

SKRIPSI

**ANALISIS KERAWANAN BANJIR MENGGUNAKAN METODE
FREQUENCY RATIO DI DAERAH ALIRAN SUNGAI WALANAE**

Disusun dan Diajukan Oleh:

HASNIAR ULANG DARI

M011 19 1010



PROGRAM STUDI KEHUTANAN

FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KERAWANAN BANJIR MENGGUNAKAN METODE
FREQUENCY RATIO DI DAERAH ALIRAN SUNGAI WALANAE

Disusun dan Diajukan Oleh

HASNIAR ULANG DARI

M011191010

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan

Fakultas Kehutanan

Universitas Hasanuddin

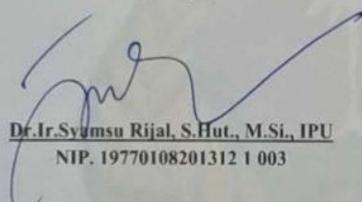
Pada Tanggal 15 September 2023

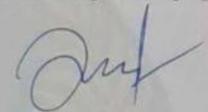
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

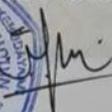
Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Dr. Ir. Syamsu Rijal, S.Hut., M.Si., IPU
NIP. 19770108201312 1 003


Ir. Munajat Nursaputra, S. Hut., M.Sc., IPM
NIP. 19907292202012 1 012

Mengetahui,

Ketua Program Studi Kehutanan,


Dr. H. Siti Nuraeni, M.P
NIP. 19680410199512 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hasniar Ulang Dari
Nim : M011191010
Program Studi : Kehutanan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

“Analisis Kerawanan Banjir Menggunakan Metode *Frequency Ratio* di Daerah Aliran Sungai Walanae”.

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari ,terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 15 September 2023

Yang Menyatakan


Hasniar Ulang Dari

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dengan judul “**Analisis Kerawanan Banjir Menggunakan Metode *Frequency Ratio* di Daerah Aliran Sungai Walanae**” sebagai bentuk upaya penyelesaian masa studi pada Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung penulis selama proses pengerjaan skripsi ini, khususnya kepada:

1. Orang tua tercinta, bapak **La Bege, S.Pd** dan ibu **Siti Hajrah** yang selalu memberikan motivasi, dukungan, cinta, kasih sayang, dan doanya yang tiada henti.
2. Bapak **Dr. Ir. Syamsu Rijal, S.Hut., M.Si., IPU** dan bapak **Ir. Munajat Nursaputra, S.Hut., M.Sc, IPM.** selaku dosen pembimbing I dan pembimbing II atas segala bantuannya dalam memberikan saran, masukan, dukungan, dan mengarahkan penulis mulai dari pemilihan tema, judul, metode hingga selesainya skripsi ini dengan baik.
3. Bapak **Chairil A, S.Hut., M.Hut** dan ibu **Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M.P** selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak/Ibu **dosen Fakultas Kehutanan** yang memberikan ilmu dan mendidik dengan penuh tanggung jawab tanpa mengenal lelah serta **Staf Fakultas Kehutanan** yang selalu melayani pengurusan administrasi selama berada di lingkungan Fakultas Kehutanan.
5. Kepada saudara saya **kak Helmi, kak Wandu, Asnul, kak Ika,** dan **kak Ayu** atas dukungan dan bantuannya selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Para sahabatku, **Silvajayanti, S.Hut, Aulia Azzahra S.Hut, Amanda, Sehryna Ishak,** atas kebersamaannya dalam suka dan duka.

7. Teman-teman dan keluarga besar **Laboratorium Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan** yang telah mengajarkan banyak hal dan memberikan pengalaman yang berharga.
8. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan yang perlu diperbaiki, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi menyempurnakan skripsi ini. Akhir kata, semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua khususnya bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Makassar, 15 September 2023

