



PENERAPAN ALGORITMA NDWI DAN MNDWI PADA CITRA SATELIT LANDSAT 9 DALAM MEMETAKAN AREA GENANGAN BANJIR DI KABUPATEN KUDUS TAHUN 2023

Izzuddin Muhammad¹

^{*1}Program Studi Pendidikan Geografi, Universitas Negeri Semarang *Email
: izzuddinmuhammad53@students.unnes.ac.id

Abstrak. Perubahan iklim ditandai dengan adanya peningkatan curah hujan dan intensitas hujan sehingga menimbulkan musim hujan yang berkepanjangan. Musim hujan yang panjang serta intensitas hujan yang tinggi menyebabkan terjadinya bencana banjir di sejumlah daerah termasuk di Kabupaten Kudus. Salah satu upaya mitigasi bencana dan tanggap darurat ketika terjadi bencana banjir adalah melakukan pemetaan genangan banjir. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan citra satelit Penginderaan Jauh dalam memetakan area genangan banjir di Kabupaten Kudus. Data yang digunakan adalah citra satelit Landsat 9 dengan menerapkan algoritma NDWI dan MNDWI yang diolah melalui Google Earth Engine. Hasil pengolahan menunjukkan luas genangan banjir saat bulan Januari menggunakan metode NDWI dan MNDWI masing-masing seluas 43,77 km² dan 78,15 km². Sedangkan, luas genangan banjir saat bulan Februari menggunakan metode NDWI dan MNDWI masing-masing seluas 60,988 km² dan 90,45 km². Pemetaan genangan banjir dengan menggunakan data penginderaan jauh dan penerapan algoritma NDWI dan MNDWI diharapkan dapat mengetahui daerah yang terdampak banjir sehingga dapat dijadikan referensi ketika melakukan tahapan mitigasi bencana dalam menanggulangi bencana banjir di Kabupaten Kudus.

Kata Kunci — Banjir, NDWI, MNDWI, Landsat 9

Abstract. Climate change characterizes by increasing in high precipitation and high rainfall intensity resulting in a prolonged rainy season. High precipitation and rainfall intensity have caused floods in several areas, including Kudus Regency. One of the disaster mitigation efforts and emergency response when a flood disaster occurs is mapping the flood inundation. This study aims to utilize remote sensing and satellite imagery to map the flood inundation area in Kudus Regency. This study uses obtained data from Landsat 9 satellite imagery band by applying the NDWI and MNDWI algorithms through the Google Earth Engine. The processing results show that the flood inundation area in January using the NDWI method was 43,77 km² and 78,15 km². Meanwhile, the area of flood inundation in February using the MNDWI method was 60,988 km² and 90,45 km². Mapping flood inundation using remote sensing data and applying the algorithms is expected to identify areas that affected by flooding so it can be used as a reference when carrying out disaster mitigation stages to tackling flood disasters in Kudus Regency.

Kata Kunci — Flood, NDWI, MNDWI, Landsat 9



PENDAHULUAN

Salah satu tanda dari adanya perubahan iklim adalah terjadinya musim hujan yang berkepanjangan. Musim hujan yang berkepanjangan ditandai dengan adanya curah hujan yang tinggi. Tingginya intensitas dan curah hujan menyebabkan terjadinya bencana alam seperti bencana banjir dan bencana longsor. Pada awal tahun 2023, Kabupaten Kudus terjadi peristiwa bencana banjir yang menenggelamkan puluhan desa di lima kecamatan. Faktor utama dalam penyebab banjir adalah tingginya curah hujan dan topografi suatu wilayah. Bencana banjir dapat diperparah bila terdapat faktor penyebab yang dilakukan oleh manusia. Faktor tersebut adalah alih fungsi lahan yang menyebabkan terjadinya perubahan lahan vegetasi menjadi lahan terbangun (Lestari *et. al*, 2021). Perubahan ini menyebabkan tanah kehilangan fungsi ekologisnya dalam menyerap dan menahan air sehingga air tidak langsung diserap oleh tanaman tetapi langsung mengalir menjadi aliran permukaan (*runoff*). Adanya alih fungsi lahan bila tidak ditangani secara serius maka meningkatkan terjadinya potensi bencana banjir di masa mendatang.

Penanganan bencana banjir dilakukan melalui tahap mitigasi kebencanaan yakni pra bencana, tanggap darurat, dan pasca bencana. Tahapan pra bencana banjir meliputi kegiatan perencanaan seperti analisis resiko bencana. Analisis resiko bencana dapat dilakukan dengan melakukan pemetaan pada daerah kajian. Dewasa ini, perkembangan teknologi pemetaan berkembang sangat pesat. Beragam media dan data yang menjadi alat bantu dalam memetakan bencana salah satunya adalah menggunakan satelit penginderaan jauh (Pranadiarso, Hidayah, dan Halik, 2022). Citra satelit penginderaan jauh memiliki bandband dengan panjang gelombang yang digunakan untuk menangkap nilai pantulan objek di permukaan bumi. Untuk mengidentifikasi suatu objek, band tersebut dapat dikombinasikan dengan menerapkan algoritma yang disebut sebagai *spectral indices*. Salah satu algoritma yang diterapkan dalam melakukan identifikasi objek air pada permukaan adalah algoritma NDWI dan MNDWI. Algoritma NDWI dikembangkan oleh McFeeters (1996) menggunakan band Green dan NIR dalam membedakan objek air dan non air. Sedangkan, algoritma MNDWI dikembangkan oleh Xu (2006) yang merupakan versi pengembangan dari NDWI McFeeters (1996). MNDWI mengganti penggunaan band NIR menjadi band MIR/SWIR dalam membedakan objek air dan non air. Xu (2006) dan Ji, *et. al* (2012) mengemukakan pentingnya penentuan nilai ambang yang digunakan dalam membedakan genangan pada setiap algoritma karena kondisi citra satelit dan dinamika pada lapangan yang berbeda-beda. Uji akurasi juga penting untuk dilakukan agar dapat mengetahui tingkat keakuratan pada hasil pengolahan citra yang telah dilakukan (Pranadiarso, Hidayah, dan Halik, 2022).

