

PEMANFAATAN CITRA SAR SENTINEL-1 MULTI-TEMPORAL UNTUK IDENTIFIKASI FASILITAS PUBLIK TERDAMPAK BANJIR PERKOTAAN

Studi Kasus di Kota Bandung

(Multi-temporal Sentinel-1 SAR Image Utilization for Urban Flood-Affected Public Facility Identification: A Case Study in Bandung City)

Muhammad Saiful Ruuhulhaq

Amcolabora Institute

Ruko Anggrek Grand Depok City, Jl. Boulevard Grand Depok City No 36, Depok, Indonesia

E-mail: msaiful@amcolabora.or.id

Diterima 25 September 2024; Direvisi: 27 Oktober 2024; Disetujui untuk Dipublikasikan: 20 November 2024

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan dampak genangan banjir terhadap fasilitas publik di Kota Bandung karena tingginya angka kejadian banjir di Indonesia pada tahun 2023 yang mencapai 1.255 kejadian atau sekitar 23,2% dari total bencana. Jawa Barat, termasuk Kota Bandung, merupakan salah satu wilayah yang paling sering dilanda banjir selama musim hujan akibat hujan deras yang menyebabkan banjir di berbagai titik. Dalam penelitian ini, digunakan citra satelit Sentinel-1 dengan sensor radar Interferometric Wide (IW) yang dilengkapi polarisasi VV dan VH untuk mendeteksi dan memetakan area genangan banjir. Data yang digunakan adalah produk Level-1 IW Ground Range Detected (GRD) dan sebaran fasilitas publik di Kota Bandung yang diperoleh melalui teknik geotagging. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa total area yang tergenang di Kota Bandung mencapai 1.247,23 hektare. Fasilitas pendidikan mengalami dampak paling signifikan dengan jumlah terbanyak yang tergenang banjir, yaitu 465 fasilitas. Analisis pengolahan citra menunjukkan adanya perbedaan dalam kemampuan polarisasi VV dan VH dalam mendeteksi genangan air, yang mengindikasikan bahwa karakteristik permukaan air yang berbeda mungkin lebih baik terdeteksi dengan polarisasi tertentu. Citra radar Sentinel-1 memiliki keunggulan dalam pemetaan banjir secara lebih akurat, khususnya dalam kondisi cuaca yang tidak mendukung. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya untuk menganalisis perbedaan polarisasi VV dan VH dalam meningkatkan akurasi pemetaan banjir dan menambahkan parameter kerawanan banjir di kawasan perkotaan seperti Kota Bandung.

Kata kunci: banjir, fasilitas publik, Sentinel-1, polarisasi VV dan VH

ABSTRACT

This study aims to map the impact of flood inundation on public facilities in Bandung City, addressing the high frequency of flood events in Indonesia in 2023, which accounted for 1,255 occurrences or approximately 23.2% of the total natural disasters. West Java, including Bandung City, is one of the regions most frequently affected by floods during the rainy season, as heavy rainfall regularly causes flooding across various locations. This study employs Sentinel-1 satellite imagery with Interferometric Wide (IW) radar sensors, equipped with VV and VH polarizations, to detect and map flood inundation areas. The data utilized consists of Level-1 IW Ground Range Detected (GRD) products, and the distribution of public facilities in Bandung City is mapped through geotagging techniques. The mapping results reveal that the total inundated area in Bandung City reached 1.247,23 hectares, with educational facilities experiencing the most significant impact, totaling 465 flooded facilities. Image processing analysis indicates differences in the detection capability of VV and VH polarizations, suggesting that varying water surface characteristics may be more effectively detected by specific polarizations. Sentinel-1 radar imagery proves advantageous for accurate flood mapping, particularly in adverse weather conditions. This study contributes to the understanding of flood impacts on urban infrastructure and highlights the importance of using SAR polarizations to improve flood mapping accuracy. Future research is encouraged to further explore the differences in VV and VH polarization for enhanced flood detection and to incorporate flood vulnerability parameters for urban areas such as Bandung City.

Keywords: flood, public facilities, Sentinel-1, VV and VH polarizations

PENDAHULUAN

Letak Indonesia sebagai negara kepulauan membuatnya sangat mudah terpengaruh oleh

perubahan iklim, dengan bencana hidrometeorologi sebagai dampak yang paling sering terjadi (Fitriani *et al.*, 2021). Salah satu bencana yang sering terjadi di musim hujan adalah banjir yang terjadi di

beberapa daerah. Banjir merupakan salah satu bencana yang merusak dan sering terjadi akibat hujan lebat, pencairan salju, kegagalan bendungan, dan luapan danau atau sungai. Genangan merupakan keadaan terjadinya penumpukan volume air di suatu tempat karena luapan dari tempat lain atau aliran yang pembuangannya kurang baik.

Bencana banjir di Indonesia merupakan bencana yang sering terjadi setiap tahunnya. Kejadian banjir tahun 2023 sebanyak 1.255 kejadian merupakan 23,2% kejadian bencana di Indonesia (BNPB, 2023). Jawa Barat merupakan salah satu provinsi yang paling sering dilanda banjir di Indonesia, terutama saat musim hujan (Rosyidie, 2013). Ketinggian air yang seringkali mencapai lebih dari satu meter tidak hanya merendam rumah-rumah penduduk, tetapi juga infrastruktur publik yang menyebabkan kerugian ekonomi yang besar (Tong et al., 2018).

Hujan deras yang terjadi secara rutin selama musim penghujan selalu mengakibatkan banjir di berbagai titik di Kota Bandung (Taufik et al., 2021). Faktor-faktor seperti kurangnya pembangunan infrastruktur yang tepat, urbanisasi, dan pertimbangan yang tidak memadai terhadap kondisi lingkungan dan iklim menyebabkan bahaya banjir menjadi lebih merusak (Tavus et al., 2020).