Hasniar Ulang Dari

ABSTRAK

Hasniar Ulang Dari (M011191010). Analisis Kerawanan Banjir Menggunakan Metode *Frequency Ratio* di Daerah Aliran Sungai Walanae di bawah bimbingan Syamsu Rijal dan Munajat Nursaputra.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana merilis informasi bahwa banjir menempati posisi kedua dalam urutan bencana alam yang sering terjadi di Indonesia sejak Tahun 2012 – 2022. Di Sulawesi Selatan, banjir terjadi setiap tahunnya khususnya pada wilayah yang dipengaruhi oleh Daerah Aliran Sungai (DAS) Walanae. Kejadian banjir di DAS Walanae diakibatkan oleh beberapa faktor seperti perubahan lahan dan luapan dari sungai dan danau. Data dan informasi terkait faktor yang mempengaruhi kejadian banjir sangat diperlukan untuk pengelolaan DAS dan perencanaan pembangunan wilayah ke depannya. Penelitian ini kemudian dilakukan untuk mengetahui faktor yang paling mempengaruhi kejadian banjir dan memetakan tingkat kerawanan banjir di DAS Walanae dengan menggunakan metode *Frequency Ratio* (FR). Faktor penyebab banjir yang digunakan pada penelitian ini yaitu, curah hujan, *Topographic Wetness Index* (TWI), elevasi, kemiringan lereng, tutupan lahan, dan jarak dari sungai yang kemudian diolah untuk mendapatkan nilai *frequency ratio*. Inventarisasi kejadian banjir dilakukan dengan menggunakan dua bahan, yakni data dari BPBD Tahun 2020 – 2021 dan metode *change detection* citra *Sentinel-1* GRD pada *Google Earth Engine* (GEE) Tahun 2022 yang menjadi dasar untuk menilai kerawanan banjir. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa faktor yang paling berpengaruh adalah tutupan lahan sebagai media penyerap air. Arahan pemanfaatan lahan dan mitigasi perlu ditindaklanjuti pada DAS Walanae, pengarahannya dan bentuk perbaikan pada penataan pola ruang dengan mempertimbangkan penutupan/penggunaan lahan sebagai penentu karakteristik DAS, serta pengarahannya pemanfaatan ruang secara langsung oleh pemerintah setempat.

Kata kunci: *Frequency ratio*, kerawanan banjir, DAS Walanae.

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PENGESAHAN	
PERNYAYATAAN KEASLIAN	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan dan Kegunaan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Banjir	5
2.2. <i>Frequency Ratio</i> (FR)	7
2.3. Daerah Aliran Sungai	8
2.4. Sistem Informasi Geografi	9
2.5. Penginderaan Jauh	10
III. METODE PENELITIAN	13
3.1. Waktu dan Tempat	13
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	14
3.3. Teknik Pengumpulan Data	15
3.3.1. Inventarisasi Kejadian Banjir	16
3.3.2. Parameter Penyebab Banjir	17
3.4. Analisis Data	19

3.5. Validasi Data.....	20
3.6. Pemanfaatan Lahan untuk Mitigasi Banjir	21
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1. Inventarisasi Kejadian Banjir	22
4.2. Parameter Kerawanan Banjir.....	23
4.2.1. Curah Hujan.....	28
4.2.2. <i>Topographic Wetness Index (TWI)</i>	29
4.2.3. Elevasi.....	30
4.2.4. Kemiringan Lereng.....	31
4.2.5. Tutupan Lahan	32
4.2.6. Jarak dari Sungai.....	33
4.3. Tingkat Kerawanan Banjir	35
4.4. Validasi Data	38
4.5. Pemanfaatan Lahan Untuk Mitigasi Bencana Banjir	40
V. KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1. Kesimpulan.....	45
5.2. Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Bahan-Bahan yang Digunakan dalam Penelitian.....	14
Tabel 2.	Klasifikasi Nilai AUC.....	21
Tabel 3.	Tabel Hasil Perhitungan Frequency Ratio (FR) pada Parameter Kerawanan Banjir.	24
Tabel 4.	Nilai Indeks Kerawanan Banjir pada DAS Walanae	35
Tabel 5.	Tingkat Kerawan Banjir Berdasarkan Letak Administrasi Kabupaten/Kota	36
Tabel 6.	Nilai AUC dari Hasil Analisis ROC pada Tingkat Kesuksesan dan Prediksi Frequency Ratio.....	39
Tabel 7.	Keterkaitan Antara Pola Ruang dengan Tingkat Kerawanan Banjir	42
Tabel 8.	Keterkaitan Antara Pola Ruang dan Tutupan Lahan	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Peta Lokasi Penelitian di DAS Walanae	13
Gambar 2.	Bagan Alur Penelitian	15
Gambar 3.	Peta Sebaran Titik Kejadian Banjir di DAS Walanae	23
Gambar 4.	Peta Parameter Penyebab Kejadian Banjir	26
Gambar 5.	Grafik Nilai Frequency Ratio di DAS Walanae	27
Gambar 6.	Grafik Nilai FR pada Setiap Kelas Curah Hujan	28
Gambar 7.	Grafik Nilai FR pada Setiap Kelas TWI	29
Gambar 8.	Grafik Nilai FR pada Setiap Kelas Elevasi	30
Gambar 9.	Grafik Nilai FR pada Setiap Kelas Kemiringan Lereng	31
Gambar 10.	Grafik Nilai FR pada Setiap Kelas Tutupan Lahan	33
Gambar 11.	Grafik Nilai FR pada Setiap Kelas Jarak dari Sungai	34
Gambar 12.	Peta Kerawanan Banjir di DAS Walanae	37
Gambar 13.	Kurva AUC Hasil Validasi ROC Pemodelan Kerawanan Banjir; (a) Kurva Hasil Kesuksesan Model; (b) Kurva Tingkat Pengujian Model	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Dokumentasi Pengecekan Lapangan	52
Lampiran 2.	Hasil Pengecekan Lapangan (<i>Ground Check</i>) Penutupan Lahan	54
Lampiran 3.	Hasil Pengecekan Lapangan (Ground Check) Banjir	61
Lampiran 4.	Peta Sebaran Banjir GEE.....	65
Lampiran 5.	Tabel Confusion Matrix Penutupan Lahan Tahun 2022 di DAS Walanae	66
Lampiran 6.	Tabel <i>Confusion Matrix</i> Banjir Tahun 2022 di DAS Walanae	67
Lampiran 7.	Script GEE.....	68