Pemetaan area genangan banjir menggunakan algoritma NDWI dan MNDWI telah banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Penelitian Octarina, Putra, dan Wirdiani (2019) meneliti penerapan beberapa algoritma seperti NDWI, RSWIR, dan GSWIR dalam menentukan area genangan. Hasil penelitian menunjukkan metode MNDWI memiliki hasil yang baik dalam membedakan objek tergenang dan tidak tergenang. Penelitian Soltanian, Abbasi, dan Bakhtyari (2019) meneliti pemantauan banjir menggunakan algoritma NDWI dan MNDWI di Provinsi Golestan, Iran. Hasil penelitian menunjukkan metode NDWI memiliki hasil yang baik dibanding MNDWI dalam memetakan area genangan banjir karena objek sawah lahan basah dikategorikan sebagai area tergenang pada MNDWI. Penelitian

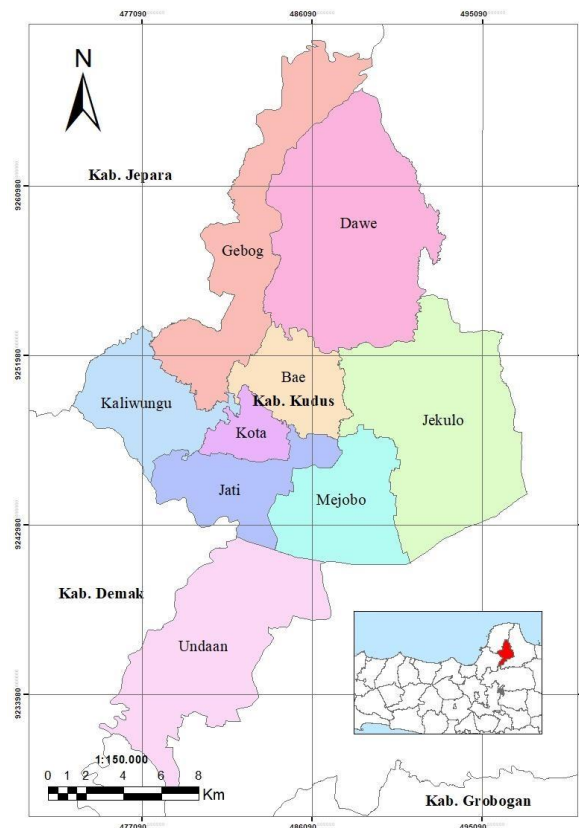


Pranadiarso, Hidayah, dan Halik (2022) meneliti penggunaan algoritma NDWI dalam MNDWI dalam pemetaan cepat area genangan banjir. Hasil penelitian menunjukkan metode MNDWI lebih akurat dan cepat dalam memetakan area tergenang banjir serta pentingnya menentukan nilai ambang dan uji akurasi dalam proses pemetaan genangan banjir.

Berdasarkan masalah tersebut, penelitian ini dilakukan untuk memetakan genangan banjir di Kabupaten Kudus yang terjadi pada tahun 2023 dengan memanfaatkan data penginderaan jauh melalui penerapan algoritma NDWI dan MNDWI. Pemetaan genangan banjir sangat penting untuk dilakukan dalam tahapan perencanaan pencegahan bencana banjir (Soltanian, Abbasi, dan Bakhtyari, 2019). Hasil dari pemetaan genangan dapat digunakan dalam menganalisis kajian resiko bencana seperti mengetahui penyebab terjadinya bencana dan menentukan daerah rawan bencana. Selain itu, pemetaan genangan banjir juga dapat digunakan pada kegiatan tanggap darurat seperti memetakan daerah yang terdampak banjir serta pada kegiatan pasca bencana yakni menentukan luas area yang terdampak dan perhitungan jumlah kerusakan dan kerugian yang disebabkan oleh bencana banjir.

METODE PENELITIAN Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini mengambil daerah Kabupaten Kudus sebagai objek kajian. Kabupaten Kudus merupakan kabupaten yang terletak di Pantai Utara Jawa, Provinsi Jawa Tengah. Secara astronomis, Kabupaten Kudus terletak pada koordinat $110^{\circ}36'$ dan $110^{\circ}50'$ BT serta $6^{\circ}51'$ dan $7^{\circ}16'$ LS. Administrasi Kabupaten Kudus terbagi menjadi 9 kecamatan, 123 desa, dan 9 kelurahan. Total luas keseluruhan wilayah Kabupaten Kudus adalah $425,15 \text{ km}^2$.