Informasi bahaya dan risiko banjir yang dibutuhkan antara lain tipe banjir, kemungkinan kejadian banjir, luas genangan banjir, kedalaman dan kecepatan banjir, serta tingkat kerusakan (EXIMAP, 2007). Citra satelit dengan sensor radar mulai banyak dimanfaatkan untuk kajian bencana alam karena beberapa keunggulan yang dimilikinya, antara lain dapat meliputi wilayah yang cukup luas, dapat menembus awan, perekaman pada waktu siang dan malam hari dalam segala cuaca karena menggunakan gelombang radio (*microwave*) untuk melakukan pengamatan permukaan bumi (Kushardono & Arief, 2020).

Penelitian ini menggunakan data citra dari misi satelit Copernicus Sentinel-1. Sensor *Synthetic Aperture Radar* (SAR) C-Band Sentinel-1 memiliki kemampuan menembus awan dan melakukan akuisisi citra siang dan malam (Fichtner et al., 2023). Penggunaan radar pada Sentinel-1 memiliki keunggulan untuk diterapkan dalam mendeteksi zona banjir di Indonesia karena kemampuannya menembus awan yang merupakan masalah utama di negara tropis (Wijaya et al., 2023).

METODE

Lokasi dan Data

Penelitian dilakukan di Kota Bandung (**Gambar 1**), yang merupakan pusat pemerintahan

Provinsi Jawa Barat, dengan ketinggian 768 meter di atas permukaan laut. Kota ini dikelilingi oleh pegunungan yang membentang dari utara ke selatan, membentuk sebuah cekungan yang menjadi lokasi kota ini berdiri (Salma, 2023). Dengan luas wilayah 167,67 km², Kota Bandung berbatasan dengan Cimahi di barat, Bandung Barat di utara, serta Kabupaten Bandung di selatan dan timur. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari laptop, *Google Earth Engine*, QGIS 3.4, *Microsoft Excel*, citra Sentinel-1, dan sebaran fasilitas publik di Kota Bandung.

Pengambilan Data

Metode deteksi banjir menggunakan citra satelit terus berkembang, dari metode sederhana seperti interpretasi visual, deteksi perubahan, algoritma pertumbuhan wilayah, ambang histogram, hingga klasifikasi *supervised* dan *unsupervised* (Sherpa & Shirzaei, 2022). Dalam situasi darurat seperti bencana banjir, kecepatan respons dalam pemetaan wilayah berdampak sangatlah krusial. Citra radar Sentinel-1, bersama dengan citra radar komersial lainnya, menawarkan solusi yang efektif untuk menghasilkan peta banjir secara *real-time* atau mendekati *real-time* (Tazmul Islam & Meng, 2022).

Deteksi dan pemetaan banjir didasarkan pada data mode *Interferometri Wide Swath* (IW) Sentinel-1 yang direkam secara rutin, termasuk polarisasi VV dan VH. Produk data Level-1 IW *Ground Range Detected* (GRD) yang sesuai dengan kriteria yang ditentukan pengguna, lokasi, dan waktu, diunduh melalui API dari *ESA Copernicus Open Access Hub* (McCormack et al., 2022).

Data sebaran fasilitas publik di Kota Bandung diperoleh melalui *geotagging*. *Geotagging* merupakan teknik yang digunakan untuk menandai data digital dengan informasi lokasi yang tepat. Dengan menyisipkan metadata geografis, data dapat dikaitkan dengan posisi geografis yang spesifik di permukaan bumi

Koreksi Radiometrik

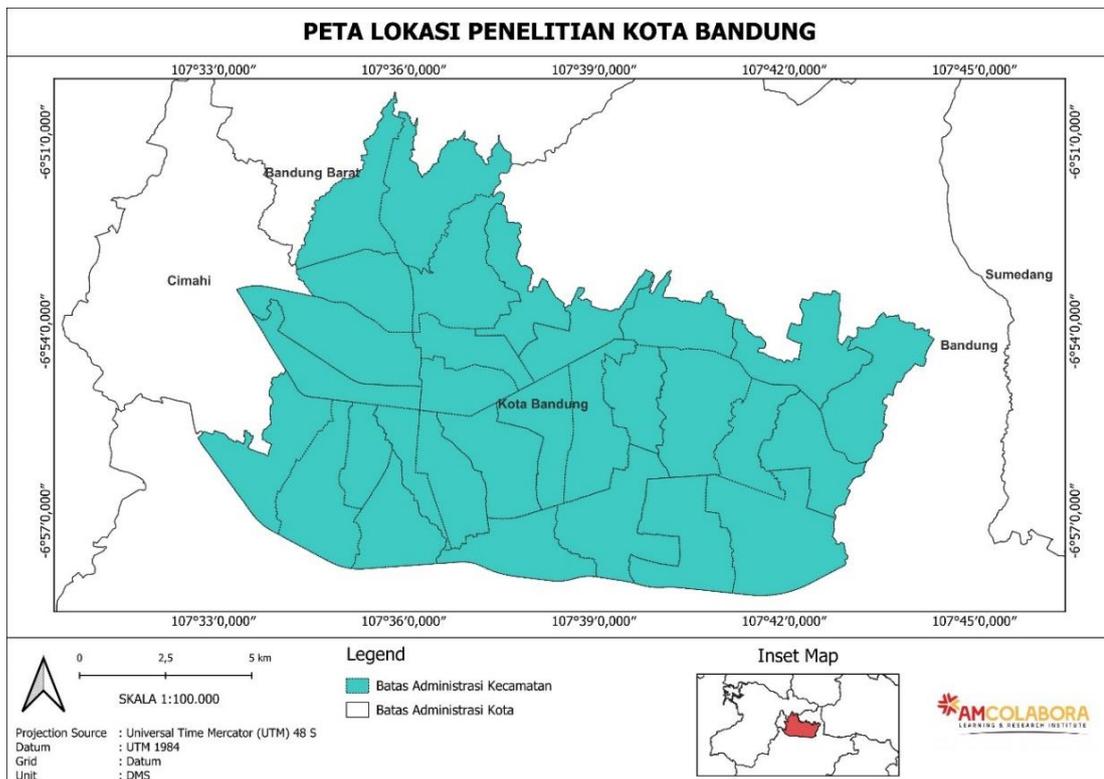
Sebagian besar piksel Sentinel-1 memiliki nilai hamburan balik yang rendah. Mereka telah diproses sebelumnya dengan mengubah nilai hamburan balik dari skala linier menjadi logaritmik dalam desibel (dB) yang disediakan dalam katalog data *Google Earth Engine*. Persamaan yang diterapkan untuk konversi radiometrik adalah sebagai berikut.

$$\sigma_{0dB} = 10 \cdot \log_{10} \sigma_0 \dots \dots \dots (1)$$

keterangan

σ_{0dB} = citra hamburan balik dalam dB,

σ_0 = citra *sigma nought*



Gambar 1. Lokasi penelitian.