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bencana banjir dianggap sebagai fenomena paling umum dan bencana yang sering terjadi di seluruh dunia dibandingkan dengan bencana lainnya serta tingkat kerusakan yang sangat parah (Kuswardhana dkk., 2023). Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menyatakan bahwa dari Tahun 2012 hingga Tahun 2022 bencana banjir menempati posisi ke-2 (dua) dalam urutan bencana alam yang sering terjadi di Indonesia. Potensi bencana banjir di Indonesia besar karena sebagian wilayah berkembang berada pada lokasi yang topografinya rendah (dataran rendah dan kemiringan lereng datar), dan memiliki cekungan (Suprpto, 2011). Selain itu, menurut Hamdani dkk., (2016) faktor yang memberikan kontribusi terhadap bencana banjir yaitu lemahnya pengawasan terhadap penggunaan lahan pada zona-zona rentan banjir.

Berdasarkan potensi kejadian banjir, salah satu lokasi yang sering terjadi banjir di Indonesia adalah Provinsi Sulawesi Selatan dengan catatan banjir sebanyak 54 titik sepanjang Tahun 2022 (BNPB, 2023). Penyebab utama terjadinya banjir di asumsikan karena turunnya hujan berturut-turut baik siang maupun malam, yang menyebabkan debit air hujan tidak mampu ditampung dan dialirkan oleh sungai maupun danau (BMKG, 2020). Di Sulawesi Selatan, banjir terjadi setiap tahunnya khususnya pada wilayah kabupaten yang berada pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Walanae seperti Kabupaten Maros, Bone, Wajo dan Soppeng. Kejadian banjir di Kabupaten Bone, Wajo, dan Soppeng dipengaruhi oleh meluapnya sungai dan Danau Tempe yang terdapat di Kabupaten Wajo. Karakteristik banjir yang disebabkan oleh luapan Danau Tempe memiliki periode genangan yang lebih lama dibandingkan sungai. Sedangkan, kejadian banjir di Kabupaten Maros yang disebabkan air sungai meluap dan menggenangi wilayah disekitarnya (Zamzani dkk., 2022) .

DAS Walanae merupakan salah satu DAS di Sulawesi Selatan yang meliputi, Kabupaten Maros, Bone, Wajo, dan Soppeng. Hulu sungai berada di Pegunungan Bonto Tangui-Bohonglangi di perbatasan Kabupaten Bone dan Maros, kemudian

mengalir dari selatan ke utara menuju Aluvial Danau Tempe (berada di hilir DAS), aliran akhirnya bertemu dengan aliran sungai dari Danau Tempe yang berbelok ke timur hingga bermuara ke Teluk Bone di Kabupaten Bone, dan secara umum pada Sub DAS Walanae hilir telah berada di tingkat kerawanan banjir yang sangat tinggi, hal ini dipengaruhi oleh faktor ketinggian lahan yang rendah (Suhardiman, 2012). Menurut Pusat Penelitian Limnologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) bahwa Danau Tempe masuk dalam revitalisasi 15 danau kritis di Indonesia dan menjadi prioritas nasional untuk ditangani. Faktor penyebab adalah masalah banjir dan sedimentasi, di mana berkurangnya luasan dan volume tampungan, serta alih fungsi lahan di sekitar Danau Tempe sebagai perumahan dan pertanian membuat penyempitan lahan di Danau Tempe dan mengakibatkan peningkatan banjir, laju sedimentasi, dan bertambahnya populasi tanaman air dan gulma.

