



Pemanfaatan Citra Sentinel-1 SAR dan Metode *Change Detection Approach* Untuk Analisis Sebaran Spasial Wilayah Banjir dan Area Terdampak (Studi Kasus: Banjir Kabupaten Aceh Utara 2022)

(Utilization of Sentinel-1 SAR Imagery and Change Detection Approach Method for Spatial Distribution Analysis of Flood Areas and Affected Areas (Case Study: Floods of North Aceh District 2022))

Favian Adith Budiarto, Filsa Bioresita

Departemen Teknik Geomatika, FTSPK Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Penulis Korespondensi: Filsa Bioresita | Email: filsa_b@geodesy.its.ac.id

Diterima (Received): 01/Aug/23 Direvisi (Revised): 17/Dec/23 Diterima untuk Publikasi (Accepted): 18/Dec/23

ABSTRAK

Secara global, terdapat 51,6% kerusakan yang disebabkan oleh bencana banjir dari total kerusakan akibat bencana alam. Banjir dianggap sebagai jenis bencana yang paling mahal dalam hal kerusakan properti dan korban jiwa. Pada awal bulan Oktober 2022, bencana banjir melanda Kabupaten Aceh Utara. Tercatat sebanyak 52.449 jiwa dari 15.499 KK terdampak banjir, di mana 41.120 jiwa di antaranya terpaksa mengungsi. Terkait dengan hal tersebut, pemantauan bencana banjir sangat penting untuk dilakukan. Salah satu cara untuk melakukan pemantauan bencana banjir adalah dengan melakukan identifikasi wilayah banjir. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan citra Sentinel-1 SAR (*Synthetic Aperture Radar*). Citra Sentinel-1 adalah citra SAR yang tersedia secara bebas dengan resolusi spasial dan temporal yang tinggi, sehingga berpotensi untuk memfasilitasi pemantauan wilayah banjir yang dinamis. *Change detection approach* dengan metode *threshold* dipercaya dapat mengekstrak wilayah banjir dari citra Sentinel-1 SAR secara efektif dan akurat. Dalam penelitian ini, sebaran banjir diekstrak dari data Sentinel-1 SAR polarisasi VH dengan mendeteksi perubahan nilai piksel citra Sentinel-1 SAR pada sebelum terjadinya banjir dan saat terjadinya banjir. Nilai *threshold* kemudian diaplikasikan untuk memisahkan objek banjir dan non banjir. Dilakukan pula estimasi area terdampak pada area persawahan dan permukiman. Hasil akhir dari penelitian ini adalah peta sebaran banjir dan peta area terdampak banjir yang terjadi pada 8 dan 20 Oktober 2022. Luas sebaran banjir pada 8 dan 20 Oktober 2022 secara berurutan adalah 12.331,309 ha dan 6.070,184 ha. Uji validasi banjir 8 dan 20 Oktober 2022 pada penelitian ini diperoleh nilai akurasi 97% dan 98% dengan koefisien Cohen's Kappa sebesar 0,84 dan 0,89.

Kata Kunci: Banjir, Sentinel-1, Synthetic Aperture Radar, Change Detection Approach, Kabupaten Aceh Utara.

ABSTRACT

Globally, floods account for 51.6% of the total damage caused by natural disasters. Floods are considered the most costly type of disaster in terms of property damage and loss of life. In early October 2022, a flood hit North Aceh District, affecting 52,449 people from 15,499 households, with 41,120 people forced to flee. Considering this, flood disaster monitoring is crucial. One effective method to monitor floods is by identifying flood areas, which can be achieved using Sentinel-1 SAR (*Synthetic Aperture Radar*) imagery. Sentinel-1 imagery offers freely available SAR imagery with high spatial and temporal resolution, making it ideal for dynamic flood area monitoring. The change detection approach, using the threshold method, is believed to be effective and accurate in extracting flood areas from Sentinel-1 SAR images. In this study, the flood distribution was extracted from VH polarized Sentinel-1 SAR data by detecting changes in the pixel values before and during the flood. The threshold value was then applied to distinguish between flooded and non-flooded objects. Additionally, estimates of the affected area were carried out in rice fields and urban areas. The final result of this research is a map showing the distribution of floods and a map of the areas affected by the floods that occurred on 8 and 20 October 2022. The flood distribution on 8 and 20 October 2022 was 12,331.309 ha and 6,070.184 ha, respectively. The flood validation test on October 8 and 20, 2022, obtained an accuracy value of 97% and 98%, with Cohen's Kappa coefficients of 0.84 and 0.89, respectively.

Keywords: Floods, Sentinel-1, Synthetic Aperture Radar, Change Detection Approach, North Aceh Regency.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang rawan akan terjadinya bencana alam. Bencana alam merupakan serangkaian peristiwa alam yang terjadi secara tiba-tiba (seperti badai, tornado, atau banjir) dan menyebabkan korban jiwa serta kerusakan serius (Meriam Webster, n.d). Oleh karena itu, bencana alam menyebabkan gangguan serius terhadap fungsi suatu masyarakat yang menimbulkan kerugian bagi manusia, materi, ekonomi, atau lingkungan luas di mana masyarakat tidak dapat memulihkan dengan sumber dayanya sendiri (UNISDR, 2009; Pratiwi & Santosa, 2021).

Terdapat 51,6% kerusakan yang disebabkan oleh bencana banjir dari total kerusakan akibat bencana alam secara global selama tahun 2021 (CRED, 2022). Per 10 Oktober 2022, tercatat sebanyak 2.740 bencana alam telah terjadi di Indonesia sejak 1 Januari-10 Oktober 2022. Dari jumlah data tersebut, bencana alam banjir menjadi bencana alam yang paling sering melanda Indonesia dengan total kejadian sebanyak 1.096 kali (BNPB, 2022).

Banjir didefinisikan sebagai keadaan di mana terendamnya suatu daratan atau wilayah akibat volume air yang meningkat (BNPB, 2004). Pada definisi yang lain, banjir merupakan suatu keadaan di mana terhambat atau tidak tertampungnya air pada saluran air, sehingga meluap dan menggenangi daratan (Suripin, 2003)

Pada awal Oktober 2022, intensitas hujan lebat melanda wilayah Kabupaten Aceh Utara dan menimbulkan banjir setinggi 50-100 cm. Bencana banjir tersebut terjadi akibat intensitas hujan tinggi yang menyebabkan meluapnya air aliran Krueng (sungai) Keureuto dan Krueng Pirak. Luapan air sungai juga menggenangi rumah masyarakat dan lahan persawahan (Syahputra, 2022). Berdasarkan data yang dilaporkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) dan Badan Penanggulangan Bencana Aceh (BPPA), total warga yang terdampak akibat bencana banjir di Kabupaten Aceh Utara mencapai 52.499 jiwa dalam 15.499 kepala keluarga, di mana 41.120 jiwa dalam 12.598 kepala keluarga terpaksa harus mengungsi (Surry, 2022).

Untuk mengidentifikasi dan menghitung estimasi luasan banjir di Kabupaten Aceh Utara secara cepat, maka dilakukan pemetaan wilayah terdampak banjir menggunakan teknik akuisisi data citra satelit penginderaan jauh. Pemanfaatan satelit penginderaan jauh terbukti efektif dalam memetakan area banjir (Notti et al., 2018). Ketersediaan data citra satelit penginderaan jauh yang gratis dalam beberapa tahun terakhir memberikan peningkatan signifikan untuk memproduksi peta bencana banjir dengan biaya yang rendah di seluruh dunia (Notti et al., 2018).

