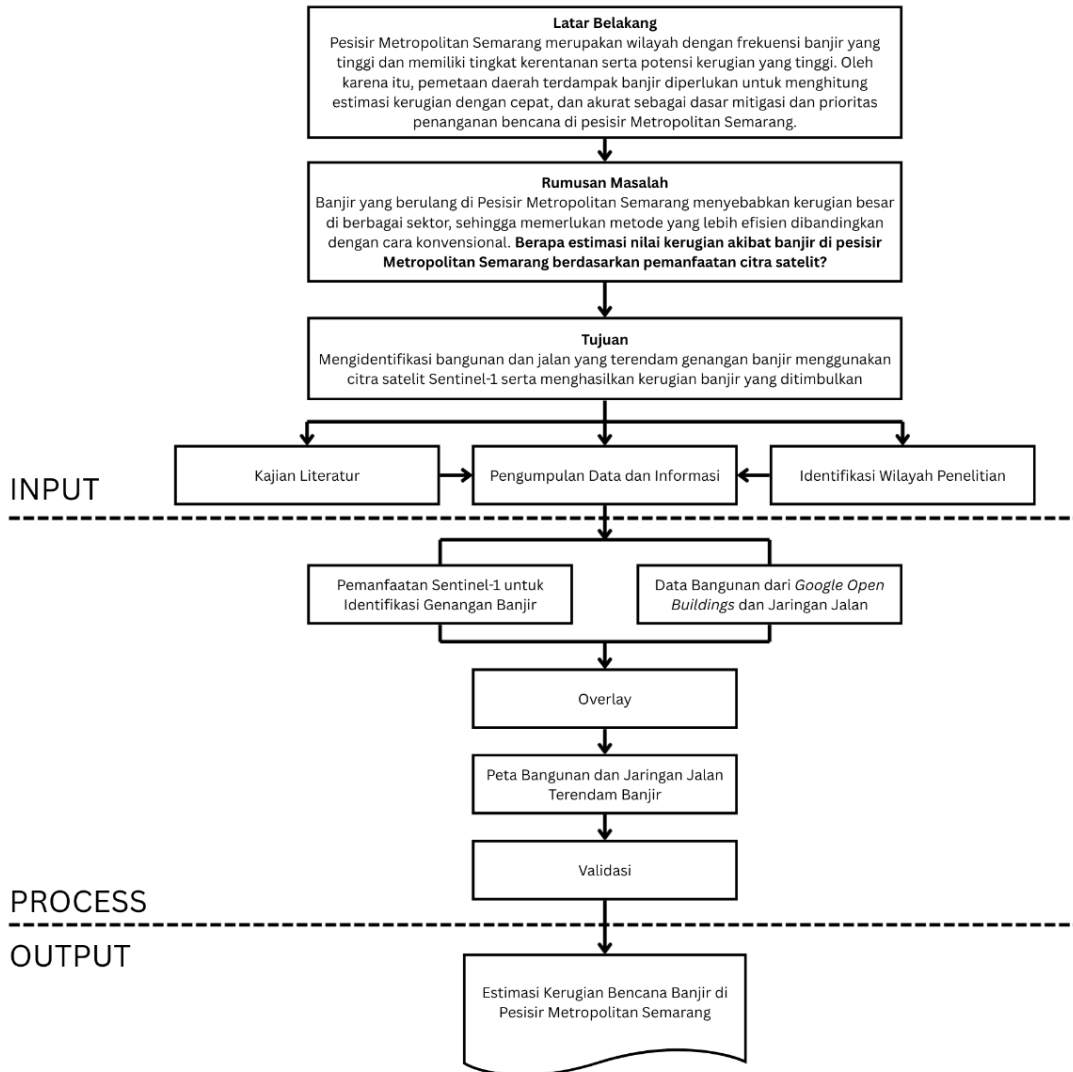


BAB 2

KONSEP PERENCANAAN

2.1 Konsep Perencanaan

Konsep perencanaan pada penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan berurutan dan saling berkaitan. Berikut merupakan kerangka analisis yang digunakan dalam tugas akhir ini:



Sumber : Penyusun, 2026.