Jumlah sinyal hamburan balik yang dikembalikan ke sensor oleh fitur atau objek ditentukan oleh struktur fitur atau objek tersebut. Jumlah hamburan balik yang dikembalikan ke sensor juga dapat bervariasi berdasarkan polarisasi. Selain polarisasi VV dan VH, berbagai kombinasi dari kedua saluran ini digunakan dalam penelitian ini untuk mengeksplorasi potensi kontribusi data SAR untuk pemetaan banjir perkotaan.

Speckle Filter

Proses *speckle filter* diterapkan pada citra Sentinel-1 Level 1 GRD untuk mengurangi *noise*, menghasilkan citra yang lebih halus (Conde & De Mata Muñoz, 2019). Proses pengurangan *noise speckle* dilakukan dengan mengubah tampilan permukaan citra, namun informasi mengenai lokasi dan bentuk objek dalam citra tetap dipertahankan.

Penggunaan *Lee filter* pada *window size 7x7* memberikan hasil yang lebih halus dengan menggunakan variasi perbedaan hamburan balik antara pengambilan gambar sebelum dan sesudah siklon. Dalam berbagai ilustrasi, area banjir tampak gelap sementara area non-banjir atau wilayah tanpa perubahan tampak berwarna abu-abu (Chakma & Akter, 2021).

Metode Otsu Automatic Thresholding

Analisis perbedaan citra dan *image thresholding* merupakan teknik untuk mendeteksi perubahan yang umum digunakan untuk data

multitemporal, khususnya untuk data interval atau rasio (Mishra et al., 2017). Penentuan *thresholding* yang memisahkan area banjir dan non-banjir dilakukan secara empiris melalui serangkaian uji coba dengan memperhatikan histogram dan tampilan visual citra. Mengidentifikasi *local threshold* menjadi sulit terutama untuk pemetaan banjir skala besar menggunakan citra Sentinel-1 SAR. Hal ini karena beberapa faktor seperti luas area banjir dan permukaan non-banjir, badan air yang tertutup vegetasi, karakteristik tanah, dan topografi lokal dapat mempengaruhi deteksi karakteristik banjir ketika menerapkan nilai ambang batas yang berbeda (Tamiru Haile et al., 2023).

Segmentasi citra adalah salah satu teknik dasar dalam pemrosesan, pemahaman, dan deskripsi citra. Di antara semua teknik segmentasi, metode *thresholding segments* adalah salah satu algoritma paling populer yang banyak digunakan dalam segmentasi citra (Kahaki et al., 2020). *Thresholding segments* membaginya menjadi dua kelas: 1 dan 0. Citra skala abu-abu akan dikonversi menjadi citra biner. Dalam banyak penelitian, nilai ambang antara area banjir dan non-banjir telah ditentukan dengan metode *trial-and-error* (Rahman & Thakur, 2018).

Otsu adalah salah satu metode *thresholding* yang paling praktis. Otsu telah terbukti menjadi pendekatan yang efektif dalam penentuan batas banjir dalam berbagai jenis citra satelit, terutama citra SAR (Zhang et al., 2020). Otsu *thresholding* berfungsi untuk memisahkan (*clustering*) data menjadi 2 kelas. Metode ini memaksimalkan perbedaan antara varian kelas dari dua segmen

dan meminimalkan varian dalam kelas (Otsu, 1979). Dalam penelitian ini, algoritma otomatis Otsu digunakan untuk memisahkan area banjir dan non-banjir dalam pengolahan citra Sentinel-1 melalui *Google Earth Engine*. Penelitian Moharrami et al. (2021) menghitung *threshold* optimal (t) yang ditandai oleh varian antar-kelas C1 (misalnya, area non-banjir) dan C2 (misalnya, area banjir) menggunakan **Persamaan (2), (3), dan (4)**.

$$\sigma^2 = P_{c1} \times (M_{c1} - M)^2 + P_{c2}(M_{c2} - M)^2 \dots\dots\dots(2)$$

$$M = P_{c1} \times M_{c1} + P_{c2} \times M_{c2} \dots\dots\dots(3)$$

$$P_{c1} + P_{c2} = 1 \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- σ^2 = varian antar-kelas dari C1 dan C2
- M = nilai rata-rata indeks citra
- P_{c1} dan P_{c2} = kemungkinan penempatan piksel dalam kelas C1 dan C2
- M_{c1} dan M_{c2} = nilai rata-rata piksel C1 dan C2.

$$t^* = \text{ArgMax}_{a < b} \{P_{c1} \times (M_{c1} - M)^2 + P_{c2}(M_{c2} - M)^2\} \dots\dots\dots(5)$$

Nilai *threshold* yang dihitung pada **Persamaan (5)** diterapkan pada setiap *scene*. Citra tersebut disegmentasikan menjadi area banjir (air) dan non-banjir (non-air) melalui *platform Google Earth Engine*.

SAR Polarisasi

Polarisasi didefinisikan berdasarkan komponen gelombang elektromagnetik yang memiliki struktur geometris tertentu, terkait dengan arah rambat pada sumbu vertikal dan horizontal dengan sistem koordinat spesifik yang ditentukan oleh sisi panjang dan pendek antena radar. Polarisasi menggambarkan orientasi dan bentuk pola yang dibentuk oleh ujung vektor yang menunjukkan panjang vektor dan laju rotasi vektor; panjang vektor diambil dari panjang gelombang, sedangkan laju rotasi vektor dari frekuensi gelombang.