Data tutupan lahan Tahun 2020 pada DAS Walanae menunjukkan perubahan yang sangat signifikan, berupa tutupan lahan hutan kering primer yang mengalami pengurangan luasan sebesar 32% yang terkonversi menjadi pertanian dan peningkatan pemukiman di angka 15,58% (Ilham, 2022). Menurut data BNPB, DAS Walanae kini memasuki fase kritis dikarenakan pola perubahan lahan yang terjadi. Tahun 2020 juga menjadi peristiwa anomali suhu bumi dan peristiwa La Nina yang menyebabkan perubahan cuaca ekstrem pada berbagai wilayah di Indonesia, terkhusus Sulawesi Selatan dan peristiwa La Nina yang terjadi pada Tahun 2020 sampai akhir Tahun 2022 memicu terjadinya hujan ekstrem di berbagai lokasi, utamanya pada lokasi DAS Walanae (BMKG, 2020). Curah hujan yang tinggi, kurangnya daerah resapan air, dan pendangkalan yang terjadi pada sungai Walanae serta Danau Tempe memicu banjir besar di Kabupaten Wajo dan empat kecamatan di Bone Utara, khususnya merupakan banjir terbesar selama 10 tahun terakhir pada Tahun 2020, serta banjir terparah di Sulawesi Selatan kembali terjadi pada Tahun 2021 di Kabupaten Soppeng dan Wajo akibat meluapnya Sungai Walanae yang merendam sejumlah pemukiman, persawahan, perkebunan, dan fasilitas lainnya (Zamzani dkk., 2022).

Analisis kerawanan bencana menjadi populer di Sistem Informasi Geografis (SIG) karena dapat membantu mengumpulkan informasi tentang permukaan topografi, penutupan lahan, tanah, curah hujan, dan data relevan lainnya terkait

faktor penyebab kejadian bencana. Secara bersamaan, teknik SIG membantu mempersiapkan data spasial dengan menggunakan data penginderaan jauh untuk pemetaan kerawanan banjir. Menganalisis tingkat kerawanan banjir di DAS Walanae dapat dilakukan dengan menggunakan salah satu teknik SIG, yaitu *Frequency Ratio* (FR) yang termasuk metode kuantitatif yang didasarkan pada hubungan lokasi terjadinya banjir dengan faktor yang mempengaruhi banjir tersebut (Pradhan dkk., 2010).

Beberapa peneliti sebelumnya telah mengkaji tingkat kerawanan banjir dengan menggunakan metode FR. Menurut Munir dkk., (2022) FR merupakan metode yang efektif dalam menilai bahaya banjir. FR mampu mengidentifikasi zona kerawanan banjir dari sangat tinggi hingga sangat rendah dengan melibatkan berbagai faktor yang relevan. Hal ini juga dipertegas oleh Tehrany dkk., (2017) bahwa metode FR dianggap 1) sederhana dan mudah diimplementasikan, karena data yang digunakan tidak sulit untuk didapatkan, 2) tidak memerlukan waktu yang lama dengan dataset yang lebih pendek 3) efektif untuk analisis data spasial, karena dapat menghasilkan peta kerawanan banjir yang memberikan gambaran visual terkait area yang paling mungkin terkena dampak banjir di masa depan. Metode penentuan kerawanan banjir menggunakan FR dianggap relevan dibanding metode yang lain, karena dapat menghubungkan antara parameter yang digunakan dan hasil yang didapatkan.

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang tingkat kerawanan banjir dengan metode *Frequency Ratio* (FR) pada DAS Walanae dengan melihat faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap kejadian banjir sebagai data dan informasi dalam pengelolaan DAS dan perencanaan pembangunan di wilayah yang dipengaruhi oleh DAS Walanae.