Gambar 2. 1 Konsep Pemikiran

Berdasarkan konsep perencanaan pada pengolahan penelitian ini, maka dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Citra Sentinel-1

Data ini digunakan untuk memperoleh genangan banjir pada tahun 2015. Sedangkan genangan pada tahun 2024 menggunakan data dari penelitian sebelumnya (Bagja, 2024). Citra ini memiliki resolusi spasial 10 meter.

2. Genangan air banjir

Langkah ini dilakukan menggunakan citra Sentinel-1 pada software SNAP Desktop untuk menghasilkan daerah genangan banjir di Kawasan Metropolitan Semarang.

3. *Overlay* area genangan, dengan bangunan dan jaringan jalan

Langkah ini dilakukan untuk mengidentifikasi area bangunan dan jaringan jalan yang terdampak oleh genangan banjir. Hasil dari tahapan ini adalah area bangunan yang terkena dampak langsung banjir.

4. Validasi

Langkah ini memastikan bahwa bangunan dan jaringan jalan yang teridentifikasi terdampak benar-benar merupakan bangunan yang terendam banjir. Proses validasi dilakukan untuk mengurangi kesalahan klasifikasi serta meningkatkan tingkat kepercayaan terhadap hasil analisis.

5. Estimasi kerugian fisik bencana banjir

Tahapan akhir ini adalah analisis estimasi kerugian yang dihitung berdasarkan luas area bangunan sesuai jenis bangunan atau kegiatan. Nilai kerugian dihitung dengan mengalikan bangunan terdampak (m^2) dengan nilai satuan kerugian per meter persegi. Output dari tahap ini berupa estimasi nilai kerugian total akibat banjir pada area terbangun di Kawasan Metropolitan Semarang, yang dapat menjadi dasar perencanaan mitigasi dan penataan wilayah pesisir.

2.2 Kajian Teori

Kajian teori adalah landasan konseptual dan ilmiah yang digunakan dalam penelitian, sehingga peneliti memiliki dasar kuat dalam perumusan masalah, hipotesis, dan analisis hasil (Haura Hanifah, 2025). Berikut kajian teori yang digunakan dalam tugas akhir ini.

2.2.1 Kawasan Pesisir

Kawasan pesisir merupakan wilayah peralihan antara darat dan laut yang memiliki karakteristik fisik, ekologis, serta sosial ekonomi yang saling berkaitan (Asyiwati & Akliyah, 2014). Wilayah ini dipengaruhi oleh dinamika laut seperti pasang surut, gelombang, abrasi, dan sedimentasi sehingga memiliki kondisi lingkungan yang kompleks dibandingkan wilayah daratan biasa. Undang-Undang Republik Indonesia

Nomor 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil (2007), menjelaskan bahwa wilayah pesisir mencakup 12 mil laut dari garis pantai dengan area darat yang masih dipengaruhi sifat-sifat laut yang masih dipengaruhi aktivitas daratan. Karakteristik tersebut menyebabkan kawasan pesisir menjadi wilayah yang sangat penting untuk kegiatan permukiman, perikanan, perdagangan, hingga transportasi laut. Ketergantungan aktivitas manusia terhadap kawasan pesisir menjadikan wilayah ini memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap perubahan lingkungan dan bencana pesisir (Gunawan, 2023).

Kondisi kawasan pesisir yang dinamis menyebabkan wilayah ini rentan mengalami kerusakan lingkungan dan bencana alam. Fenomena seperti abrasi, banjir rob, serta kenaikan air muka laut sering terjadi akibat pengaruh proses alam maupun manusia yang tidak terkendali (A. Susanto et al., 2025). Perubahan penggunaan lahan di kawasan pesisir juga dapat mempercepat penurunan kualitas lingkungan, terutama akibat alih fungsi lahan tambak, permukiman, dan kawasan mangrove. Pemanfaatan ruang pesisir yang tidak sesuai daya dukung lingkungan dapat meningkatkan risiko kerugian sosial dan ekonomi masyarakat (Fedriansya & Rahman, 2025). Pengelolaan wilayah pesisir yang berkelanjutan menjadi penting untuk menjaga keseimbangan antara pemanfaatan sumber daya alam dengan konservasi lingkungan.