Polarimetri SAR digunakan untuk deteksi banjir dengan cara mengidentifikasi pengukuran hamburan balik yang rendah. Prinsipnya adalah permukaan air terbuka yang tenang akan tampak datar saat terkena radiasi SAR pita-C, sehingga energi yang diterima akan rendah dan kontras dengan permukaan daratan. Untuk mendeteksi vegetasi yang tergenang, diperlukan dua polarisasi SAR, yaitu VV dan VH. Citra SAR VV/HH yang terpolarisasi bersama lebih disukai daripada citra SAR VH/HV yang terpolarisasi silang. Hal ini karena citra terpolarisasi silang memiliki noise, dan variasi nilai hamburan radar lebih sedikit.

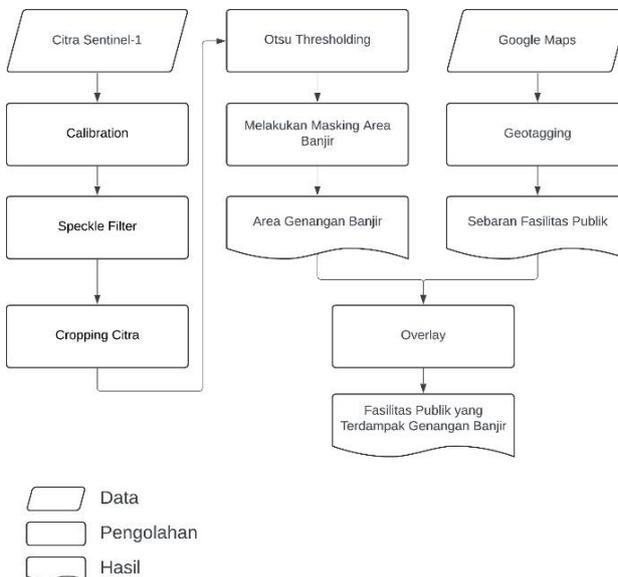
Gelombang terpolarisasi ini dihasilkan oleh antena yang didesain dalam sistem radar untuk

mengirim dan menerima gelombang elektromagnetik, dengan dua polarisasi dasar yang paling umum adalah linier horizontal (H) dan linier vertikal (V). Dalam sistem radar, polarisasi transmisi dan penerimaan ini ditunjukkan oleh pasangan simbol yang memungkinkan saluran berupa: VV – transmisi vertikal dan penerimaan vertical dan VH – transmisi vertikal dan penerimaan horizontal

Diagram Alir

Teknik *overlay* dalam diagram alir (**Gambar 2**) digunakan untuk mengidentifikasi fasilitas publik yang terdampak oleh genangan banjir dengan menggabungkan data genangan banjir dan data sebaran fasilitas publik. Data genangan banjir diperoleh dari citra Sentinel-1 yang telah melalui proses kalibrasi, *filtering*, dan *thresholding* (Otsu *Thresholding*) untuk menghasilkan peta genangan banjir. Sementara itu, data fasilitas publik didapatkan melalui *geotagging* dari *Google Maps*.

Proses *overlay* dilakukan dengan menggabungkan *layer* area genangan banjir dan sebaran fasilitas publik untuk menemukan lokasi fasilitas yang berada di dalam atau beririsan dengan area banjir. Hasil *overlay* ini adalah peta yang menunjukkan fasilitas publik terdampak, yang berguna untuk analisis dampak banjir dan perencanaan mitigasi.



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebaran Fasilitas Publik

Tabel 1 menunjukkan jumlah fasilitas publik di Kota Bandung. Kota Bandung memiliki jumlah fasilitas publik yang cukup memadai. Terdapat 57 fasilitas kesehatan, 465 fasilitas pendidikan, 193 fasilitas pemerintahan, dan 671 tempat ibadah.

Tabel 1. Jumlah Fasilitas Publik.

Jenis Fasilitas Publik	Jumlah
Fasilitas Kesehatan	57
Fasilitas Pendidikan	465
Pemerintahan	193
Tempat Beribadah	671

sumber hasil pengolahan, 2024

Peta pada **Gambar 3** menunjukkan sebaran fasilitas publik di Kota Bandung, yang mencakup fasilitas kesehatan, pendidikan, pemerintahan, dan tempat beribadah. Peta ini memetakan fasilitas-fasilitas tersebut dalam batas administrasi kecamatan di Kota Bandung. Fasilitas kesehatan, yang ditandai dengan simbol lingkaran merah pada peta, tersebar merata di seluruh wilayah Kota Bandung. Sebagian besar fasilitas ini terkonsentrasi di pusat kota dan wilayah barat, mencerminkan area yang lebih padat penduduk. Sebaliknya, wilayah selatan dan beberapa bagian di timur memiliki kepadatan fasilitas kesehatan yang lebih rendah.