1.2. Tujuan dan Kegunaan

Berdasarkan rumusan masalah yang dikemukakan di atas maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengidentifikasi faktor yang paling berpengaruh terhadap kejadian banjir di DAS Walanae

2. Memetakan tingkat kerawanan banjir menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan metode *Frequency Ratio* (FR) di DAS Walanae

Kegunaan dari penelitian ini, yaitu sebagai bahan informasi bagi pemerintah dan masyarakat serta beberapa pihak terkait dalam pengelolaan DAS yang diwujudkan dalam perencanaan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Banjir

Banjir merupakan kejadian alam yang sulit diduga karena datang secara tiba-tiba dengan periode yang tidak menentu. Bencana banjir berdampak merugikan terhadap masyarakat yang tinggal di kawasan yang rawan banjir (Matondang, 2013). Kerugian akibat banjir dapat berupa kerusakan pada bangunan, kehilangan barang berharga, hingga kerugian yang mengakibatkan tidak dapat pergi bekerja dan sekolah. Banjir tidak dapat dicegah namun tetap bisa dikontrol dan dikurangi dampak kerugian yang ditimbulkan (Findayani, 2018). Beberapa faktor-faktor penyebab banjir antara lain (Isnugroho, 2002):

a. Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng berpengaruh terhadap jumlah dan kecepatan limpasan permukaan, drainase, penggunaan lahan dan erosi. Semakin landai kemiringan lereng maka aliran permukaannya juga akan semakin lambat dan kemungkinan terjadi banjir akan semakin besar. Sedangkan semakin curam lereng, maka aliran limpasan juga semakin cepat sehingga risiko banjir di daerah tersebut semakin kecil (Suhardiman, 2012). Kemiringan dan panjang lereng adalah dua faktor yang menentukan karakteristik topografi suatu daerah aliran sungai. Kedua faktor tersebut penting untuk terjadinya banjir karena faktor-faktor tersebut menentukan besarnya kecepatan dan volume air larian. Kecepatan air larian yang besar umumnya ditentukan oleh kemiringan lereng yang tidak terputus dan panjang serta terkonsentrasi pada saluran-saluran sempit yang mempunyai potensi besar untuk terjadinya erosi alur dan erosi parit. Kedudukan lereng juga menentukan besar kecilnya banjir. Daerah tropis dengan topografi bergelombang dan curah hujan tinggi sangat potensial untuk terjadinya banjir (Asdak, 2002).

b. Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu fenomena alam yang terdapat dalam siklus hidrologi dan dipengaruhi iklim. Keberadaan hujan sangat penting dalam kehidupan, karena hujan dapat mencukupi kebutuhan air yang sangat dibutuhkan oleh semua makhluk hidup. Hujan merupakan gejala meteorologi dan juga unsur

klimatologi. Hujan adalah hidrometeor yang jatuh berupa partikel-partikel air yang mempunyai diameter 0.5 mm atau lebih. Hidrometeor yang jatuh ke tanah disebut hujan sedangkan yang tidak sampai ke tanah disebut virga (Suhardiman, 2012). Hujan yang sampai ke permukaan tanah dapat diukur dengan mengukur tinggi air hujan tersebut dengan berdasarkan volume air hujan per satuan luas. Hasil dari pengukuran tersebut dinamakan dengan curah hujan. Curah hujan merupakan salah satu unsur cuaca yang datanya diperoleh dengan cara mengukurnya dengan menggunakan alat penakar hujan, sehingga dapat diketahui jumlahnya dalam satuan milimeter (mm). Curah hujan dibatasi sebagai tinggi air hujan yang diterima di permukaan sebelum mengalami aliran permukaan, evaporasi dan peresapan ke dalam tanah.

c. Tutupan Lahan (*Land Cover*)

Penggunaan lahan merupakan wujud dari aktivitas manusia di permukaan bumi. Penggunaan lahan akan berperan terhadap besar kecilnya laju infiltrasi. Daerah dengan dominasi tutupan lahan berupa pepohonan akan semakin sulit mengalirkan air dibandingkan dengan daerah lahan terbuka. Lahan yang ditanami banyak pepohonan akan memiliki banyak daerah infiltrasi sehingga waktu untuk sampai ke sungai atau pengaruhnya terhadap banjir relatif kecil (Suhardiman, 2012).

d. Ketinggian (*Elevation*)

Faktor ketinggian tempat di atas permukaan laut berkaitan dengan persyaratan tumbuh tanaman yang berhubungan dengan temperatur udara dan radiasi matahari. Ketinggian erat kaitannya dengan kemiringan lereng. Selain dari memperbesar jumlah aliran permukaan, semakin tingginya permukaan suatu daerah juga memperbesar kecepatan aliran permukaan yang demikian memperbesar energi angkut air. Semakin tingginya elevasi, jumlah butir-butir air yang terpercik ke atas oleh tumbukan butir hujan semakin banyak (Asdak, 2002).