2.2.2 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan metode untuk mengumpulkan informasi mengenai objek bumi tanpa perlu menyentuhnya, namun melalui perekaman energi elektromagnetik yang dipantulkan (Fatimah & Nuryaningsih, 2018). Menurut (Lukiawan et al., 2019), penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang permukaan bumi melalui interpretasi data yang diperoleh dari sensor pada satelit, pesawat terbang, atau wahana lainnya. Setiap objek di bumi memiliki pola pantulan spektrum yang berbeda, sehingga energi yang terekam dapat mengidentifikasi berbagai elemen seperti tutupan lahan, vegetasi, dan bangunan (Saragih et al., 2025). Penginderaan Jauh dibagi menjadi dua, yaitu sistem pasif dan aktif. Sistem pasif seperti pada satelit Landsat, sedangkan sistem aktif seperti Sentinel-1 yang memancarkan gelombang mikro dan merekam pantulannya (Kong, 1984). Teknologi penginderaan jauh memiliki keunggulan dibandingkan survei lapangan karena mampu mencakup wilayah luas, efisien dalam waktu, dan biaya. Penginderaan jauh pada penelitian ini mencakup sebagai berikut.

2.2.2.1 Citra Satelit Sentinel

A. Citra Satelit Sentinel-1

Citra satelit sentinel-1 adalah data *Synthetic Aperture Radar* (SAR) yang diperoleh dari program Copernicus, dan secara luas digunakan dalam penginderaan jauh untuk berbagai aplikasi seperti pemantauan banjir dan perubahan permukaan bumi (Fadlin et al., 2022). Citra SAR bekerja sebagai sensor aktif, memancarkan gelombang mikro ke permukaan bumi dan merekam pantulannya, sehingga dapat menghasilkan data citra di siang atau malam hari serta dalam kondisi cuaca apapun, termasuk saat tertutup awan. Gelombang mikro pada sensor SAR dapat berinteraksi dengan berbagai permukaan seperti tanah, vegetasi, dan air, sehingga menghasilkan perbedaan *nilaibacksatter* yang mencerminkan karakteristik fisin objek di permukaan bumi. Keunggulan inilah yang membuat data sentinel sangat bermanfaat dalam penelitian pemantauan seperti banjir, karena data radar ini mampu menunjukkan area genangan air secara akurat dengan resolusi spasial dan temporal yang baik (Budiarto & Bioresita, 2023).

Spesifikasi citra satelit sentinel-1 memiliki spesifikasi yang mendukung berbagai analisis penginderaan jauh. Satelit ini membawa sensor C-band Synthetic Aperture Radar (SAR) dengan panjang gelombang sekitar 5,6 cm dan frekuensi 5,405 GHz yang dirancang untuk pemantauan daratan dan lautan secara kontinu. Sentinel-1 menyediakan beberapa mode akuisisi data seperti *Interferometric Wide Swath* (IW), *Stripmap* (SM), dan *Extra Wide Swath* (EW) dengan variasi resolusi spasial sesuai kebutuhan analisis. Selain itu, ketersediaan polarisasi tunggal dan ganda (VV, VH, HH, HV) memungkinkan identifikasi karakteristik hamburan objek secara lebih rinci serta mendukung analisis interferometri radar (InSAR) (Ramanda Putri et al., 2018). Berikut merupakan spesifikasi teknis citra satelit sentinel-1.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Sentinel-1

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Jenis Sensor	<i>C-band Synthetic Aperture Radar (SAR)</i>
2	Panjang Geombang	$\pm 5,6$ cm
3	Frekuensi	5,405 GHz
4	Mode Akuisisi	IW, SM, EW, WV
5	Resolusi Spasial	$\pm 5-20$ meter (tergantung mode)
6	Polarisasi	VV, VH, HH, HV

Sumber : (Ramanda Putri et al., 2018)

Secara umum, spesifikasi tersebut menjadikan sentinel-1 sangat efektif untuk pemantauan perubahan permukaan bumi, analisis deformasi tanah, dinamika vegetasi, dalam berbagai kondisi cuaca.