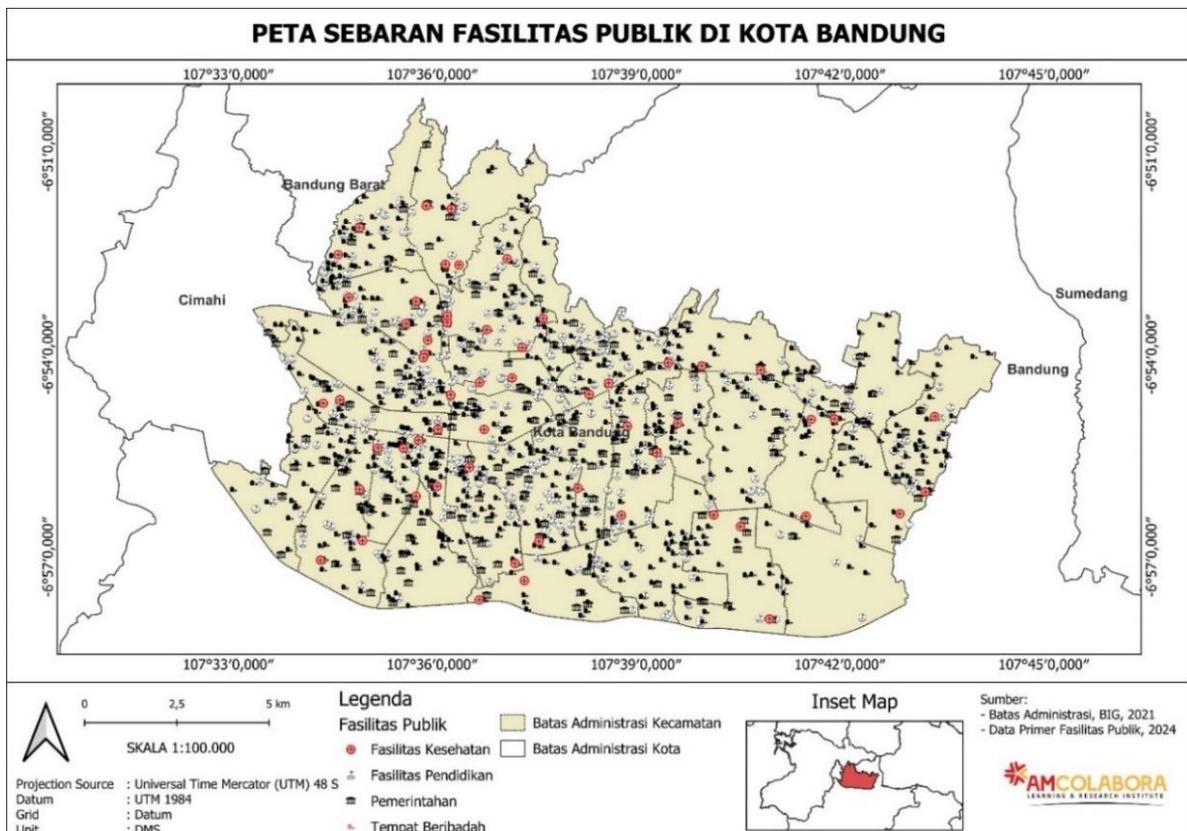
Fasilitas pendidikan, yang diwakili oleh simbol buku terbuka, juga tersebar luas di Kota Bandung. Ada kecenderungan konsentrasi tinggi di wilayah tengah dan utara kota, yang mencerminkan area dengan populasi siswa yang lebih tinggi. Wilayah barat dan selatan memiliki jumlah fasilitas pendidikan yang lebih sedikit. Fasilitas pemerintahan ditandai dengan simbol bendera di peta. Sebagian besar fasilitas pemerintahan

terkonsentrasi di pusat kota Bandung, yang merupakan pusat administrasi dan layanan publik utama. Ini wajar mengingat pusat kota adalah lokasi strategis untuk kantor pemerintahan agar mudah diakses oleh masyarakat luas.

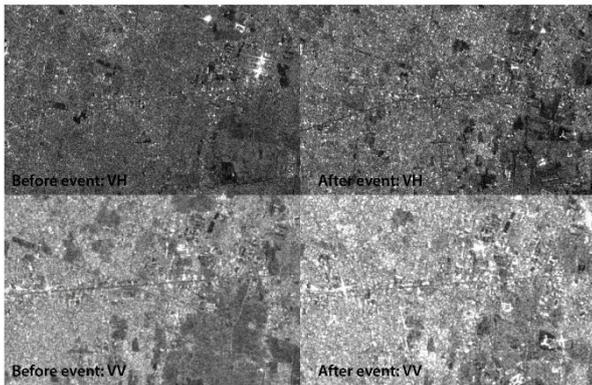
Tempat beribadah, yang ditandai dengan simbol rumah, menunjukkan distribusi yang cukup merata di seluruh Kota Bandung. Ini menunjukkan bahwa akses ke tempat ibadah cukup baik dan tersebar di seluruh wilayah. Secara keseluruhan, distribusi fasilitas publik di Kota Bandung cenderung terkonsentrasi di pusat kota, dengan akses yang lebih terbatas di beberapa wilayah pinggiran.

Genangan Banjir di Kota Bandung

Banyak penelitian sebelumnya yang telah menggunakan platform *Google Earth Engine* yang memiliki ketersediaan data yang beragam, termasuk data Sentinel-1 GRD yang diperbarui secara berkala (DeVries et al., 2024). Penggunaan SAR dari Sentinel-1 menjadi keunggulan untuk pemetaan banjir karena kemampuannya untuk memberikan pengamatan secara berkala, bahkan di bawah kondisi cuaca buruk (Ward et al., 2014). Wilayah yang tergenang banjir dapat dengan mudah dideteksi oleh citra SAR sebagai area berwarna gelap akibat sinyal hamburan balik (*backscatter*) yang rendah, sehingga memudahkan pemisahan dengan tutupan lahan lainnya seperti pertanian dan bangunan (Singha et al., 2020).



Gambar 3. Peta sebaran fasilitas publik di Kota Bandung



Gambar 4. Citra sentinel-1 polarisasi VV dan VH.

Polarisasi VV dan VH pada citra radar Sentinel-1 menghasilkan hasil yang berbeda tentang permukaan bumi (Gambar 4). Polarisasi VV sensitif terhadap permukaan halus seperti air tenang, sehingga area yang tergenang air akan terlihat lebih gelap pada citra ini. Polarisasi VH lebih sensitif terhadap permukaan kasar, sehingga dapat mendeteksi gelombang pada permukaan air. Perbandingan citra sebelum dan sesudah banjir menunjukkan perubahan signifikan pada area yang tergenang, terutama pada citra VV. Area daratan yang terdampak banjir juga terdeteksi melalui perubahan intensitas pada citra VV.

