banjir dan diberikan nilai 1 (satu) apabila wilayah tersebut mengalami kejadian banjir, sedangkan data faktor penyebab banjir dalam penelitian ini diberikan kode

menggunakan angka sesuai dengan jumlah kelasnya. Pemberian kode pada setiap data ini bertujuan untuk mempermudah dalam proses pengelolaannya serta lebih sistematis dalam proses perhitungan data. Selanjutnya data inventarisasi banjir diubah menjadi point menggunakan tools raster to point pada *software ArcGIS*. Hal ini bermaksud untuk mengelola tiap *piksel* yang nantinya diubah menjadi data *vector point* dengan resolusi 10 m x 10 m.

## 2. Analisis Faktor yang Berpengaruh Terhadap Kejadian Banjir

Analisis yang digunakan dalam menentukan faktor yang berpengaruh terhadap kejadian banjir yaitu metode *Frekuensi rasio* yang merupakan salah satu teknik analisis bivariat utama, yang digunakan dalam analisis kerentanan banjir. Hubungan spasial antara variabel dependen dan independen adalah dasar dari *Frekuensi rasio* sebagai studi statistik bivariat. Hubungan spasial antara factor-faktor dependen didasarkan pada titik-titik pemantauan yang dipilih untuk determinan penyebab banjir, termasuk faktor klimatologi, topografi, dan lokal, yang ditambahkan sebagai faktor independen (Waqas dkk., 2021). *Frekuensi Rasio* banjir ditentukan dengan melihat hubungan antara kejadian banjir dan faktor-faktor yang menjadi penyebabnya. Hasilnya, Frekuensi rasio dari masing-masing kelas dari masing-masing faktor pengkondisian ditentukan mengenai kejadian banjir sebelumnya (Munir dkk., 2022). Hal ini dapat dinyatakan berdasarkan persamaan (Soma dan Kubota, 2017):

$$FR = \frac{P_{xL} / \sum P_{xL}}{P_{nXL} / \sum P_{nXL}}$$

Keterangan:

FR	= frekuensi rasio
$P_{xL}$	= jumlah piksel banjir untuk setiap kelas faktor
$\sum P_{xL}$	= total piksel banjir di daerah penelitian
$P_{nXL}$	= jumlah piksel dalam area kelas faktor
$\sum P_{nXL}$	= total piksel di daerah penelitian.

## 3. Analisis Peta Kerawanan Banjir

Indeks kerawanan banjir atau FSI (Flood Suspectibility Index) dapat dihitung dengan penjumlahan nilai piksel yang sama dari faktor penyebab banjir menggunakan *software ArcGIS* dengan pengklasifikasian kelas menggunakan model natural break (Jenks) yang menghasilkan 5 (lima) kelas yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Nilai indeks kerawanan banjir dihitung menurut persamaan (Soma dkk., 2023):

$$FSI = \sum FR$$

Keterangan:

FSI	= indeks kerawanan banjir.
FR	= nilai FR dari kelas faktor penyebab banjir.

### 2.3.5 Validasi Data

Data inventarisasi banjir selanjutnya diberikan nilai 0 apabila tidak terjadi banjir dan nilai 1 apabila terjadi banjir. Data yang masih dalam bentuk *polygon* kemudian diubah menjadi data raster menggunakan tools *Polygon to Raster*. Hasil raster tersebut diubah menjadi point menggunakan tools *Raster to Point* yang ada dalam *software ArcGIS*. Setelah itu data banjir dibagi menjadi 2 (dua) kelompok yaitu 70% untuk training dan 30% untuk validasi. Pembagian data tersebut dilakukan dengan pemilihan acak menggunakan *pixel sampling*.

Analisis kerawanan banjir sebenarnya bertujuan untuk membedakan daerah yang terkena banjir dengan daerah yang tidak terkena banjir, sehingga apapun metodologi integrasi yang digunakan, sangat penting untuk memvalidasi peta kerawanan banjir yang akan dihasilkan. Hasil analisis kerawanan banjir, selanjutnya divalidasikan menggunakan data kejadian banjir yang telah didapatkan dengan pembagian 70% data yang digunakan untuk memprediksi besar pengaruh setiap faktor terhadap kejadian banjir dan 30% sisanya digunakan untuk validasi hasil prediksi tersebut. Validasi ini akan menunjukkan seberapa baik model dalam memprediksi banjir dengan memperlihatkan nilai akurasi prediksi berdasarkan AUC (*Area Under Curve*) melalui analisis ROC (*Receiver Operating Characteristic*) menggunakan *software SPSS*. Tingkat keberhasilan kurva AUC diperoleh melalui training data dan prediksi yang dihitung dari validasi ROC (Soma dan Kubota, 2017). Nilai AUC secara teoritis berada di antara 0 dan 1. Nilai AUC memberikan gambaran tentang keseluruhan pengukuran atas kesesuaian dari model yang digunakan. Semakin besar AUC maka semakin baik variabel yang diteliti dalam memprediksi kejadian (Maskoen dan Purnama, 2018). Hasil validasi yang dilakukan kemudian dibuat peta kerawanan banjir dengan menggunakan metode *natural breaks* yang diklasifikasikan ke dalam 5 (lima) kelas yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi (Fadilah dkk., 2019).