Pada penelitian ini, digunakan data citra satelit Sentinel-1 SAR sebagai data utama untuk analisis spasial dan identifikasi area wilayah banjir. Data citra Sentinel-1 SAR diolah dengan metode *change detection approach* dan

pengaplikasian nilai *threshold* (ambang batas) untuk mengekstraksi objek banjir. Polarisasi yang digunakan pada penelitian ini adalah VH atau *cross-polarization*. Polarisasi VH dipilih karena polarisasi tersebut memiliki respon backscatter yang memadai untuk memetakan banjir dan memiliki potensi yang lebih baik dalam membedakan badan air dan non badan air (Manjusree et al., 2012). Kelebihan polarisasi VH yang lain adalah mampu mengidentifikasi lebih baik pada area persawahan dan lahan terbuka (Clement er al., 2017). Pengolahan dilakukan menggunakan platform Google Earth Engine (GEE) dan ArcGIS. Platform GEE dapat digunakan untuk pemrosesan dan analisis peta banjir tanpa perlu mengunduh data atau perangkat keras komputasi yang tinggi (Tiwari et al, 2020). Pemetaan banjir ini diharapkan dapat menjadi data pendukung untuk referensi dalam upaya mitigasi untuk meminimalisir potensi kerusakan akibat bencana banjir di masa mendatang.

2. Data dan Metodologi

2.1. Data dan Lokasi

Lokasi penelitian yang menjadi objek penelitian ini adalah Kabupaten Aceh Utara. Secara geografis, Kabupaten Aceh Utara terletak pada 96°52'00"-97°31'00" bujur timur dan 04°46'00"-05°00'40" lintang utara. Batas-batas daerah dari Kabupaten Aceh Utara adalah sebagai berikut:

- Batas Utara : Kota Lhokseumawe dan Selat Malaka
- Batas Selatan : Kabupaten Bener Meriah
- Batas Timur : Kabupaten Aceh Timur
- Batas Barat : Kabupaten Bireuen

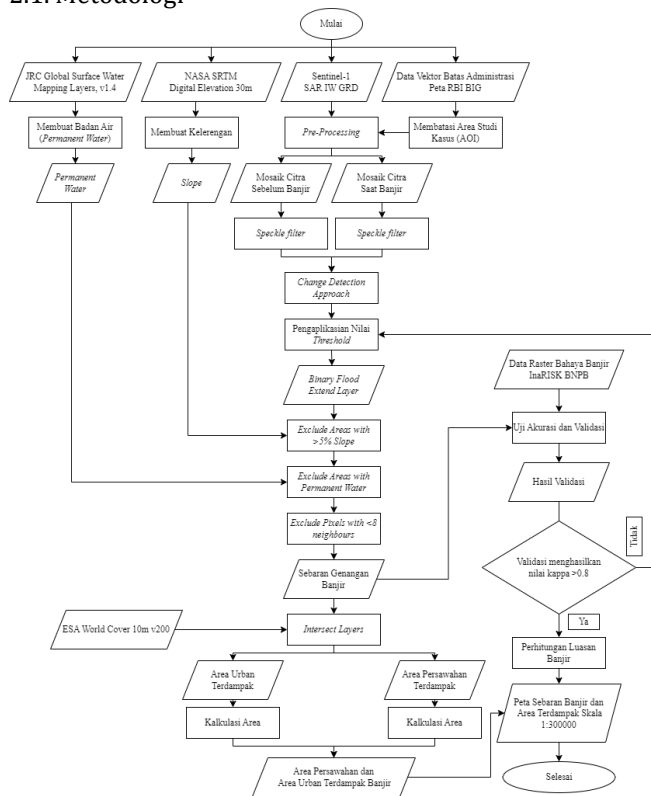


Gambar 1. Lokasi Penelitian, Batas Administrasi Kabupaten Aceh Utara

Adapun data utama yang dibutuhkan dalam studi ini adalah data citra Sentinel-1 SAR IW GRD resolusi spasial 20 m dan *pixel spacing* 10 m. Citra Sentinel-1 sebelum banjir diakuisisi pada 26 September 2022. Citra Sentinel-1 saat banjir yang diakuisisi pada 8 dan 20 Oktober 2022. Data vektor batas kecamatan Kabupaten Aceh Utara skala

1:25000 digunakan untuk membatasi pengolahan citra pada area studi. Data vektor sungai skala 1:250.000, Data NASA SRTM Digital Elevation 30m, Data JRC Global Surface Water Mapping Layers, v1.4, dan Data ESA WorldCover 10m v200 digunakan sebagai data pendukung dalam identifikasi wilayah banjir. Data Indeks Bahaya Banjir Kabupaten Aceh Utara InaRisk BNPB digunakan sebagai data pembanding hasil identifikasi.

2.1. Metodologi



Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan Data

Secara garis besar tahapan pengolahan data merujuk ke langkah-langkah yang direkomendasikan oleh UN-SPIDER, 2019. Tahapan pengolahan data yang pertama adalah *preprocessing*. Tahap ini dilakukan pada citra sebelum banjir dan saat banjir untuk menghasilkan mosaik citra yang siap untuk diolah lebih lanjut. Informasi dari data citra Sentinel-1 SAR Level-1 Ground Range Detected (GRD) pada Earth Engine Catalog telah diolah melalui langkah-langkah *preprocessing*, yaitu *apply orbit file*, *thermal noise removal*, kalibrasi radiometrik, koreksi *terrain*, dan konversi *backscatter* ke dalam desibel.

Setelah itu, dilakukan *data filtering*. Tahapan ini bertujuan untuk menentukan jenis instrumen mode, polarisasi, *pass direction*, resolusi spasial, dan batasan wilayah yang digunakan. Untuk mode instrumen yang digunakan adalah *Interferometric Wide Swath (IW)*, jenis polarisasi yang digunakan adalah *VH (cross-polarization)*,

pass direction yang digunakan adalah *descending*, resolusi spasial adalah 10 meter, dan area studi yang digunakan adalah Kabupaten Aceh Utara. Citra akan disematkan dengan data vektor Kabupaten Aceh Utara yang telah diunggah pada aset Google Earth Engine.

Data citra akan diproses *speckle-filtering* untuk mengeliminasi *noise*. *Speckle-filtering* secara matematis dijabarkan pada persamaan (1) dan (2).

$$Y_{ij} = \bar{K} + W \times (C - \bar{K}) \quad (1)$$

di mana

- Y_{ij} : citra *despeckle*
- \bar{K} : rata-rata pada kernel
- W : fungsi pembobotan
- C : *center element* pada kernel

Untuk menghitung W

$$W = \frac{\sigma_k^2}{(\sigma_k^2 + \sigma^w)} \quad (2)$$

di mana

- W : fungsi pembobotan
- σ_k^2 : variansi dari citra referensi
- σ^2 : variansi dari piksel dalam kernel

Metode *change detection approach* diaplikasikan pada citra yang sudah melalui tahap *speckle-filtering*. Data yang diolah menggunakan metode *change detection approach* adalah citra pada 26 September 2022 untuk citra sebelum kejadian banjir serta citra pada 8 dan 20 Oktober 2022 untuk citra saat kejadian banjir. Nilai hamburan balik citra saat banjir dibagi dengan sebelum banjir. Proses *change detection approach* secara matematis dijelaskan pada persamaan (3).