Pengolahan citra satelit Sentinel-1 dilakukan untuk memetakan dan menganalisis genangan banjir sepanjang tahun 2023 hingga awal tahun 2024. Citra Sentinel-1 yang diambil sebelum dan sesudah kejadian banjir di Kota Bandung untuk melakukan pengolahan dan menghasilkan peta

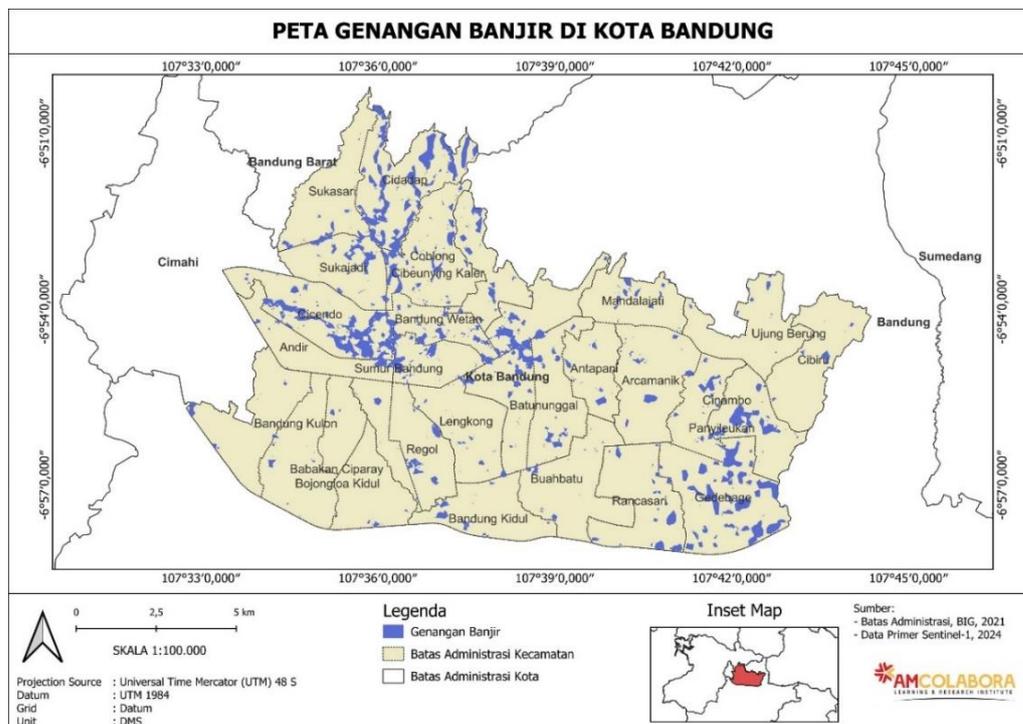
genangan. Selanjutnya, peta-peta genangan tersebut dilakukan *overlay* untuk melihat luasan dan lokasi genangan dari bulan Agustus 2023 hingga Februari 2024. Tabel 2 menampilkan gambaran mengenai luas wilayah di Kota Bandung yang terdampak dan tidak terdampak banjir. Data ini menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Kota Bandung relatif aman dari banjir, namun ada area seluas 1.247,23 hektare yang sering mengalami genangan.

Tabel 2. Klasifikasi wilayah.

Klasifikasi	Luas (ha)
Wilayah Terdampak Banjir	1.247,23
Wilayah Tidak Terdampak	15.579,49

sumber hasil pengolahan, 2024

Peta genangan banjir di Kota Bandung (Gambar 5) menampilkan distribusi area yang tergenang berdasarkan data dari citra Sentinel-1. Area yang tergenang banjir ditunjukkan dalam warna biru pada peta. Banjir merupakan salah satu permasalahan serius di Kota Bandung, terutama karena topografi dan pola aliran air yang menyebabkan akumulasi air di beberapa titik. Genangan banjir tersebar di berbagai wilayah Kota Bandung dengan konsentrasi yang lebih tinggi di bagian utara dan timur kota. Beberapa area di selatan juga menunjukkan genangan banjir yang signifikan. Selain itu, wilayah dekat sungai atau aliran air lainnya juga menunjukkan kecenderungan genangan banjir.



Gambar 5. Peta genangan banjir di Kota Bandung.

Fasilitas Publik yang Terdampak Genangan Banjir

Fasilitas pendidikan mengalami dampak paling signifikan dengan jumlah terbanyak yang tergenang banjir, yaitu 465 fasilitas. Hal ini menunjukkan bahwa sektor pendidikan di Kota Bandung sangat rentan terhadap bencana banjir. Tempat ibadah juga menjadi salah satu jenis fasilitas publik yang paling banyak terdampak, dengan jumlah mencapai 671. Ini mengindikasikan bahwa aktivitas keagamaan masyarakat juga terganggu oleh bencana banjir. Meskipun jumlahnya lebih sedikit dibandingkan dengan fasilitas pendidikan dan tempat ibadah, fasilitas kesehatan dan pemerintahan juga mengalami dampak yang cukup signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa layanan kesehatan dan pemerintahan juga terganggu akibat banjir. Secara keseluruhan, terdapat 1386 fasilitas publik yang terdampak banjir. Jumlah ini menunjukkan bahwa bencana banjir telah menyebabkan gangguan yang luas terhadap berbagai aspek kehidupan masyarakat di Kota Bandung.

Di Kota Bandung, genangan banjir berdampak pada berbagai fasilitas publik, dengan perincian 57 fasilitas kesehatan, 465 fasilitas pendidikan, 193