B. Citra Satelit Sentinel-2

Citra satelit adalah hasil perekaman permukaan bumi menggunakan sensor yang terpasang pada wahana satelit, yang merekam pantulan elektromagnetik dari objek di permukaan bumi (Suwargana, 2013). Data citra satelit dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti pemetaan, perencanaan wilayah, pemantauan lingkungan, dan mitigasi bencana. Citra satelit merupakan representasi digital dari permukaan bumi yang dapat dianalisis secara visual maupun numerik untuk mengekstraksi informasi spasial tertentu (Mursalin, 2025). Penggunaan citra satelit dalam sistem penginderaan jauh memungkinkan pengamatan wilayah yang luas dengan waktu yang relatif singkat, serta memberikan informasi yang konsisten dari waktu ke waktu.

Program Sentinel merupakan bagian dari Copernicus Program yang dikembangkan *European Space Agency* (ESA) dan *European Commission* (EC) untuk menyediakan data observasi bumi secara terbuka dan gratis. Tujuan utamanya adalah mendukung pengelolaan lingkungan, mitigasi bencana, perubahan iklim, dan pembangunan berkelanjutan. Salah satu misi utamanya adalah Sentinel-2, yang difokuskan pada pemantauan daratan (Unik, 2019). Sentinel-2 dirancang untuk memberikan data multispektral dengan resolusi tinggi guna mendukung klasifikasi lahan, vegetasi, perubahan tutupan lahan, dan analisis lingkungan (Oktaviani & Kusuma, 2017).

Sentinel-2 terdiri dari dua satelit kembar, yakni Sentinel-2A dan Sentinel-2B yang diluncurkan tahun 2017. Keduanya membawa instrumen utama Multispektral yang memiliki 13 kanal spektral meliputi spektrum tampak (*visible*), inframerah dekat (*near infrared*), hingga inframerah gelombang pendek (*shortwave infrared*) (Rohman et al., 2025). Berikut merupakan spesifikasi dari citra satelit Sentinel-2 .

Tabel 2. 2 Spesifikasi Sentinel-2

No	Resolusi Spasial	Band Spektral	Contoh Fungsi
1	10 meter	B2 (Blue), B3 (Green), B4 (Red), B8 (NIR)	Visualisasi RGB, vegetasi, dan area terbangun.
2	20 meter	B5-B7 (Red Edge), B8A, B11-B12 (SWIR)	Kelembaban tanah, air, dan mineral
3	60 meter	B1,B9,B10	Koreksi atmosferik, dan masking awan.

Sumber : (Rohman et al., 2025)

Setiap satelit memiliki panjang sekitar 290 km dengan periode revisit sekitar 5 hari (dua satelit beroperasi bersama. Hal ini memungkinkan ketersediaan data multitemporal yang tinggi dan berguna untuk analisis perubahan lahan. Citra satelit Sentinel-2 memiliki keunggulan sebagai berikut.

1. Resolusi cukup tinggi dan area cakupan luas, yakni 10-20m untuk Sebagian besar band.
2. Ketersediaan data terbuka dan gratis, dapat diakses melalui platform Copernicus Open Access Hub dan Google Earth Engine.
3. Kehadiran band Red Edge, yang sangat berguna untuk mendeteksi kesehatan vegetasi, serta membedakan jenis permukaan seperti tanah, bangunan, dan air.
4. Kehadiran band red edge, yang berguna untuk mendeteksi vegetasi, serta membedakan jenis permukaan seperti tanah, bangunan, dan air
5. Revisit time yang cepat, menjadikan Sentinel-2 cocok untuk monitoring perubahan temporal seperti banjir, kekeringan, atau konversi lahan.
6. Kualitas radiometrik yang tinggi, dengan 12-bit depth sehingga mampu menangkap variasi spektral secara lebih detail