$$W = \frac{X_i}{Y_i} \quad (3)$$

di mana

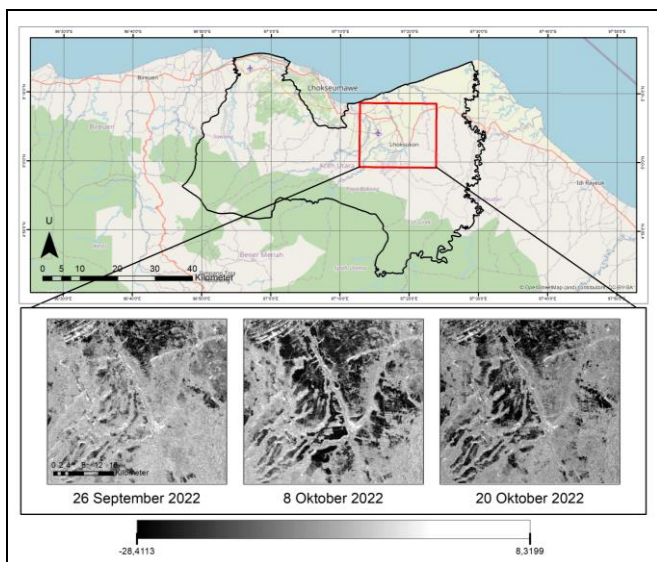
- D : perbedaan nilai hambur balik (*difference value* atau nilai beda)
- X_i : nilai hamburan balik piksel saat banjir
- Y_i : nilai hamburan balik piksel sebelum banjir

Untuk mengekstraksi banjir maka dilakukan penetapan nilai *threshold* (ambang batas). Nilai ambang batas ditentukan melalui teknik *sampling* untuk memperoleh rentang nilai beda pada objek banjir dan objek non banjir. Teknik *sampling* dilakukan dengan mengambil titik-titik sampel nilai beda pada objek banjir dan non banjir.

Pemilihan lokasi titik sampel dilakukan secara interpretasi visual melalui pengamatan kecerahan rona gelap terang pada *change detection approach layer*.

Binary Flood Extend Layer dilakukan untuk mengekstraksi area banjir dan memisahkan antara objek banjir dan non banjir. Nilai beda (*difference value*) pada piksel yang bernilai lebih dari nilai *threshold* akan termasuk kedalam objek banjir dan nilai kurang dari nilai *threshold* akan termasuk kedalam objek non banjir.

Exclude Area with 5% Slope dilakukan untuk mengeliminasi piksel yang terdeteksi sebagai banjir dengan nilai *slope* lebih dari 5%. Proses ini menggunakan DEM berbasis data SRTM 30 meter. Data DEM tersebut kemudian diolah untuk menentukan tingkat kemiringan lereng atau *slope*, sehingga menghasilkan citra kemiringan lereng. Proses ini menghilangkan area yang terdeteksi sebagai banjir pada area curam (kemiringan lereng lebih dari 5%).



Gambar 3. Perubahan Citra Sentinel-1 SAR pada Tanggal 26 September 2022, 8 Oktober 2022, dan 20 Oktober 2022

Exclude Permanent Water dilakukan untuk memisahkan area terdeteksi banjir terhadap objek badan air permanen (*permanent water*). Data permanent water didapat dengan mengolah data JRC Global Surface Water Mapping v1.4. Sehingga diperoleh layer badan air permanen pada lokasi penelitian. *Exclude Pixel with < 8 Neighbours* bertujuan untuk mengeliminasi piksel yang terhubung kurang dari delapan piksel yang berdekatan. Selain itu proses ini untuk mereduksi noise dari hasil ekstraksi sebaran banjir.

Selanjutnya dapat dihitung total luas banjir dan area terdampak. Dilakukan pula proses *intersect layers* untuk mendapatkan area persawahan dan permukiman yang terdampak banjir beserta luasannya. Hasil pengolahan sebaran banjir divalidasi dengan data Peta Indeks Bahaya Banjir pada laman InaRISK yang diterbitkan oleh

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Proses validasi menggunakan perhitungan *confusion matrix*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Visualisasi Perubahan Citra SAR

Visualisasi perubahan citra SAR didapatkan dari kumpulan set citra yang diakuisisi sebelum terjadinya banjir dan saat terjadinya banjir. Citra diunduh melalui Earth Engine Data Catalog dan dilakukan identifikasi mengenai perubahan yang terjadi pada citra antara sebelum dan saat terjadinya banjir. Hasil identifikasi perubahan citra ditunjukkan pada Gambar 3.

Pada Gambar 3 ditunjukkan perubahan rona pada akuisisi data citra Sentinel-1 SAR tanggal 26 September 2022, 8 Oktober 2022, dan 20 Oktober 2022. Ketiga citra tersebut memiliki rentang hambur balik (*backscatter*) yaitu -28,4113 hingga 8,3119. Rentang nilai pada Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai hambur balik maka semakin terang rona pada objek citra dan semakin rendah nilai hambur balik maka semakin gelap rona pada objek citra.

Nilai hambur balik yang tinggi dengan rona cerah menunjukkan bahwa objek pada citra tersebut memantulkan energi gelombang lebih banyak dan menghasilkan intensitas yang lebih tinggi pada citra SAR, pada umumnya objek dengan rona cerah pada citra menunjukkan bahwa objek tersebut merupakan objek non-air. Pada nilai hambur balik yang rendah dengan rona gelap menunjukkan bahwa objek pada citra tersebut mengenai permukaan air, di mana sebagian besar energi gelombang radar diserap atau ditransmisikan ke dalam air.

Oleh karena itu, perubahan rona cerah ke gelap yang muncul pada tanggal 8 Oktober 2022 dan 20 Oktober 2022 diidentifikasi sebagai munculnya objek air berupa banjir.

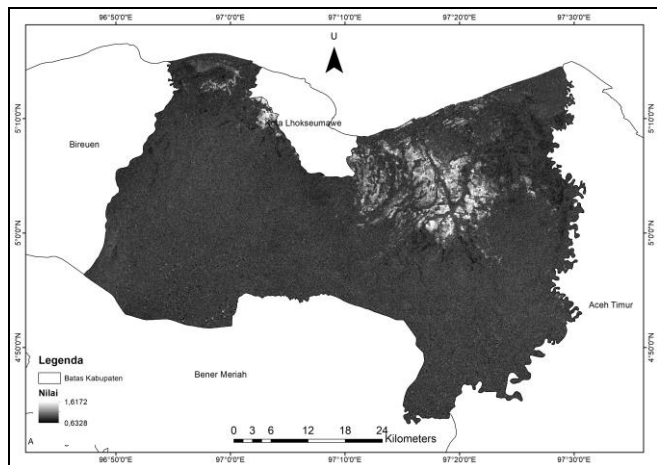
3.2. Hasil *Change Detection Approach*

Hasil dari proses pengolahan *change detection approach* ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5 berupa peta *difference layer* yang menunjukkan perubahan hambur balik (*backscatter*) citra antara sebelum banjir pada 26 September 2022 dan saat banjir pada 8 Oktober 2022. Rentang nilai pada nilai beda (*difference value*) yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5 adalah rentang nilai 0,6329 hingga 1,6172 dan 0,703 hingga 2,734.