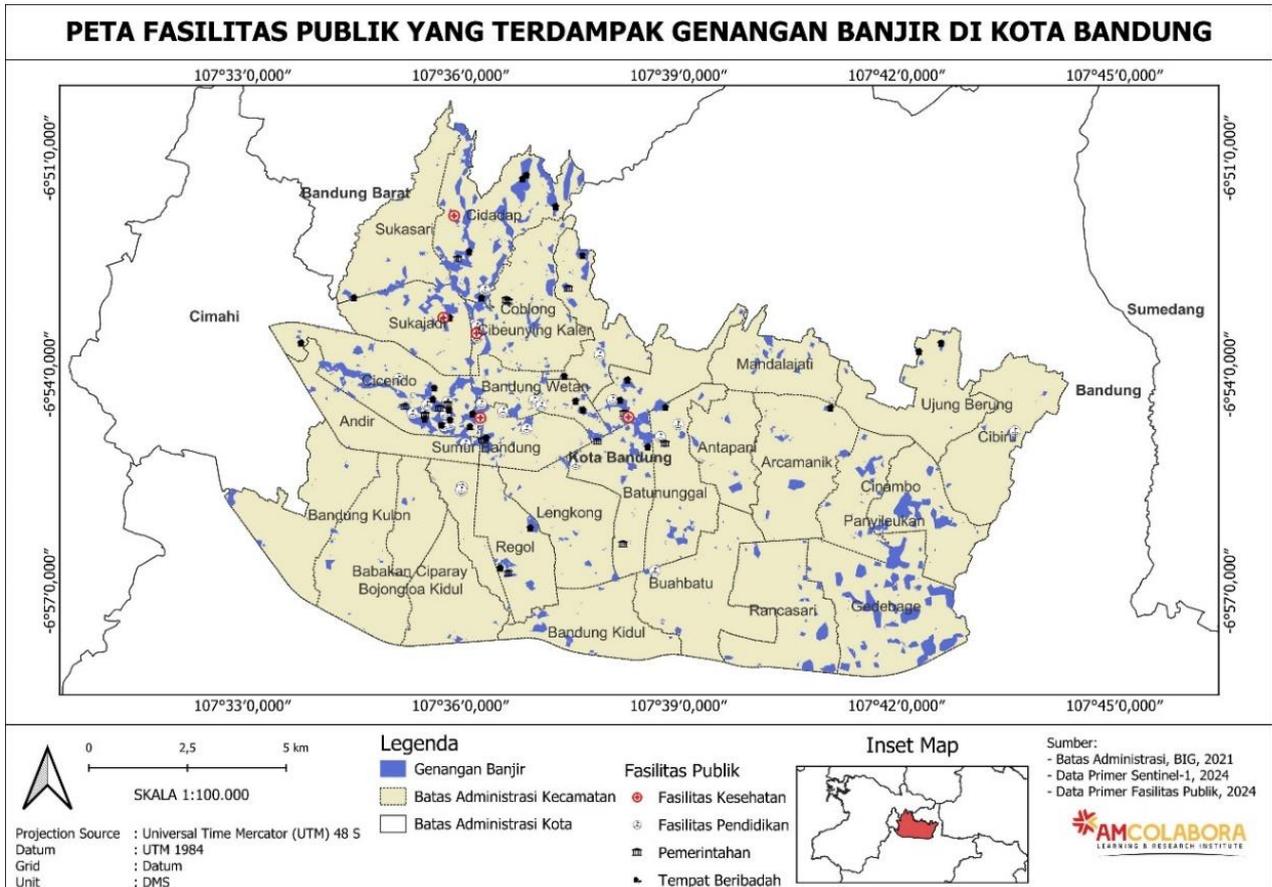
fasilitas pemerintahan, dan 671 tempat beribadah yang terdampak (**Tabel 3**).

Tabel 3. Fasilitas publik yang terdampak.

Jenis Fasilitas Publik	Jumlah yang Tergenang Banjir
Fasilitas Kesehatan	57
Fasilitas Pendidikan	465
Pemerintahan	193
Tempat Beribadah	671

sumber hasil pengolahan, 2024

Berbagai jenis fasilitas publik seperti fasilitas kesehatan, pendidikan, pemerintahan, dan tempat ibadah teridentifikasi terdampak genangan banjir (**Gambar 6**). Beberapa fasilitas publik lebih sering terdampak dibandingkan dengan yang lainnya. Genangan banjir dapat mengganggu fungsi fasilitas publik, menyebabkan kerusakan infrastruktur, dan menghambat akses masyarakat terhadap layanan publik. Fasilitas kesehatan yang terdampak dapat menghambat pelayanan kesehatan darurat dan menyebabkan penyebaran penyakit. Sekolah yang terendam dapat mengganggu proses belajar-mengajar dan menyebabkan kerugian ekonomi bagi masyarakat.



Gambar 6. Peta fasilitas publik yang terdampak genangan banjir di Kota Bandung.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis citra satelit Sentinel-1, penelitian ini mengidentifikasi dan memetakan Kota Bandung yang tergenang banjir, serta menganalisis dampaknya terhadap fasilitas publik. Genangan banjir di Kota Bandung mencapai 1.247,23 ha dan jumlah fasilitas publik yang terdampak berjumlah 1.386.

Hasil pengolahan citra menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dalam mendeteksi genangan air saat menggunakan polarisasi VV dan VH. Hasil ini mengindikasikan bahwa karakteristik permukaan air yang berbeda dapat terdeteksi lebih baik oleh polarisasi tertentu. Penelitian selanjutnya diharapkan untuk menganalisis perbedaan polarisasi VV dan VH.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Amcolabora Institute, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Badan Informasi Geospasial (BIG), European Space Agency (ESA), dan Google Maps atas dukungan data yang sangat berharga untuk penelitian ini. Data citra satelit Sentinel-1 dari ESA, data peta dasar dari BIG, serta data fasilitas public dari Google Maps telah memberikan kontribusi untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

A Rosyidie. (2013). *Banjir: fakta dan dampaknya, serta pengaruh dari perubahan guna lahan*. Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota, 24(3), 241–249. <http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=631170&val=7386&title=Banjir%20Fakta%20dan%20Dampaknya%20Serta%20Pengaruh%20dari%20Perubahan%20Guna%20Lahan>

Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2023, August 16). *Data Informasi Bencana Indonesia*. Statistik Jumlah Kejadian Bencana. <https://dibi.bnpb.go.id/>

Chakma, P., & Akter, A. (2021). *Flood Mapping in the Coastal Region of Bangladesh Using Sentinel-1 SAR Images: A Case Study of Super Cyclone Amphan*. Journal of the Civil Engineering Forum, 7(3), 267. <https://doi.org/10.22146/JCEF.64497>

Conde, F. C., & De Mata Muñoz, M. (2019). *Flood Monitoring Based on the Study of Sentinel-1 SAR Images: The Ebro River Case Study*. Journal of Water MDPI, 1-25., 11(12), 1–25. <https://doi.org/10.3390/W11122454>

DeVries, B., Huang, C., Armston, J., Huang, W., Jones, J. W., & Lang, M. W. (2020). *Rapid and robust monitoring of flood events using Sentinel-1 and Landsat data on the Google Earth Engine*. Remote Sensing of Environment, 240, 111664. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111664>

EXIMAP. (2007). Handbook on good practices for flood mapping in Europe.