e. Jarak dari Sungai

Banjir umumnya terjadi di daerah yang dekat dengan aliran sungai. Saat air mengalir dari elevasi yang lebih tinggi dan terakumulasi pada ketinggian yang lebih rendah saat hujan lebat, wilayah yang berdekatan dengan tubuh air menjadi

tergenang, seperti bendungan, sungai, kolam, tambak, rawa, dan tambak (Samanta dkk., 2018).

f. *Topographic Wetness Index (TWI)*

Topographic Wetness Index (TWI), juga dikenal sebagai *Compound Topographic Index (CTI)*, biasanya digunakan untuk mengukur topografi pada proses hidrologi dan medan. *Topographic Wetness Index (TWI)* adalah metode kuantifikasi kontrol topografi terhadap proses hidrologi, sebaran spasial kondisi hidrologi dapat dipetakan menggunakan metode ini. TWI dipertimbangkan dalam evaluasi lahan adalah bentuk wilayah (relief) atau lereng dan ketinggian tempat di atas permukaan laut. Penilaian TWI dapat dilakukan dengan DEM (*Digital Elevation Model*). Secara konseptual, nilai TWI menggambarkan tingkat kebasahan lahan yang diasumsikan berhubungan dengan kerawanan banjir dan genangan (Pourali dkk., 2014).

2.2. *Frequency Ratio (FR)*

Model *frequency ratio* adalah salah satu teknik yang dapat digunakan untuk melakukan penilaian bahaya dengan tingkat akurasi yang tinggi (Lee dkk., 2012). *Frequency ratio* merupakan salah satu jenis analisis statistik bivariat, dan metode ini memberikan nilai pada setiap kelas dari parameter dan mengevaluasi dampaknya terhadap kejadian banjir. *Frequency ratio (FR)* juga merupakan nilai perbandingan antara area kejadian banjir dan total area berdasarkan setiap parameter penyebab dihitung dengan membagi laju kejadian banjir dengan rasio luas (Tehrany dkk., 2017).

Model *frequency ratio (FR)* adalah proses sederhana untuk dijalankan pada lingkungan GIS dan dapat membangun peta kerawanan banjir yang valid secara ilmiah (Samanta dkk., 2018). Pemodelan Kerawanan banjir merupakan salah satu strategi terbaru yang digunakan untuk menangani bencana banjir. Terutama pada wilayah DAS Walanae mengalami banjir berulang yang menyebabkan kerusakan infrastruktur, tegakan tanaman, dan sumber penghasil, bahkan menimbulkan korban jiwa. Kurangnya penilaian dan pemetaan kerawanan banjir, pemodelan banjir dapat menjadi pertimbangan untuk mengembangkan rute aliran air banjir

dengan melihat interaksi sejumlah parameter fisik dan sangat penting dalam pengelolaan sungai (Dewan, 2015).

Dalam melakukan analisis kerawanan banjir, sangat penting untuk memiliki data kejadian banjir masa lalu yang dapat dibenarkan secara ilmiah untuk memperkirakan banjir di masa depan (Samanta dkk., 2018). Kebenaran dan keakuratan banjir di masa depan bergantung pada ketepatan kejadian banjir yang tercatat sebelumnya (Merz dkk., 2007). Meskipun tidak ada aturan khusus untuk mendefinisikan bagaimana titik banjir akan dialokasikan ke dalam set data pelatihan dan data validasi (Pradhan dkk., 2010) umumnya penelitian dilakukan dengan menggunakan 70% kejadian banjir sebagai kumpulan data pelatihan untuk menyiapkan model kerawanan banjir, dan 30% sisanya digunakan untuk validasi model luaran (Pourghasemi dkk., 2014).

Frequency Ratio (FR) adalah metode analisis statistik bivariat atau *Bivariate Statistical Analysis (BSA)*, di mana setiap kelas parameter diberi nilai dan pengaruhnya terhadap kejadian banjir. Pendekatan FR adalah metode yang sangat efektif karena mempertimbangkan pengaruh setiap faktor penyebab banjir dan memberikan bobot dengan sangat akurat (Tehrany dkk., 2017).

2.3. Daerah Aliran Sungai

DAS merupakan suatu wilayah daratan yang secara topografi dibatasi oleh punggung bukit yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian dialirkan ke laut melalui sungai utama. Wilayah daratan tersebut dinamakan daerah tangkapan air atau DTA (*catchment area*) yang merupakan suatu ekosistem dengan unsur utamanya terdiri dari 1) sumber daya alam meliputi tanah, vegetasi, dan air serta 2) sumber daya manusia sebagai pengguna sumber daya alam tersebut. Luaran (*outlet*) dari suatu DAS yaitu muara, danau, sungai, laut, maupun waduk (Asdak, 2010).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 42 Tahun 2008 tentang Pengelolaan SDA, DAS merupakan wilayah daratan yang memiliki satu kesatuan dengan sungai dan anak sungai yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau laut secara alami yang batas di darat

merupakan pemisah topografis dan di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh dari aktivitas daratan.