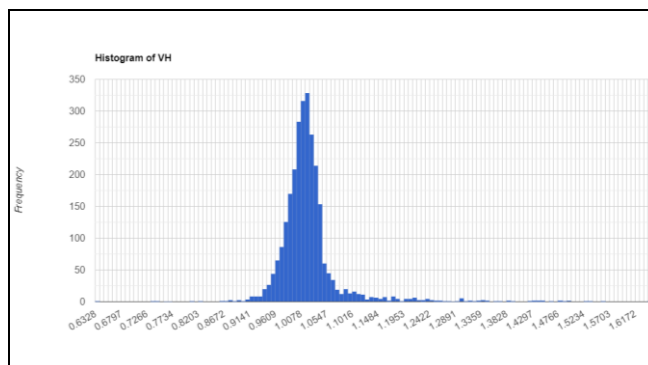
Hasil pengolahan *change detection approach* divisualisasikan menjadi histogram pada Gambar 6 dan Gambar 7 untuk mengetahui persebaran nilai beda dan jumlah pikselnya. Pada perubahan citra tanggal 8 Oktober, nilai beda yang memiliki jumlah piksel paling banyak adalah nilai 1,016 dengan jumlah piksel sebanyak 328.631 piksel dan nilai beda yang memiliki jumlah piksel paling sedikit adalah nilai 0,633 dengan jumlah piksel sebanyak 1

piksel. Pada perubahan citra tanggal 20 Oktober, nilai beda yang memiliki jumlah piksel paling banyak adalah nilai 0,984 dengan jumlah piksel sebanyak 615.596 piksel. Sedangkan nilai beda yang memiliki jumlah piksel paling sedikit adalah nilai 0,703 dengan jumlah piksel sebanyak 1 piksel.

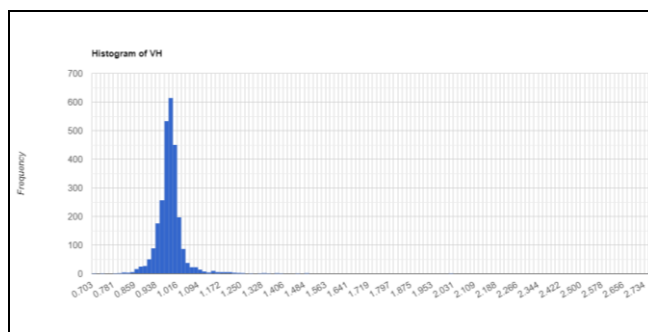
nilai beda yang digunakan sebagai nilai *threshold*, maka ditentukan melalui median dari rentang gap transisi tersebut, yaitu nilai 1,881 (Gambar 9). Nilai *threshold* 1,881 diaplikasikan ke dalam layer yang sudah melalui tahapan *change detection approach*.



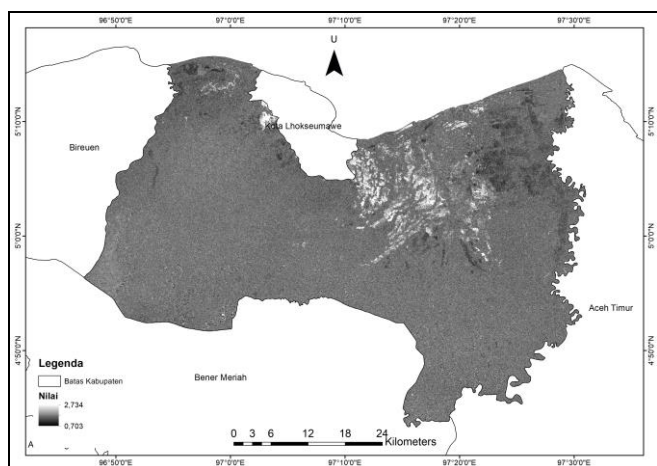
Gambar 4. Hasil *Change Detection Approach* Berupa *Difference Layer* yang Menunjukkan Perubahan Citra pada Sebelum Banjir (26 September 2022) dan Saat Banjir (8 Oktober 2022)



Gambar 6. Histogram Nilai Beda (*Difference Value*) 8 Oktober 2022



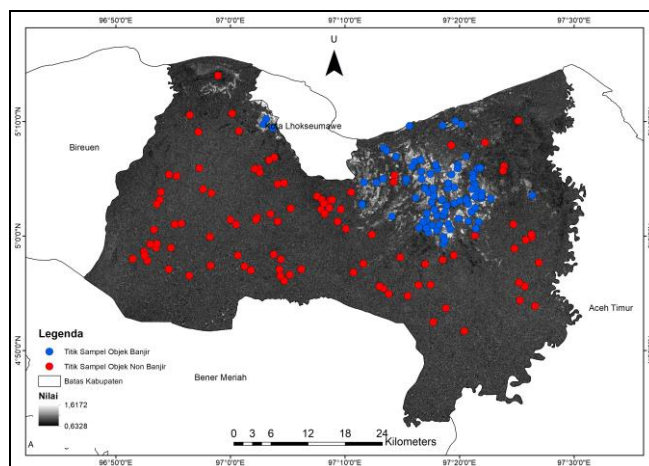
Gambar 7. Histogram Nilai Beda (*Difference Value*) 20 Oktober 2022



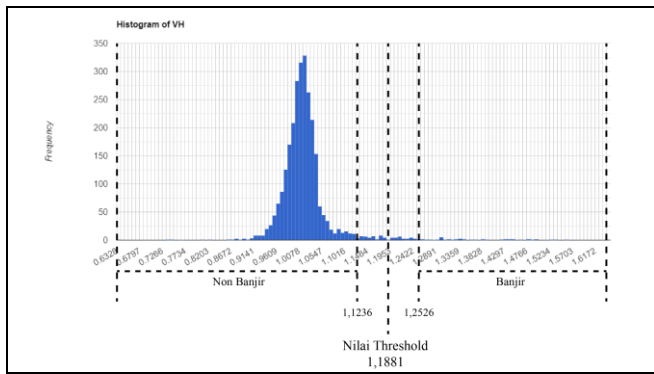
Gambar 5. Hasil *Change Detection Approach* Berupa *Difference Layer* yang Menunjukkan Perubahan Citra pada Sebelum Banjir (26 September 2022) dan Saat Banjir (20 Oktober 2022)

Teknik *sampling* digunakan untuk mendapatkan nilai *threshold*. Pada Gambar 8, disajikan persebaran titik-titik sampel untuk memperoleh sampel nilai beda pada objek banjir dan non banjir. Teknik *sampling* menghasilkan rentang nilai beda pada objek non banjir adalah 0,6328 hingga 1,1236 dan 1,2526 hingga 1,6172 pada objek banjir. Dari rentang tersebut, maka terdapat transisi antara nilai 1,1236 hingga 1,256. Untuk memperoleh nilai pasti dari

3.3 Sampling dan Nilai Threshold



Gambar 8. Sebaran Titik Sampel pada Proses Teknik *Sampling* untuk Memperoleh Rentang Nilai Beda pada Objek Banjir dan Objek Non Banjir



Gambar 9. Rentang Nilai Beda Objek Banjir, Non Banjir, dan Hasil Nilai *Threshold*

3.4 Peta Sebaran Spasial Wilayah Banjir

Pada Gambar 10 dan Gambar 11, disajikan dua bingkai peta yang menggambarkan hasil ekstraksi sebaran spasial wilayah banjir. Sebaran banjir tersebut sudah melalui tahapan *refining* dengan mengeliminasi sebaran banjir yang bertampalan dengan badan air permanen, berada di kemiringan lereng lebih dari 5%, dan terhubung kurang dari 8 piksel berdekatan.