2.2.2.2 Google Earth Engine

Google Earth Engine merupakan platform komputasi awan yang dikembangkan oleh Google untuk pengolahan dan analisis data penginderaan jauh (Latue et al., 2023). GEE menyediakan akses langsung ke berbagai koleksi data citra satelit global, seperti landsat, sentinel, MODIS, hingga data sosial ekonomi, yang tersimpan dalam cloud Google. Platform ini memungkinkan pengguna melakukan pemrosesan data spasial tanpa harus mengunduh data secara manual, karena seluruh analisis dapat dilakukan secara daring menggunakan bahasan pemrograman JavaScript atau Phyton melalui Earth Engine Code Editor (Fahira, 2023). GEE memiliki sejumlah keunggulan menurut (W. A. Rachman, 2022) dibandingkan perangkat lunak pengolahan citra konvensional seperti SNAP, ENVI, atau QGIS, yakni sebagai berikut.

1. Kemampuan Komputasi Awan: Seluruh proses dilakukan di server cloud, sehingga pengguna tidak dibatasi oleh spesifikasi komputer local
2. Akses Data Satelit global Secara Gratis dan Mudah: GEE menyediakan lebih dari 40 tahun arsip data penginderaan jauh, termasuk koleksi Landsat, Sentinel, MODIS, dan DEM global.

3. Efisiensi dan Otomatisasi Tinggi: Analisis spasial dapat dilakukan dengan cepat dan dapat diulang (*reproducible*), cocok untuk pemantauan multitemporal

Google Earth Engine mendukung konsep open science dimana seluruh data bersifat terbuka dan dapat digunakan atau dikembangkan. Hal ini memberikan kesempatan bagi pemerintah daerah, akademisi, maupun lembaga penelitian untuk mengembangkan sistem pemantauan bencana berbasis data yang dapat diakses oleh publik (Darmawan et al., 2024). *Google Earth Engine* merupakan inovasi penting dalam bidang penginderaan jauh modern. Platform ini menjawab tantangan utama dalam analisis geospasial yang selama ini terhambat oleh keterbatasan perangkat keras dan kapasitas penyimpanan data.

2.2.2.3 Uji Validasi

Uji validasi merupakan salah satu tahapan penting dalam analisis data penginderaan jauh yang bertujuan untuk menilai tingkat ketepatan hasil klasifikasi terhadap kondisi sebenarnya di lapangan (Purwanto & Lukiawan, 2019). Proses ini dilakukan untuk mengukur seberapa besar tingkat kesesuaian antara data hasil interpretasi atau klasifikasi citra satelit dengan data referensi yang dianggap benar (Febianti et al., 2022). Dengan kata lain, uji akurasi berfungsi sebagai indikator kualitas peta hasil klasifikasi, sehingga dapat diketahui keandalan data spasial dalam menggambarkan kondisi sebenarnya di permukaan bumi.

Pada penginderaan jauh, setiap hasil klasifikasi citra satelit tidak terlepas dari kemungkinan terjadinya kesalahan interpretasi yang disebabkan oleh berbagai faktor, seperti resolusi citra, efek atmosfer, keterbatasan algoritma klasifikasi, serta kondisi medan yang kompleks (Tremblay et al., 2016). Oleh karena itu, uji akurasi menjadi langkah yang harus dilakukan untuk memastikan bahwa hasil klasifikasi memiliki validitas dan realibilitas yang tinggi sebelum digunakan. Akurasi yang baik mencerminkan bahwa proses klasifikasi telah mampu membedakan objek atau tutupan lahan dengan benar berdasarkan karakteristik spektralnya (Sahebgharani et al., 2024). Uji akurasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil klasifikasi dengan data referensi dari lapangan atau sumber lain yang lebih akurat. Perbandingan ini biasanya disajikan dalam bentuk *confusion matrix* atau *error matrix*, yaitu tabel yang memperlihatkan hubungan antara kelas hasil klasifikasi dengan kelas referensi. Dari tabel tersebut dapat dihitung berbagai parameter akurasi, antara lain *overall accuracy*,

producer's accuracy, *user's accuracy*, serta *koefisien Kappa* yang menunjukkan tingkat kesepakatan antara hasil klasifikasi dan data referensi (Dwi et al., 2025).