Gambar 1. Peta Administrasi Kabupaten Kudus



Sumber : Hasil pengolahan

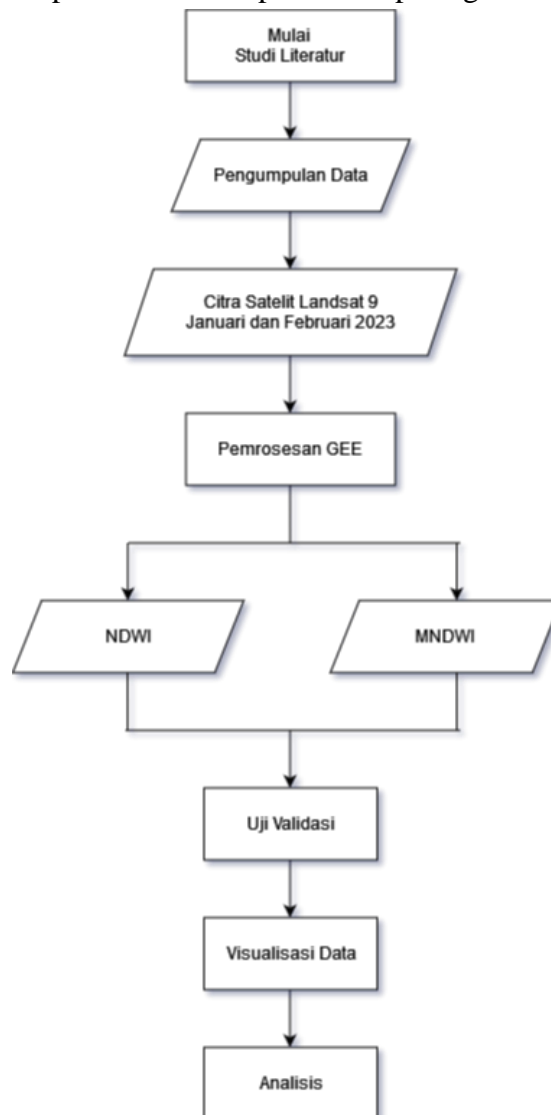
Sedangkan, waktu penelitian dilakukan pada bulan Januari dan Februari tahun 2023 di mana pada saat itu sedang terjadi bencana banjir di Kabupaten Kudus. **Alat Dan Data**

Adapun alat dan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Alat
 - a. Earth Engine
 - b. QGIS 3.24
 - c. Microsoft Excel
 - d. Fiji ImageJ 2.9.0
2. Data
 - a. Citra Satelit Landsat 9 bulan Januari dan Februari 2023
 - b. Shapefile Batas Administrasi Kabupaten Kudus

Alur Penelitian

Adapun diagram alur penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 1. Diagram alur penelitian

Sumber : Hasil pengolahan



Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data citra satelit dilakukan melalui platform Earth Engine.. Earth Engine merupakan platform pengolahan data citra satelit penginderaan jauh berbasis komputasi awan di mana beragam data penginderaan jauh telah tersedia dan pengguna hanya perlu mengimpor dan mengolah data di platform tersebut. Sedangkan, citra satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra satelit Landsat 9 yang tersedia di platform Earth Engine dan telah terkoreksi secara TOA (Top of Atmosphere) Reflectance.

Metode Pengolahan Data

Pengolahan citra satelit Landsat 9 dilakukan dengan tahapan *clipping* dan penerapan algoritma NDWI dan MNDWI melalui platform Earth Engine. Setelah itu, dilakukan ekstraksi data untuk digunakan dalam tahapan visualisasi data. Visualisasi data dilakukan melalui perangkat lunak Microsoft Excel dan QGIS 3.24. Ekstraksi data juga dilakukan untuk mengetahui nilai ambang (*threshold*) yang digunakan dalam membedakan objek area tergenang dan tidak tergenang. Penentuan nilai ambang dilakukan secara manual menggunakan perangkat lunak Fiji ImageJ 2.9.0. Sementara itu, uji akurasi dilakukan menggunakan plugin AcATaMa (Accuracy Assessment of Thematic Maps) melalui perangkat lunak QGIS 3.24.

NDWI (Normalized Difference Water Index)

NDWI (Normalized Difference Water Index) merupakan algoritma yang digunakan dalam menentukan keberadaan air di permukaan. Algoritma NDWI dikembangkan oleh McFeeters (1996) yang digunakan dalam membedakan objek air dengan non air. Nilai NDWI didapatkan dari perbandingan dari band Green dengan band Near infrared yang dijelaskan melalui persamaan sebagai berikut

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$$

Keterangan

NIR = Band Near Infrared (Band 5) Landsat 9

Green = Band Green (Band 3) Landsat 9

Hasil dari algoritma NDWI menghasilkan nilai piksel dalam rentang -1 hingga 1 dimana semakin positif maka menunjukkan adanya keberadaan air dan semakin negatif maka menunjukkan keberadaan air yang rendah. Nilai NDWI yang menunjukkan adanya keberadaan air ditunjukkan pada nilai lebih dari 0 (McFeeters, 1996).

MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index)

MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index) merupakan pengembangan algoritma NDWI yang digunakan dalam menentukan keberadaan air di permukaan. Algoritma MNDWI dikembangkan oleh Xu (2006) dengan menggunakan band MIR (Middle infrared). Pada citra Landsat 9, band MIR dapat diganti dengan band SWIR. Persamaan algoritma MNDWI dinyatakan sebagai berikut

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR}{Green + SWIR}$$

Keterangan

SWIR = Band Near Infrared (Band 6) Landsat 9

Green = Band Green (Band 3) Landsat 9



Hasil dari algoritma MNDWI menghasilkan nilai piksel dalam rentang -1 hingga 1 dimana semakin positif maka menunjukkan adanya keberadaan air. Nilai MNDWI yang menunjukkan adanya keberadaan air ditunjukkan pada nilai lebih dari 0,2.

Uji Akurasi

Sedangkan, waktu penelitian dilakukan pada bulan Januari dan Februari tahun 2023 di mana pada saat itu sedang terjadi bencana banjir di Kabupaten Kudus. Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pada objek tergenang dan tidak tergenang. Uji akurasi dilakukan menggunakan plugin AcATaMa (Accuracy Assessment of Thematic Maps) pada perangkat lunak QGIS 3.24. LAPAN (2015) menetapkan akurasi yang layak dalam proses klasifikasi objek menggunakan citra satelit harus berada di atas 75%. Uji akurasi dilakukan dengan menggunakan matriks konfusi (*Confusion matrix*). Hasil dari uji akurasi adalah akurasi pengguna, akurasi produser, akurasi keseluruhan, serta nilai Kappa. Akurasi pengguna (*User Accuracy*) didapatkan dari perbandingan jumlah sampel yang benar terhadap total sampel pada kolom sampel kelas. Sedangkan, akurasi produser (*Producer Accuracy*) didapatkan dari perbandingan jumlah sampel yang benar terhadap total sampel pada baris sampel kelas. Perbandingan antara jumlah sampel yang benar terhadap total sampel keseluruhan disebut sebagai akurasi keseluruhan (*Overall Accuracy*). Formula dari uji akurasi dijabarkan pada persamaan berikut

$$\text{Akurasi Pengguna} = \frac{X_{ii}}{X_b} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi Produser} = \frac{X_{ii}}{X_k} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi Keseluruhan} = \frac{\sum D}{\sum N} \times 100\%$$

Keterangan

X_{ii} = Jumlah sampel yang benar

X_b = Jumlah keseluruhan sampel pada baris

X_k = Jumlah keseluruhan sampel pada kolom

$\sum D$ = Jumlah keseluruhan sampel yang benar pada diagonal matriks

$\sum N$ = Jumlah keseluruhan sampel

Akurasi Kappa dilakukan ketika pada proses klasifikasi terdapat adanya faktor kesalahan. Akurasi kappa menggunakan perhitungan pada semua elemen pada matriks konfusi. Nilai indeks kappa lebih rendah daripada nilai pada akurasi keseluruhan di mana indeks kappa mempertimbangkan jumlah data yang benar terhadap hasil klasifikasi dan kondisi pada lapangan (Wiweka *et. al*, 2015). Adapun formula dari akurasi kappa adalah sebagai berikut

$$\text{Akurasi Kappa} = \frac{\sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_b \times X_k)}{\sum N^2 - \sum_{i=1}^r (X_b \times X_k)} \times 100\%$$

Uji akurasi kappa menghasilkan nilai kappa yang menjelaskan tingkat akurasi pada proses klasifikasi. Nilai kappa dikelompokkan berdasarkan kelas sebagai berikut



Tabel 1. Kelas indeks kappa

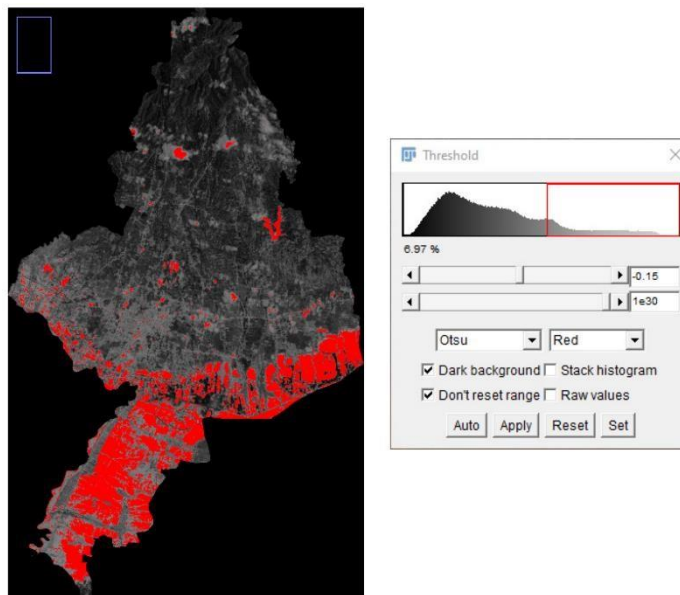
Nilai Kappa	Keterangan
< 0,20	Buruk
0,21 – 0,40	Rendah
0,41 – 0,60	Sedang
0,61 – 0,80	Baik
> 0,80	Sangat Baik

Sumber: Henry et. al (2016)