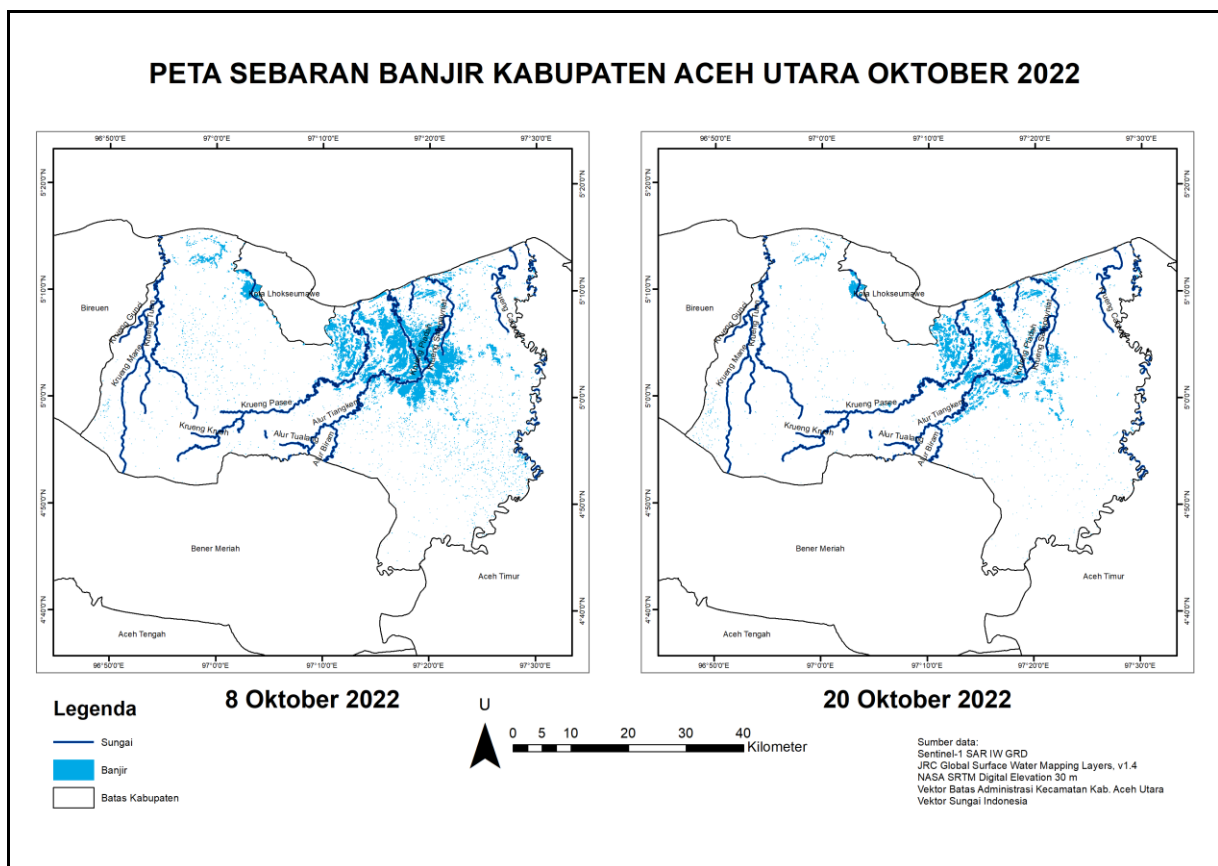
Pada Gambar 10 dan Gambar 11 dapat dilihat bahwa puncak banjir terjadi pada tanggal 8 Oktober 2022 dan mengalami penyusutan luasan area banjir pada tanggal 20 Oktober 2022. Area banjir terkonsentrasi di sisi timur laut

dari pusat wilayah administrasi Kabupaten Aceh Utara dan menyebar ke daerah perbatasan Kabupaten Lhokseumawe.

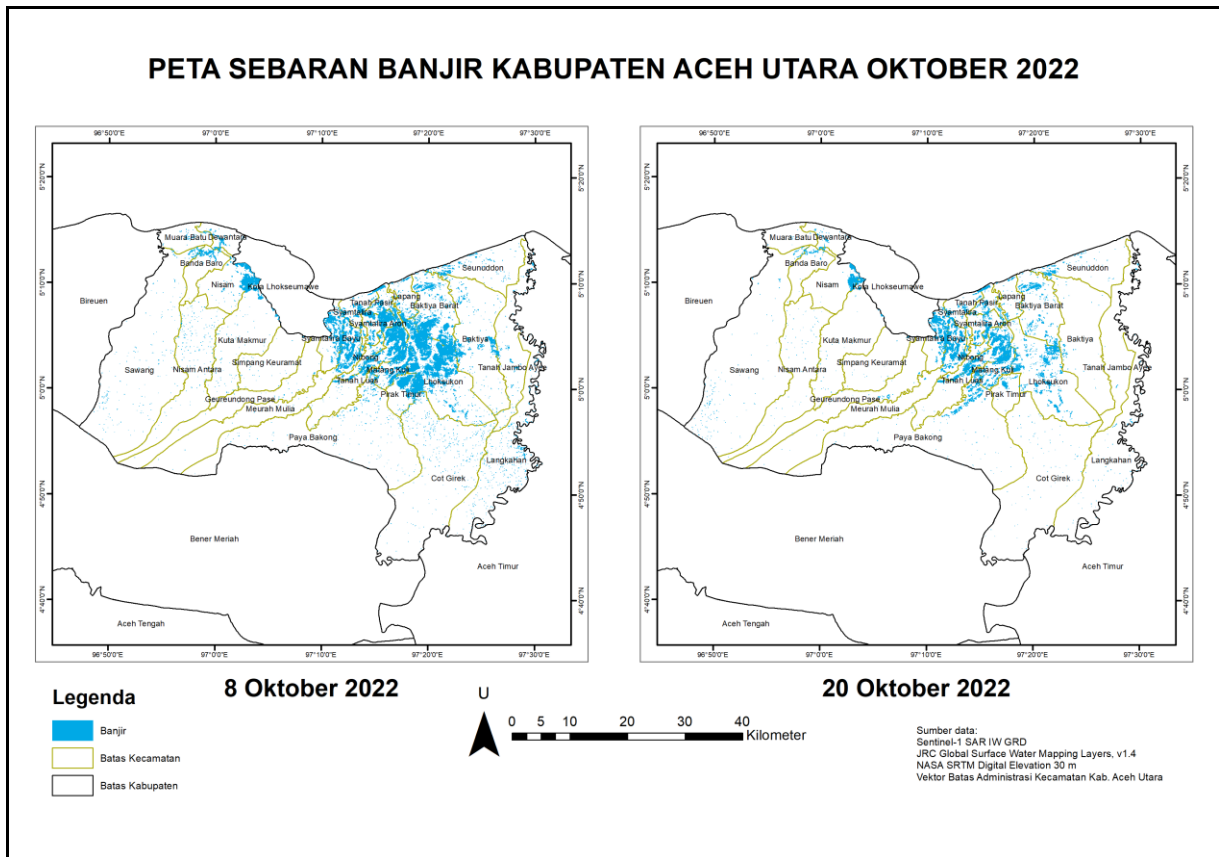
Pada Gambar 10, sebaran banjir mengikuti aliran Krueng (sungai) Keureuto, Krueng Pasee, Krueng Pirak, Krueng Sampayniat, dan beberapa Anak Krueng Keureuto sehingga luapan air sungai merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya banjir.