Fichtner, F., Mandery, N., Wieland, M., Groth, S., Martinis, S., & Riedlinger, T. (2023). *Time-series analysis of Sentinel-1/2 data for flood detection using a discrete global grid system and seasonal decomposition*. International Journal of Applied Earth Observation

and Geoinformation, 119. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103329>

Fitriani, I. D., Zulkarnaen, W., & Bagianto, A. (2021). *Analisis Manajemen Mitigasi Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Terhadap Bencana Alam Erupsi Gunung Tangkuban Parahu di Jawa Barat*. Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi, & Akuntansi (MEA), 5(1), 91–111. <https://doi.org/10.31955/MEA.V5I1.689>

Kahaki, S. M. M., Nordin, M. J., Ahmad, N. S., Arzoky, M., & Ismail, W. (2020). *Deep convolutional neural network designed for age assessment based on orthopantomography data*. Neural Computing and Applications, 32(13), 9357–9368. <https://doi.org/10.1007/S00521-019-04449-6/METRICS>

Kushardono, D., & Arief, R. (2020). *Pemanfaatan Data Satelit Radar untuk Wilayah Darat di Indonesia: Peluang dan Tantangan*. In Penerbit BRIN. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. <https://doi.org/10.14203/PRESS.243>

McCormack, T., Campagna, J., & Naughton, O. (2022). *A methodology for mapping annual flood extent using multi-temporal Sentinel-1 imagery*. Remote Sensing of Environment, 282. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.113273>

Mishra, S., Shrivastava, P., & Dhurvey, P. (2017). *Change Detection Techniques in Remote Sensing: A Review*. International Journal of Wireless and Mobile Communication for Industrial Systems, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.21742/ijwmcis.2017.4.1.01>

Moharrami, M., Javanbakht, M., and, S. A.-E. monitoring, & 2021, undefined. (2021). *Automatic flood detection using sentinel-1 images on the google earth engine*. Springer, 193(5). <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09037-7>

Otsu, N. (1979). *Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms*. IEEE Trans Syst Man Cybern, SMC-9(1), 62–66. <https://doi.org/10.1109/TSMC.1979.4310076>

Rahman, M. R., & Thakur, P. K. (2018). *Detecting, mapping and analysing of flood water propagation using synthetic aperture radar (SAR) satellite data and GIS: A case study from the Kendrapara District of Orissa State of India*. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 21, S37–S41. <https://doi.org/10.1016/J.EJRS.2017.10.002>

Salma, G. Y. (2023). *Kajian Spasial Zonasi Ketersediaan Air Tanah di Kota Bandung Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process*. <http://repository.upi.edu/115342/>

Sherpa, S. F., & Shirzaei, M. (2022). *Country-wide flood exposure analysis using Sentinel-1 synthetic aperture radar data: Case study of 2019 Iran flood*. Journal of Flood Risk Management, 15(1). <https://doi.org/10.1111/JFR3.12770>

Singha, M., Dong, J., Sarmah, S., You, N., Zhou, Y., Zhang, G., ... & Xiao, X. (2020). *Identifying floods and flood-affected paddy rice fields in Bangladesh based on Sentinel-1 imagery and Google Earth Engine*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 166, 278–293. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.06.011>

Tamiru Haile, A., Worku Bekele, T., & Rientjes, T. (2023). *Interannual comparison of historical floods through flood detection using multi-temporal Sentinel-1 SAR images, Awash River Basin, Ethiopia*. International

- Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 124. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103505>
- Taufik, R., Citra Dewi, P., Widina, K., & Anwar, A. (2021). *Analisis Banjir di Kota Bandung dengan Pemodelan Sistem Rich Picture Diagram*. Jurnal Inovasi Masyarakat, 1(2), 202–210. <https://doi.org/10.33197/jim.vol1.iss2.2021.844>
- Tavus, B., Kocaman, S., Nefeslioglu, H. A., & Gokceoglu, C. (2020). *A fusion approach for flood mapping using sentinel-1 and sentinel-2 datasets*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2020-641-2020>
- Tazmul Islam, M., & Meng, Q. (2022). *An exploratory study of Sentinel-1 SAR for rapid urban flood mapping on Google Earth Engine*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 113. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.103002>
- Tong, X., Luo, X., Liu, S., Xie, H., Chao, W., Liu, S., Liu, S., Makhinov, A. N., Makhinova, A. F., & Jiang, Y. (2018). *An approach for flood monitoring by the combined use of Landsat 8 optical imagery and COSMO-SkyMed radar imagery*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 136, 144–153. <https://doi.org/10.1016/J.ISPRSJPRS.2017.11.006>
- Ward, D. P., Petty, A., Setterfield, S. A., Douglas, M. M., Ferdinands, K., Hamilton, S. K., & Phinn, S. (2014). *Floodplain inundation and vegetation dynamics in the Alligator Rivers region (Kakadu) of northern Australia assessed using optical and radar remote sensing*. Remote Sensing of Environment, 147, 43–55. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.009>
- Wijaya, M. S., Syamsuri, U. A., Irawan, I. Z., Widayani, P., Danoedoro, P., & Murti, S. H. (2023). *The Compatibility Study of Sentinel 1 Multitemporal Analysis for River-Flood Detection, Study Case: Bogowonto River*. Journal of Applied Geospatial Information, 7(2), 853–860. <https://doi.org/10.30871/JAGI.V7I2.5365>
- Zhang, W., Hu, B., & Brown, G. S. (2020). *Automatic Surface Water Mapping Using Polarimetric SAR Data for Long-Term Change Detection*. Water, 12(3), 872. <https://doi.org/10.3390/W12030872>

Halaman ini sengaja kami kosongkan