HASIL DAN PEMBAHASAN Nilai

Ambang Genangan Air

Nilai ambang memiliki peran penting dalam membedakan objek tergenang dan tidak tergenang. Objek yang memiliki nilai di atas nilai ambang dikategorikan sebagai objek tergenang dan sebaliknya, objek yang memiliki nilai di bawah nilai ambang dikategorikan sebagai objek tidak tergenang. Menurut McFeeters (1996), nilai ambang pada NDWI secara umum berada pada nilai 0. Akan tetapi, menurut Ji, *et. al* (2009), nilai 0 yang termasuk nilai ambang pada NDWI bukanlah nilai konstan akan tetapi nilai yang dapat berubah-ubah. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan komponen tutupan lahan yang berbeda-beda pada setiap daerah kajian yang ditentukan. Oleh karena itu, nilai ambang perlu ditentukan dengan metode tertentu sehingga objek air dan non air dapat dibedakan. Metode penentuan nilai ambang pada penelitian ini menggunakan metode Algoritma Otsu pada NDWI dan metode Natural breaks (Jenks) pada MNDWI. Metode tersebut digunakan dalam melakukan pengelompokan data berdasarkan nilai tertentu.



Gambar 2. Penentuan nilai ambang pada NDWI menggunakan algoritma Otsu melalui perangkat lunak Fiji ImageJ

Sumber : hasil analisis

Penentuan nilai ambang menggunakan algoritma Otsu pada NDWI dilakukan melalui perangkat lunak Fiji ImageJ. Sedangkan, penentuan nilai ambang pada MNDWI dilakukan



menggunakan metode natural breaks melalui pemrosesan secara otomatis pada perangkat lunak QGIS 3.24. Hasil dari penentuan nilai ambang dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 2. Nilai ambang batas (*threshold value*)

Keterangan	Nilai	Metode
NDWI Jan	-0,15	Otsu
NDWI Feb	-0,15	Otsu
MNDWI Jan	-0,00774	Natural Breaks
MNDWI Feb	0,00197	Natural Breaks

Sumber: Hasil pengolahan

Tabel 2 menunjukkan adanya perbedaan nilai ambang pada tiap-tiap citra. NDWI bulan Januari dan Februari memiliki nilai ambang yang sama yakni -0,15 di mana objek genangan air dapat diidentifikasi bila nilainya di atas -0,15 dan objek non genangan dapat diidentifikasi bila nilainya di bawah -0,15. Sedangkan, MNDWI Januari memiliki nilai ambang -0,00774 di mana objek genangan air dapat diidentifikasi bila nilainya di atas 0,00774. MNDWI Februari memiliki nilai ambang 0,00197 di mana objek genangan air dapat diidentifikasi bila nilainya di atas 0,00197. Nilai ambang tersebut digunakan dalam klasifikasi ulang (*reclassify*) untuk menghasilkan dua kelas, yaitu objek tergenang dan objek non tergenang.

Uji Akurasi

Uji akurasi memperlihatkan bagaimana tingkat keakuratan pada objek tergenang dan tidak tergenang. Uji akurasi pada penelitian ini menggunakan jumlah sampel 30 yang diperoleh dari metode *stratified random sampling*. Hasil dari uji akurasi dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 3. Hasil uji akurasi NDWI bulan Januari

NDWI Jan				
Kelas	Klasifikasi		Total	User Accuracy
	Non Genangan	Genangan		
Non Genangan	29	1	30	96,67 %
Genangan	3	27	30	90 %
Total	32	28	60	
Producer Accuracy	90,63 %	96,43 %		
Overall Accuracy	93,33 %			
Nilai Kappa	0,87 (87%)			

Sumber: Hasil pengolahan



Tabel 4. Hasil uji akurasi NDWI bulan Februari

NDWI Feb				
Kelas	Klasifikasi		Total	User Accuracy
	Non Genganan	Genangan		
Non Genganan	29	1	30	96,67 %
Genangan	0	30	30	100 %
Total	29	31	60	
Producer Accuracy	100 %	96,77 %		
Overall Accuracy	98,33 %			
Nilai Kappa	0,97 (97%)			

Sumber: Hasil pengolahan

Tabel 5. Hasil uji akurasi MNDWI bulan Januari

MNDWI Jan				
Kelas	Klasifikasi		Total	User Accuracy
	Non Genganan	Genangan		
Non Genganan	30	0	30	100 %
Genangan	3	27	30	90 %
Total	33	27	60	
Producer Accuracy	90,91 %	100 %		
Overall Accuracy	95 %			
Nilai Kappa	0,90 (90%)			

Sumber: Hasil pengolahan

Tabel 6. Hasil uji akurasi MNDWI bulan Februari

MNDWI Feb				
Kelas	Klasifikasi		Total	User Accuracy
	Non Genganan	Genangan		
Non Genganan	29	1	30	96,67 %
Genangan	3	27	30	90 %
Total	32	28	60	
Producer Accuracy	90,63 %	96,43 %		
Overall Accuracy	93,33 %			
Nilai Kappa	0,87 (87%)			

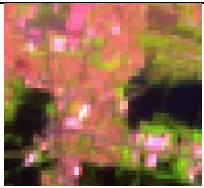
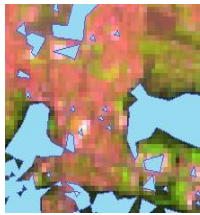
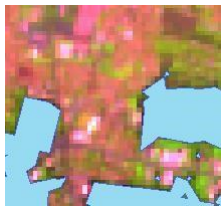