DAS Walanae merupakan salah satu dari 17 DAS yang dikelola Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Jeneberang Walanae. DAS Walanae terdiri dari 7 (tujuh) Sub DAS, yaitu Batu Puteh, Malanroe, Mario, Minraleng, Sanrego, dan Walanae. Dari ketujuh Sub DAS, sebagian besar memiliki bentuk DAS memanjang, hanya Sub DAS Malanroe dan Walanae Hilir yang memiliki bentuk radial (Suhardiman, 2012). DAS Walanae sangat penting dalam sistem tata air di Kabupaten Maros, Bone, Wajo, dan Soppeng. Kondisi penutupan lahan yang semakin terbuka dan tingginya sedimentasi mengakibatkan meluapnya Sungai Walanae serta pendangkalan Danau Tempe. Permasalahan banjir telah menjadi bagian keseharian masyarakat di Kabupaten Wajo dan Bone (Suhardiman, 2012).

2.4. Sistem Informasi Geografi

Sistem Informasi Geografi (SIG) atau *Geographic Information System (GIS)* merupakan suatu sistem informasi berbasis komputer untuk menyimpan, mengolah, dan menganalisis data yang memiliki manfaat untuk memberikan kemudahan dalam mengolah sebuah data, khususnya yang berkaitan dengan aspek keruangan/spasial (Wibowo dkk., 2015). Keunggulan SIG dibandingkan dengan sistem perpetaan konvensional, yaitu sebagai alat yang handal dalam menangani data spasial, di mana dalam SIG data disimpan dalam format digital sehingga mempercepat pekerjaan, proses perbaruan atau revisi menjadi lebih mudah atau lebih ekonomis, data geospasial dan informasi lebih mudah dicari, dianalisis dan diinterpretasikan, bersifat statis dan dinamis sehingga dapat diubah ketika diperlukan, lebih fleksibel dan mudah dalam hal penyimpanan, serta keputusan yang diambil menjadi lebih baik. Terdapat dua penyusun dalam data geografis yaitu data spasial dan data atribut. Perbedaan dari kedua jenis data tersebut adalah (Sumantri dkk., 2019):

1) Data Spasial

Data spasial merupakan data bereferensi keruangan/memiliki koordinat yang pada umumnya menggambarkan fenomena permukaan bumi, atas muka bumi (udara), dan di bawah permukaan bumi. Data spasial disajikan dalam dua

jenis, yaitu model data raster dan model data vektor. Model data raster atau sel grid merupakan data yang didapatkan dari sistem penginderaan jauh yang direpresentasikan dalam pixel (*picture element*). Ukuran piksel dalam data raster menggambarkan ukuran sebenarnya di permukaan bumi. Data raster memiliki keunggulan dalam merepresentasikan batas-batas yang berubah secara gradual seperti jenis tanah, suhu tanah, kemiringan lereng, dan lain-lain. Sedangkan, model data vektor menampilkan data spasial yang diinterpretasikan dalam titik (kenampakan tunggal dari koordinat x, y, dan z), garis (sekumpulan titik yang membentuk kenampakan memanjang), dan area (daerah yang dibatasi oleh garis dengan awal dan akhiran pada titik yang sama). Penggunaan data vektor berguna untuk analisis data yang memerlukan ketepatan titik, batasan, maupun garis.

2) Data Atribut

Data atribut atau non spasial merupakan data yang mendeskripsikan parameter-parameter deskripsi berupa informasi kuantitatif, foto, atau penjelasan dari fenomena yang dimodelkan dan tidak memiliki hubungan dengan posisi geografi, seperti jumlah penduduk, jenis tanah, data survei, data statistik, dan lain sebagainya

2.5. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh adalah ilmu atau seni untuk mengidentifikasi, mengamati dan mengukur suatu objek tanpa kontak langsung dengan objek tersebut. Menurut (Jensen and Dahlberg, 1986) penginderaan jauh merupakan teknik dalam geografi yang berkembang menjadi disiplin ilmu tersendiri guna memahami karakteristik objek di permukaan bumi.