Pada Gambar 11, banjir digambarkan dengan area berwarna biru dan tersebar di sisi utara serta timur dari wilayah administratif Kabupaten Aceh Utara. Area sebaran banjir mendarat seluruh wilayah kecamatan di Kabupaten Aceh Utara baik pada banjir 8 Oktober 2022 maupun banjir 20 Oktober 2022. Terdapat wilayah kecamatan yang terdampak banjir dengan luas lebih dari 100 ha, yaitu sejumlah 20 kecamatan pada 8 Oktober 2022 dan 14 kecamatan pada 20 Oktober 2022.

Perubahan luas dan area banjir pada 8 dan 20 Oktober 2022 mengindikasikan bahwa sepanjang bulan Oktober 2022 hujan masih terus terjadi yang mengakibatkan dinamika luasan banjir. Pada puncak banjir 8 Oktober 2022, Kecamatan Lhoksukon menjadi kecamatan dengan sebaran banjir terluas. Namun, penurunan luas sebaran banjir secara signifikan terjadi di kecamatan tersebut pada 20 Oktober 2022. Kecamatan dengan area banjir paling luas pada 20 Oktober 2022 adalah Kecamatan Tanah Lias.



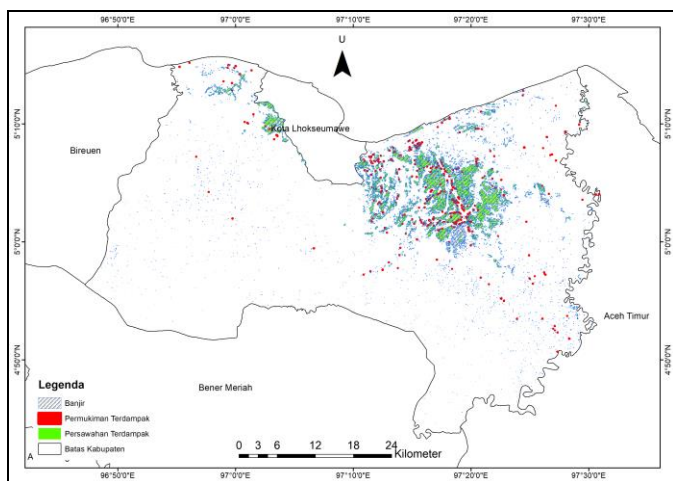
Gambar 10. Peta Sebaran Banjir dan Pola Aliran Krueng (sungai) Kabupaten Aceh Utara pada Oktober 2022



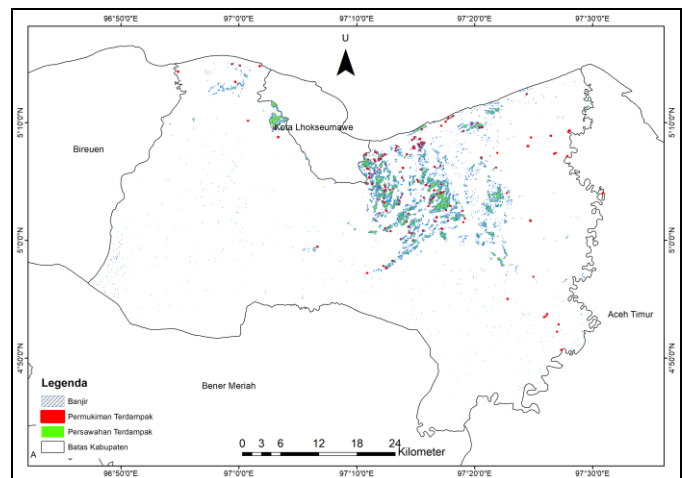
Gambar 11. Peta Sebaran Banjir dan Kecamatan Terdampak Kabupaten Aceh Utara pada Oktober 2022

3.5 Luas Banjir dan Area Terdampak

Bencana banjir berdampak signifikan pada area persawahan dan permukiman. Guna mengidentifikasi dampak banjir terhadap objek-objek di wilayah persawahan dan permukiman, maka dilakukan proses *intersect layers* antara data sebaran banjir dengan data tutupan lahan yang bersumber dari ESA WorldCover 10m v200. Hasil dari analisis ini memperlihatkan area yang terdampak, sebagaimana tergambar pada Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 12. Peta Sebaran Banjir dan Area Terdampak Kabupaten Aceh Utara pada 8 Oktober 2022



Gambar 13. Peta Sebaran Banjir dan Area Terdampak Kabupaten Aceh Utara pada 20 Oktober 2022

Untuk memperoleh luas area banjir, luas area persawahan terdampak, dan luas area permukiman terdampak, maka dilakukan *export* pada hasil olahan data-data tersebut pada Google Earth Engine dan dikalkulasi menggunakan ArcGIS. Total area persawahan adalah 39734,058 ha, sedangkan untuk total luas area permukiman adalah 3442,305 ha. Luasan sebaran area banjir pada tanggal 8 Oktober 2022 dan 20 Oktober 2022 disajikan pada Tabel 1.

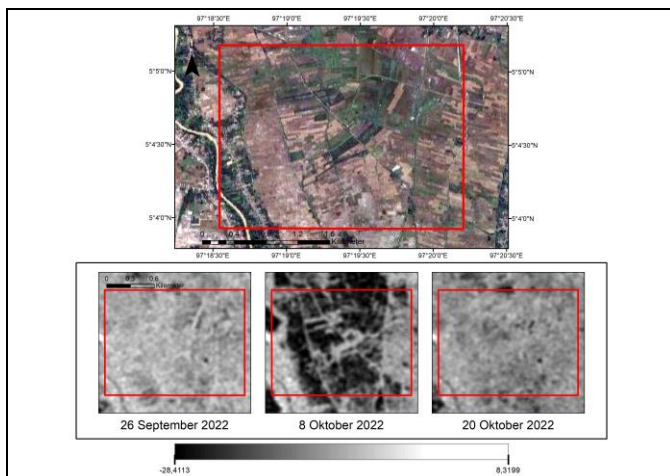
Tabel 1. Luas sebaran banjir dan area terdampak

| Tanggal Kejadian Banjir | Banjir (ha) | Persawahan Terdampak (ha) | Permukiman Terdampak (ha) |
|-------------------------|-------------|---------------------------|---------------------------|
| 8 Oktober 2022 | 12.331,309 | 9.849,944 | 34,120 |
| 20 Oktober 2022 | 6.070,184 | 5.515,136 | 13,853 |

Luas sebaran banjir dan area terdampak pada 8 dan 20 Oktober 2022 secara berurutan disajikan pada Tabel 1, yaitu seluas 12.331,309 ha dan 6.070,184 ha untuk luas banjir; seluas 9.849,944 ha dan 5.515,136 ha untuk luas area persawahan terdampak; dan seluas 34,120 ha dan 13,853 ha untuk luas area permukiman terdampak.

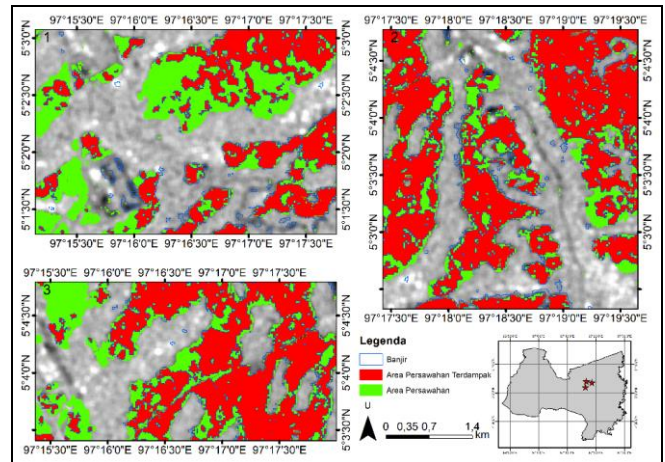
Persentase area persawahan terdampak terhadap total luas area persawahan pada 8 dan 20 Oktober 2022 secara berurutan adalah 24,8% dan 13,9%, sedangkan persentase area permukiman terdampak terhadap total luas area permukiman secara berurutan adalah 1% dan 0,4%. Persentase luas banjir pada puncak banjir 8 Oktober 2022 terhadap luas Kabupaten Aceh Utara adalah sebesar 4,57%.