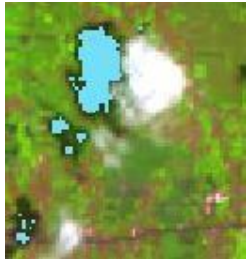


Sumber: Hasil pengolahan

Hasil dari uji akurasi memperlihatkan NDWI bulan Januari memiliki akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) sebanyak 93,33% dan nilai kappa sebesar 87%. Sedangkan, MNDWI bulan Januari memiliki akurasi keseluruhan sebanyak 95% dan nilai kappa sebesar 90%. Pada NDWI bulan Februari menunjukkan akurasi keseluruhan sebanyak 98,33% dan nilai kappa sebesar 97%. Sedangkan, MNDWI bulan Februari memperlihatkan akurasi keseluruhan sebanyak 93,33% dan nilai kappa sebesar 87%. Berdasarkan kelas klasifikasi nilai Kappa, keseluruhan citra berada pada kategori akurasi sangat baik sehingga dapat digunakan sebagai referensi dalam pengambilan kebijakan terhadap penanggulangan bencana banjir. Keseluruhan akurasi baik akurasi keseluruhan dan nilai Kappa memperlihatkan nilai di atas 75% sehingga menurut LAPAN (2015), akurasi tersebut sangat baik dalam melakukan pemetaan genangan banjir.

Perbandingan akurasi pada tiap-tiap citra satelit menunjukkan bahwa hasil yang terbaik dalam melakukan pemetaan genangan banjir berada pada citra MNDWI Januari dan NDWI Februari. Adanya akurasi yang rendah disebabkan adanya kesalahan dalam proses pengelompokkan sampel di mana terdapat sampel yang tidak sesuai dengan kondisi pada lapangan. Ketidakesesuaian ini disebabkan pada pemrosesan algoritma pada NDWI dan MNDWI.

Tabel 7. Perbedaan akurasi pada NDWI dan MNDWI

Objek	NDWI	MNDWI
 Bangunan		
 Awan		

Sumber: Hasil pengolahan

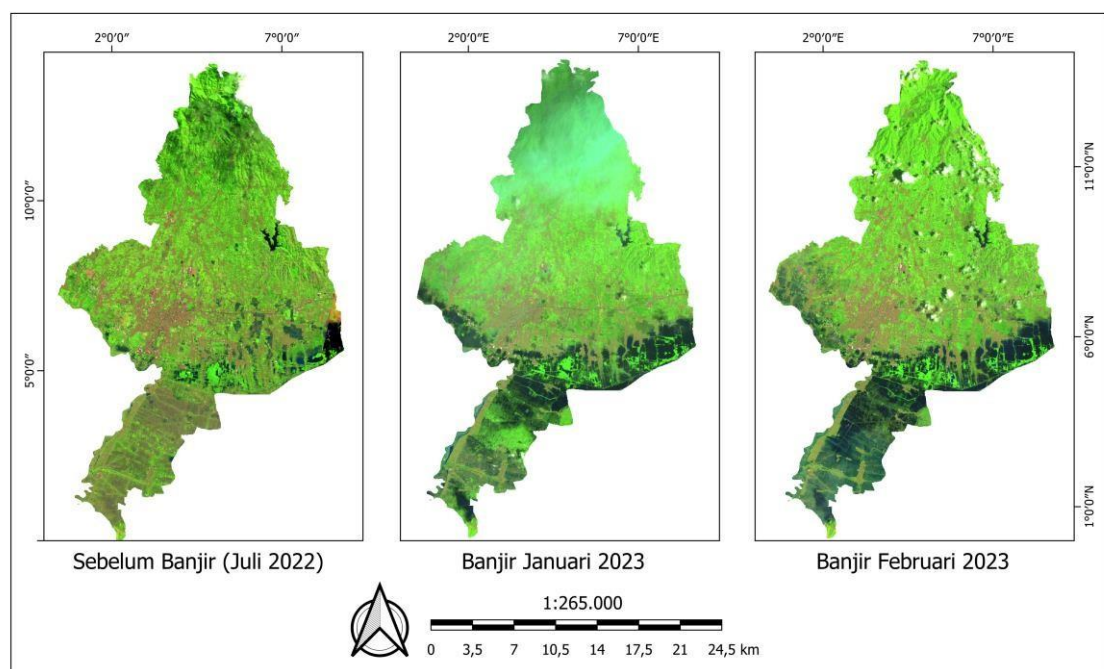
Tabel 7 memperlihatkan pada objek bangunan, NDWI mengelompokkan bangunan sebagai objek tergenang. Hal ini disebabkan NDWI tidak dapat memisahkan area terbangun dengan objek air. Pada NDWI, objek terbangun memiliki nilai positif yang sama dengan nilai objek air karena reflektan pada band NIR lebih rendah daripada band Green (Xu, 2006 dalam Ji, *et. al*, 2009). Formula MNDWI yang dikembangkan oleh Xu (2006) menggunakan band Green dan band MIR/SWIR. Band Green memiliki fungsi untuk meningkatkan reflektan objek air dan band SWIR memiliki daya serap yang tinggi pada air (Octarina, Putra, dan Wirdiani, 2019). Nilai bangunan pada MNDWI bernilai negatif sehingga dapat membedakan terhadap objek terbangun dengan objek air (Pranadiarso, Hidayah, dan Halik,



2022). Pada objek awan, MNDWI mengelompokkan objek yang terhalang oleh bayangan awan sebagai objek tergenang. Sedangkan, pada NDWI mengelompokkan awan sebagai objek tergenang. Hal ini disebabkan karena reflektansi band NIR pada NDWI lebih peka terhadap objek yang memantulkan cahaya seperti bangunan. Sedangkan, reflektansi band SWIR pada MNDWI lebih peka terhadap objek yang menyerap cahaya pada SWIR seperti badan air. Oleh karena itu, dalam melakukan pemetaan genangan banjir menggunakan algoritma NDWI dan MNDWI perlu dipertimbangkan pemilihan citra berdasarkan keberadaan awan atau melakukan *masking* pada objek awan.