Proses yang terjadi di dalam penginderaan jauh termasuk deteksi dan pengukuran dari radiasi panjang gelombang yang berbeda yang dipantulkan atau dipancarkan dari suatu objek atau material tertentu, yang dengannya memungkinkan untuk diidentifikasi dan dikategorikan dalam kelas/tipe, bahan yang ada dan distribusi spasialnya. Definisi penginderaan jauh menurut (Lillesand and Kiefer, 2008) memuat beberapa kata kunci, yaitu; informasi objek, alat, tanpa kontak, dan analisis data. Penjelasan dari beberapa parameter tersebut adalah:

a. Informasi

Data hasil penginderaan jauh dapat berwujud citra yang telah dicetak (*hardcopy*) maupun digital (*softcopy*).

b. Alat

Alat yang dimaksud dalam penginderaan jauh disebut juga dengan sensor yang dapat berupa kamera, scanner, radiometer, sensor termal, radar, dan lain-lain. Sensor dipasang pada *platform* yang berupa satelit, pesawat terbang, drone, dan lain sebagainya. Penamaan sensor biasanya digunakan untuk memberi nama citra yang dihasilkan oleh hasil perekaman dengan menggunakan sensor tersebut. Misalnya sensor *Multispectral Scanner* (MSS), sensor *Thematic Mapper*, *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) pada satelite *Landsat* dipakai untuk penamaan citra *Landsat TM*, citra *Landsat MSS*, citra *Landsat TIRS*.

c. Tanpa kontak

Tanpa kontak adalah bahwa untuk melakukan studi terhadap objek-objek tertentu pada suatu lokasi, seseorang tidak perlu memegang, menyentuh, mendatangi secara langsung objek tersebut, melainkan cukup mempelajari objek-objek yang dimaksud pada hasil rekaman sensor atau mempelajari gambaran pantulan/pancaran tenaga elektromagnetik pada citra. Sifat tanpa kontak ini memberi banyak keuntungan, yaitu daerah-daerah yang sulit dijangkau secara teristris menjadi terjangkau, menghemat tenaga dan waktu karena peneliti tidak perlu mendatangi wilayah yang dikaji, dan menghemat biaya karena peneliti tidak memerlukan biaya ke lapangan.

d. Analisis data

Data dalam penginderaan jauh berwujud citra (*image/imagery*), Citra dapat berbentuk *hardcopy* (data visual) maupun *softcopy* (data numerik). Citra *hardcopy* maksudnya adalah citra yang telah dicetak, sementara citra *softcopy* berupa file digital yang hanya dapat dibaca dengan komputer. Citra digital dibentuk oleh pixel (*picture element*) citra digital tak selalu merupakan data rekaman langsung dari sistem penginderaan jauh, tetapi dapat berupa hasil konversi, yakni konversi dari data *hardcopy* yang diubah menjadi *softcopy*, misalnya melalui proses *scanning* atau pemotretan.

Penginderaan jauh mencakup data mentah, pengolahan data secara otomatis (komputerisasi) dan manual (interpretasi), analisis citra, dan penyajian data penginderaan jauh berguna untuk menganalisis potensi sumber daya. Dengan adanya penginderaan jauh berbagai peta sumber daya dibuat dengan bantuan sistem informasi geografis (SIG) karena keduanya mampu mengubah data spasial sebagai input untuk menghasilkan keputusan (Purwanto and Andrasmara, 2018).

Penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk tujuan mitigasi bencana banjir misalnya dalam pembuatan peta kerawanan banjir. Pemetaan kerawanan banjir dibuat dengan melihat faktor-faktor yang mempengaruhi banjir dengan bantuan citra penginderaan jauh. Citra satelit, seperti NOAA dan GMS dapat mendeteksi sebaran awan dan peluang hujan, prediksi hujan, mendeteksi terjadinya titik panas dan sebaran asap kebakaran, tingkat kekeringan/kehijauan lahan dan lain-lain. Peta geologi dapat dihasilkan dari data *Landsat* TM/SPOT yang memberikan informasi mengenai jenis batuan. Khusus untuk aplikasi data ASTER dapat digunakan untuk menyusun pengolahan data bencana geologi. Menurut Wulan dkk., (2017) menjelaskan manfaat dari penginderaan jauh adalah pemetaan cepat (*rapid mapping*) kawasan terdampak bencana dengan memanfaatkan teknologi UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). Teknologi UAV memiliki kelebihan lebih efisien dari segi waktu, resolusi spasial yang didapatkan lebih tinggi sehingga meminimalisir kesalahan dalam mengidentifikasi objek, dan objek yang sulit dijangkau secara langsung dan akurat menjadi lebih mudah melalui penginderaan jauh.