Perubahan nilai hambur balik pada area persawahan diambarkan pada Gambar 14. Wilayah persawahan (pertanian lahan basah) yang umumnya digenangi oleh air memiliki nilai hambur balik yang lebih tinggi dan menghasilkan rona citra yang lebih cerah dibandingkan dengan wilayah persawahan yang sudah terendam banjir. Kondisi basah pada tanah dari pengairan sawah tidak menghasilkan nilai hambur balik yang rendah karena permukaan tanaman padi masih lebih tinggi dibandingkan genangan air. Jarak antar tanaman padi yang rapat menyebabkan pantulan energi gelombang memiliki pola yang serupa dengan pantulan pada area daratan kering. Nilai hambur balik menjadi rendah ketika banjir merendam padi, di mana permukaan air lebih tinggi dibandingkan tanaman padi.

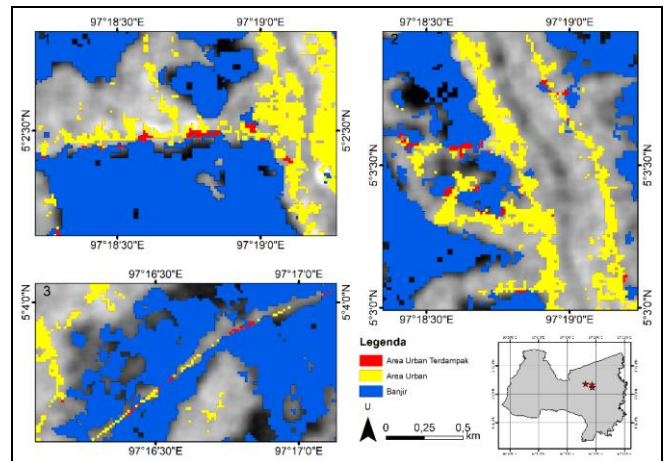


Gambar 14. Perubahan Citra Sentinel-1 SAR pada Tanggal 26 September 2022, 8 Oktober 2022, dan 20 Oktober 2022 pada area persawahan.

Pola banjir yang mendampak area persawahan digambarkan pada Gambar 15. Area persawahan menjadi area yang paling dominan terdampak akibat banjir. Dominasi area persawahan sebagai area terdampak banjir disebabkan karena kemampuan citra radar yang memetakan banjir dengan baik pada lahan terbuka.



Gambar 15. Area Persawahan Terdampak Banjir



Gambar 16. Area Permukiman Terdampak Banjir

Pola banjir yang mendampak area permukiman digambarkan pada Gambar 16. Pada area permukiman terdampak banjir, didapatkan area terdampak yang minim karena keterbatasan citra Sentinel-1 SAR dalam mendeteksi objek banjir pada wilayah lahan terbangun atau area permukiman. Salah satu keterbatasan pemanfaatan citra Sentinel-1 SAR untuk pemetaan banjir adalah sulitnya membedakan antara objek air dan permukaan seperti air terutama di daerah permukiman perkotaan di mana permukaan halus yang kedap air memiliki sifat hamburan balik yang serupa dengan air. Analisis tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Shen dkk (2019). Untuk mengatasi keterbatasan kemampuan citra Sentinel-1 SAR dalam mendeteksi banjir pada area permukiman, maka diperlukan pengolahan khusus melalui dukungan data

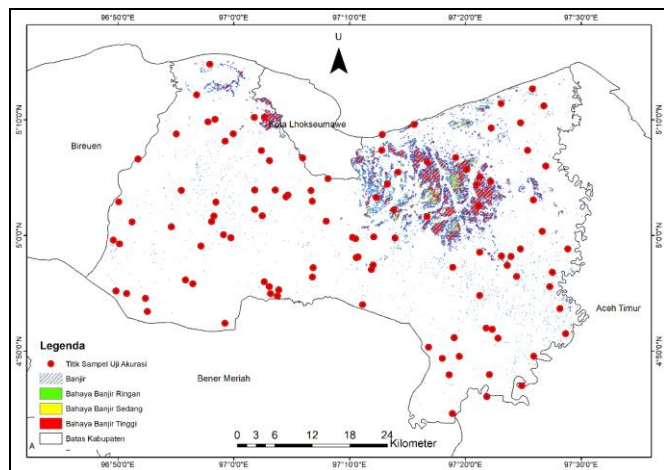
pemetaan lainnya melalui pemetaan terestris dan pemetaan foto udara (fotogrametri).

Berdasarkan analisis tersebut, citra Sentinel-1 SAR lebih cocok digunakan untuk memetakan banjir yang berdampak area persawahan. Hal tersebut digunakan untuk mengatasi kekhawatiran jangka panjang yang disebabkan oleh banjir besar yang berfokus pada kerusakan sistemik di mana beras padi sebagai makanan pokok seringkali menjadi perhatian paling serius karena gagal panen dalam bencana banjir besar.

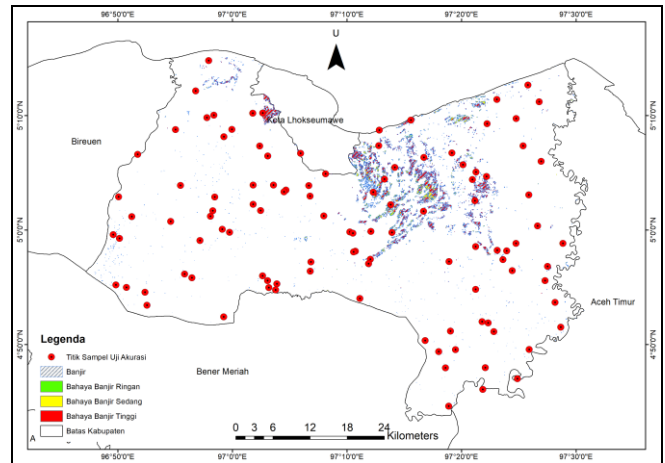
3.6 Validasi Data

Hasil dari ekstraksi sebaran banjir pada penelitian ini selanjutnya dilakukan validasi dengan data Indeks Bahaya Banjir yang diterbitkan oleh InaRISK BNPB pada tahun 2019. Layer Indeks Bahaya Banjir tersebut diolah menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) metode GFI (*Geomorphic Flood Index*) yang menghasilkan visualisasi indeks bahaya banjir pada skala DAS wilayah luas (Shalih, Osmar dkk., 2023). Klasifikasi dari indeks bahaya banjir adalah berdasarkan nilai ketinggian genangan. Tinggi genangan kurang dari sama dengan 0,75 m diklasifikasikan sebagai bahaya rendah, tinggi genangan antara 0,75 – 1,5 m diklasifikasikan sebagai bahaya sedang, dan tinggi genangan lebih dari 1,5 m diklasifikasikan sebagai bahaya tinggi (Nugroho, Pratomo Cahyo dkk., 2019).