Analisis Banjir Kabupaten Kudus Tahun 2023

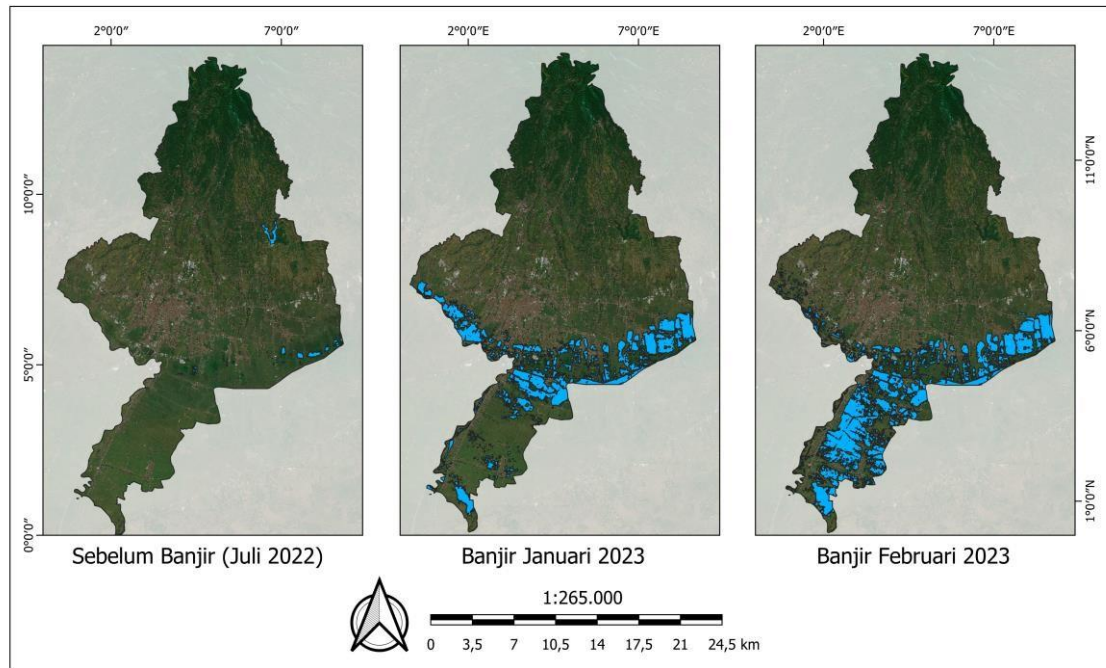
Hasil pengolahan algoritma NDWI dan MNDWI menunjukkan adanya peningkatan objek badan air pada permukaan saat sebelum terjadi banjir dan setelah terjadi banjir. Hasil dari penerapan algoritma tersebut dapat dilihat pada gambar visualisasi genangan sebagai berikut



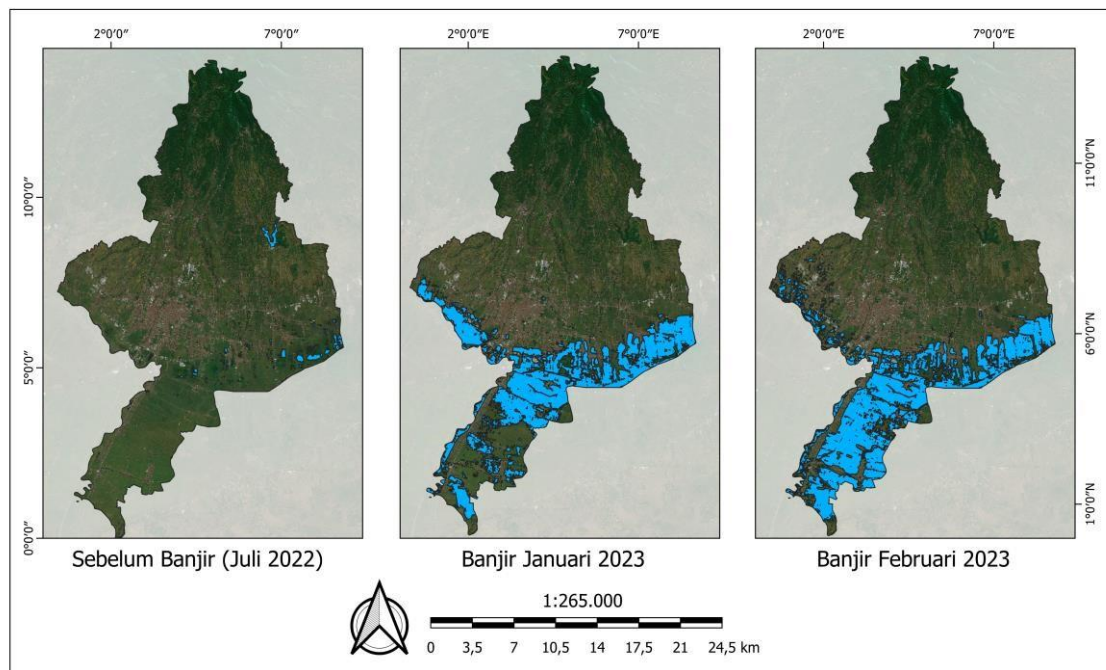
Gambar 2. Visualisasi komposit natural color ketika terjadi banjir