1. Overall Accuracy (OA) menggambarkan persentase jumlah piksel yang diklasifikasikan dengan benar terhadap total jumlah piksel uji.
2. Producer's Accuracy (PA) menunjukkan seberapa baik suatu kelas dalam data referensi dapat dikenali oleh sistem klasifikasi.
3. Producer's Accuracy (PA) menunjukkan seberapa baik suatu kelas dalam data referensi dapat dikenali oleh sistem klasifikasi.
4. Koefisien Kappa digunakan untuk mengukur tingkat kesepakatan antara hasil klasifikasi dan data referensi dengan memperhitungkan peluang kesesuaian yang terjadi secara acak. Nilai Kappa berada antara 0 hingga 1, di mana nilai mendekati 1 menunjukkan tingkat kesesuaian yang tinggi

Uji akurasi tidak hanya berfungsi untuk menilai hasil akhir klasifikasi, tetapi juga menjadi dasar untuk memperbaiki proses klasifikasi itu sendiri. Kesalahan yang ditemukan melalui error matrix dapat digunakan untuk mengidentifikasi kelas yang tertukar, sehingga algoritma klasifikasi dapat disesuaikan. Keberhasilan suatu klasifikasi citra sangat ditentukan oleh tahapan validasi hasil, dan tanpa uji akurasi, peta tematik yang dihasilkan tidak memiliki nilai ilmiah yang kuat. Dalam banyak penelitian penginderaan jauh, nilai *overall accuracy* di atas 85% dan *kappa coefficient* lebih dari 0.75 dianggap cukup baik untuk digunakan dalam analisis spasial dan perencanaan kebijakan (Wafdan, 2022). Oleh karena itu, hasil klasifikasi citra satelit, baik untuk peta tutupan lahan, area terbangun, maupun genangan air, harus selalu disertai dengan hasil uji akurasi yang terukur.

2.2.3 Genangan

Genangan merupakan kondisi ketika air berkumpul pada suatu wilayah dan menutupi permukaan lahan dalam jangka waktu tertentu akibat ketidakmampuan air untuk mengalir atau meresap ke dalam tanah (Rofi'i et al., 2023). Genangan umumnya terjadi setelah hujan dengan intensitas tinggi, dan gangguan pada sistem aliran air. Fenomena ini dapat berlangsung singkat maupun cukup lama tergantung pada kondisi lingkungan dan kapasitas pengaliran air di wilayah tersebut. Berbeda dengan banjir yang memiliki cakupan wilayah yang lebih luas, genangan memiliki cakupan wilayah yang lebih kecil dan bersifat lokal dengan kedalaman yang relatif lebih dangkal. Keberadaan genangan

tersebut dapat mengganggu aktivitas masyarakat sehingga menimbulkan kerugian fisik, sosial dan ekonomi (Septiani et al., 2014).

Genangan dipengaruhi oleh beberapa faktor meliputi curah hujan, topografi, kemiringan lereng, serta kemampuan tanah dalam menyerap air. Faktor manusia juga menjadikan salah satu penyebab terjadinya genangan, antara lain perubahan penggunaan lahan, berkurangnya daerah resapan air, penyempitan saluran air, serta kurang optimalnya sistem drainase. Kondisi tersebut dapat meningkatkan jumlah limpasan permukaan sehingga air tidak dapat tertampung atau dialirkan secara efektif. Tingkat dampak yang ditimbulkan umumnya dipengaruhi oleh luas genangan, kedalaman air, durasi genangan, serta karakteristik wilayah terdampak (Tefa et al., 2025)