Metode validasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *confusion matrix*. Hasil ekstraksi dilakukan *intersect layers* dengan data layer Indeks Bahaya Banjir yang kemudian diukur akurasinya dengan membuat titik-titik sampel penilaian akurasi. Jumlah titik sampel yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 108 titik. Strategi *sampling* dari titik sampel yang dibuat adalah *stratified random sampling*. Sebaran titik sampel dapat dilihat pada Gambar 17 dan Gambar 18.



Gambar 17. Peta Sebaran Titik Sampel Uji Akurasi untuk Validasi Banjir Kabupaten Aceh Utara pada 8 Oktober 2022



Gambar 18. Peta Sebaran Titik Sampel Uji Akurasi untuk Validasi Banjir Kabupaten Aceh Utara pada 20 Oktober 2022

Proses *confusion matrix* ini menghasilkan *overall accuracy* dan nilai koefisien kappa secara berturut-turut adalah sebesar 97,22% dan 0,84 pada olahan banjir 8 Oktober 2022 pada Tabel 2, serta 98,15% dan 0,89 pada olahan banjir 20 Oktober 2022 pada Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Confusion Matrix* Sebaran Banjir 8 Oktober 2022

| Class Value | Non Banjir | Banjir | Total | User Accuracy | Kappa |
|-------------|------------|--------|-------|---------------|-------------|
| Banjir | 9 | 1 | 10 | 90,00% | |
| Non Banjir | 2 | 96 | 98 | 97,96% | |
| Total | 11 | 97 | 108 | 0,00% | |
| P. Accuracy | 0,82 | 0,99 | - | 97,22% | |
| Kappa | | | | | 0,84 |

*P. Accuracy – Producer Accuracy

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Confusion Matrix* Sebaran Banjir 8 Oktober 2022

| Class Value | Non Banjir | Banjir | Total | User Accuracy | Kappa |
|-------------|------------|--------|-------|---------------|-------------|
| Banjir | 9 | 1 | 10 | 90,00% | |
| Non Banjir | 1 | 94 | 95 | 98,94% | |
| Total | 10 | 95 | 105 | 0,00% | |
| P. Accuracy | 0,9 | 0,99 | - | 98,10% | |
| Kappa | | | | | 0,89 |

*P. Accuracy – Producer Accuracy

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini, ekstraksi wilayah banjir dan area terdampak dapat dilakukan melalui komputasi awan

Google Earth Engine menggunakan metode *change detection approach* dengan pengaplikasian *threshold* secara efektif dan optimal untuk *rapid mapping*. Puncak banjir teridentifikasi pada 8 Oktober 2022 dengan luas sebesar 12.331,309 ha. Persentase luas banjir tersebut sebesar 4,57% dari total luas wilayah administrasi Kabupaten Aceh Utara. Kecamatan terdampak paling parah adalah Kecamatan Lhoksukon dengan luas banjir sebesar 3.346,224 ha.

Identifikasi sebaran banjir pada area terdampak memiliki potensi yang baik dalam memetakan area banjir pada area persawahan, sedangkan pada pemetaan area banjir pada area permukiman terdapat beberapa batasan kemampuan identifikasi. Luas persawahan terdampak dan permukiman terdampak pada 8 dan 20 Oktober 2022 secara berturut-turut adalah seluas 9.849,944 ha dan 5.515,136 ha untuk luas area persawahan terdampak dan seluas 34,120 ha dan 13,853 ha untuk luas area permukiman terdampak.

5. Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini (*The authors declare no competing interest*).

6. Referensi

BNPB. (2014). Rencana Nasional Penanggulangan Bencana 2015-2019. Rencana Nasional Penanggulangan Bencana 2015-2019 RINGKASAN, 1-115. [https://www.bnpb.go.id/uploads/renas/1/BUKU RENAS PB.pdf](https://www.bnpb.go.id/uploads/renas/1/BUKU%20RENAS%20PB.pdf)

BPS Kabupaten Aceh Utara. (2022). Kabupaten Aceh Utara Dalam Angka 2022. Badan Pusat Statistik.

Clement, Miles & Kilsby, Chris & Moore, Philip. (2017). Multi-Temporal SAR Flood Mapping using Change Detection. *Journal of Flood Risk Management*. 11. 10.1111/jfr3.12303.

CRED. (2022). Disasters in numbers. Brussels: CRED.

Furna, P. Z. (2022, Oktober 14). Dampak Banjir, Ratusan Hektar Tanaman Padi di Aceh Utara Alami Fusio. <https://www.ajnn.net/news/dampak-banjir-ratusan-hektar-tanaman-padi-di-aceh-utara-alami-fusio/index.html>

Manjusree, P., Kumar, L. P., Bhatt, C. P., Rao, G. S., & Bhanumurthy, V. (2012). Optimization of threshold ranges for rapid flood inundation mapping by evaluating backscatter profiles of high incidence angle SAR images. *International Journal of Disaster Risk Science*, 3(2), 113-122. <https://doi.org/10.1007/s13753-012-0011-5>

Merriam-Webster. (n.d.). Natural disaster. In Merriam-Webster.com dictionary. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/natural%20disaster>

Notti, D., Giordan, D., Caló, F., Pepe, A., Zucca, F., & Galve, J. P. (2018). Potential and Limitations of Open Satellite Data for Flood Mapping. *Remote Sensing*, 10, 1673. <https://doi.org/10.3390/rs10111673>.

Nugroho, Pratomo Cahyo dkk. (2019). Modul Teknis Penyusunan Kajian Risiko Bencana Banjir. Direktorat Pengurangan Risiko Bencana. Direktorat Pengurangan Risiko Bencana Badan Nasional Penanggulangan Bencana.

Pratiwi, Z. N. & Santosa P. B. (2021). Pemodelan dan Visualisasi Genangan Banjir untuk Mitigasi Bencana di Kali Kasin, Kelurahan Bareng, Kota Malang. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering, JGISE Vol. 4 No. 1 (2021)*, pp. 56 - 64. <https://doi.org/10.22146/jgise.56525>

Shalih, Osmar. dDkk. (2023). Risiko Bencana Indonesia "Memahami Risiko Sistemik di Indonesia". Pusat Data, Informasi, dan Komunikasi Kebencanaan BNPB.

Shen, X., Wang, D., Mao, K., Anagnostou, E., & Hong, Y. (2019). Inundation extent mapping by synthetic aperture radar: A review. *Remote Sensing*, 11(7), 87

Suripin. (2003). Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan. Andi: Yogyakarta.

Surry, K. (2022). Korban Banjir Aceh Utara yang Mengungsi Capai 41.120 Warga. <https://aceh.antaranews.com/berita/308557/korban-banjir-aceh-utara-yang-mengungsi-capai-41120-warga>

Syahputra, D. (2022, Oktober 8). Belasan Desa di Aceh Utara Dilanda Banjir. <https://aceh.antaranews.com/berita/308245/belasan-desadi-aceh-utara-dilanda-banjir>

Tiwari V, Kumar V, Matin MA, Thapa A, Ellenburg WL, Gupta N, et al. (2020) Floodinundation mapping- Kerala 2018; Harnessing thepower of SAR, automatic threshold detectionmethod and Google Earth Engine. *PLoS ONE* 15(8):e0237324. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237324>

UNISDR (UN International Strategy for Disaster Reduction). (2009). UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction; United Nations: Geneva, Switzerland.

UN-SPIDER (United Nations Platform for Space-based Information for Disaster Management and Emergency Response - UN-SPIDER). (2019). Recommended Practice: Flood Mapping and Damage Assessment Using Sentinel-1 SAR Data in Google Earth Engine. <https://www.un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-google-earth-engine-flood-mapping>