2.2.4 Bencana Banjir

Banjir merupakan salah satu bentuk bencana hidrometeorologi yang sering terjadi di daerah tropis, termasuk Indonesia (Arvi et al., 2025). Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), banjir dapat diartikan sebagai suatu kejadian di mana air meluap ke area daratan yang disebabkan hujan dengan intensitas tinggi, aliran air permukaan yang berlebihan, atau karena terganggunya sistem drainase, baik alami maupun buatan manusia. Banjir merupakan bencana yang paling banyak menyebabkan kerugian yang cukup tinggi di Indonesia karena sebagian besar wilayahnya memiliki elevasi yang datar dan sistem drainase yang buruk (Wismarini & Ningsih, 2010). Secara umum, mengkalsifikasikan banjir ke dalam beberapa jenis berdasarkan penyebab dan karakteristik, yaitu

1. Banjir Sungai (*River Flood*): Kondisi ini terjadi ketika kemampuan aliran sungai tidak dapat menampung jumlah air yang besar akibat hujan tinggi di daerah hulu maupun di sepanjang aliran sungai.
2. Banjir Bandang (*Flash Flood*): Kejadian banjir ketika air mengalir dengan cepat dengan membawa material seperti Lumpur, batu, dan kayu. Biasanya disebabkan oleh curah hujan yang sangat tinggi di daerah lereng curam.
3. Banjir Genangan (*Pluvial Flood*): Banjir yang disebabkan oleh akibat hujan berkepanjangan, dimana air tidak dapat diserap dengan baik oleh tanah dan menggenang di permukaan tanah. Banjir ini sering terjadi di daerah perkotaan yang didominasi oleh lahan terbangun dan sistem drainase yang buruk

4. Banjir Rob: Masuknya air laut ke daratan pada saat terjadi pasan air tinggi laut. Banjir ini terjadi di wilayah pesisir dengan ketinggian yang rendah. Penyebab banjir ini adalah kenaikan muka air laut, penurunan elevasi tanah, dan sistem pengaliran yang kurang baik.

2.2.5 Kerugian Bencana

Bencana alam adalah kejadian yang dapat mengganggu kehidupan manusia, serta infrastruktur, dan lingkungan (Sutrisnawati, 2018). Dampak dari bencana umumnya terdiri dari kerugian yang mencakup beberapa aspek, yakni fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan (Asy'ari, 2018). Kerugian yang timbul akibat bencana dapat dibagi menjadi dua, yaitu kerugian langsung dan tidak langsung. Kerugian langsung mencakup kerusakan fisik pada bangunan, jalan, jembatan, dan fasilitas umum, sedangkan kerugian tidak langsung berkaitan dengan gangguan dalam aktivitas ekonomi, pendidikan, kesehatan, dan sosial masyarakat (Wismana Putra et al., 2020).

Pada aspek ekonomi, bencana mampu menyebabkan penurunan produktivitas, hilangnya peluang kerja, serta meningkatnya biaya untuk rehabilitasi dan rekonstruksi (Artiani, 2011). Bencana alam mempengaruhi pertumbuhan ekonomi suatu daerah karena banyak sumber daya yang dipindahkan untuk pemulihan dan bukan untuk pembangunan. Disamping itu, kerugian tersebut secara tidak langsung berpengaruh pada aspek sosial, karena kehilangan tempat tinggal, kenaikan angka kemiskinan, dan gangguan kesehatan masyarakat terdampak (Zein et al., 2014).

Pada aspek lingkungan, bencana seringkali berlangsung dalam jangka panjang. Kerusakan pada ekosistem pencemaran air, dan penurunan kualitas tanah adalah beberapa contoh kerugian ekologis yang muncul setelah bencana besar seperti banjir, tanah longsor, atau gempa bumi (Yunus et al., 2024). Situasi ini dapat memperburuk kerentanan suatu wilayah terhadap bencana yang akan datang. Oleh karena itu, menghitung potensi kerugian yang disebabkan oleh bencana menjadi aspek penting dalam manajemen resiko bencana, khususnya dalam pembuatan kebijakan pembangunan yang tahan bencana (Dewi & Sasdar, 2024).