Sumber: hasil pengolahan



Gambar 3. Pemetaan banjir menggunakan algoritma NDWI Sumber: hasil pengolahan



Gambar 4. Pemetaan banjir menggunakan algoritma MNDWI Sumber: hasil pengolahan

Gambar 2 memperlihatkan dinamika genangan air pada permukaan saat sebelum banjir (Juli 2022) dan saat terjadi banjir pada bulan Januari 2023 dan Februari 2023. Gambar 3 dan Gambar 4 memperlihatkan visualisasi hasil penerapan algoritma NDWI dan MNDWI dalam memetakan genangan banjir. Adapun hasil perhitungan luasan banjir dapat dilihat pada tabel berikut



Tabel 8. Luas Area (km²) Tergenang Banjir Kabupaten Kudus Tahun 2023

Bulan	NDWI	MNDWI
Januari	43,77	78,15
Februari	60,998	90,45

Sumber: Hasil pengolahan

Tabel 8 menunjukkan luas area tergenang banjir pada bulan Januari adalah 43,77 km² menggunakan metode NDWI dan 78,15 km² menggunakan metode MNDWI. Sedangkan, pada bulan Februari, luas area tergenang banjir adalah 60,998 km² menggunakan metode NDWI dan 90,45 km² menggunakan metode MNDWI. Perhitungan luas area tergenang banjir memperlihatkan adanya kenaikan area tergenang banjir pada bulan Februari. Tabel 8 juga memperlihatkan adanya perbedaan luas yang cukup signifikan pada metode NDWI dan MNDWI di mana metode MNDWI memiliki perhitungan luasan yang lebih besar daripada metode NDWI.

Analisis Banjir Per Kecamatan

Hasil pengolahan algoritma NDWI dan MNDWI menghasilkan perhitungan luasan genangan banjir di Kabupaten Kudus sehingga dapat dilakukan perhitungan luas berdasarkan kecamatan. Berdasarkan data kejadian banjir BPBD Kabupaten Kudus (2023), terdapat lima kecamatan yang terdampak banjir dengan ketinggian genangan bervariasi dari 20 cm hingga 30 cm. Adapun lima kecamatan yang terdampak banjir adalah Kecamatan Jati, Kecamatan Undaan, Kecamatan Jekulo, Kecamatan Kaliwungu, dan Kecamatan Mejobo. Hasil pengolahan NDWI dan MNDWI menghitung luas area genangan pada lima kecamatan tersebut yang dapat dilihat pada tabel dan grafik sebagai berikut

Tabel 9. Luas Area (km²) Tergenang Banjir Per Kecamatan Kabupaten Kudus 2023

Kec.	Januari		Februari	
	NDWI	MNDWI	NDWI	MNDWI
Jati	5,77	8,60	3,14	5,34
Mejobo	7,46	14,78	7,50	12,78
Jekulo	12,98	18,14	13,57	16,89
Kaliwungu	3,20	4,79	1,51	4,70
Undaan	13,94	31,19	34,80	49,91



Sumber: Hasil pengolahan



Gambar 5. Grafik luas area tergenang banjir per kecamatan

Sumber: hasil pengolahan

Tabel 9 memperlihatkan kecamatan yang paling terkena dampak bencana banjir berada pada Kecamatan Undaan dengan luas 31,19 km² pada bulan Januari dan 49,91 km² pada bulan Februari berdasarkan perhitungan MNDWI. Kecamatan yang sedikit terkena dampak banjir berada pada Kecamatan Kaliwungu dengan luas 3,20 km² pada bulan Januari dan 1,51 km² pada bulan Februari berdasarkan perhitungan NDWI. Pada Kecamatan Jati, luas genangan tertinggi pada bulan Januari seluas 8,60 km². Pada Kecamatan Mejobo, luas genangan tertinggi pada bulan Januari seluas 14,78 km². Pada Kecamatan Kaliwungu, luas genangan tertinggi berada pada bulan Januari seluas 4,79 km². Pada Kecamatan Kaliwungu, luas genangan tertinggi pada bulan Januari seluas 4,79 km². Pada Kecamatan Jekulo, luas genangan tertinggi berada pada bulan Januari seluas 18,14 km². Sedangkan, pada Kecamatan Undaan, luas genangan tertinggi berada pada bulan Februari seluas 49,91 km². Berdasarkan perhitungan luas MNDWI, Kecamatan Jekulo, Kecamatan Jati, Kecamatan Kaliwungu, dan Kecamatan Jekulo mengalami penurunan luasan pada bulan Februari yang menandakan bahwa banjir mulai surut pada daerah tersebut. Sedangkan, pada Kecamatan Undaan, terjadi peningkatan area tergenang banjir pada bulan Februari.

KESIMPULAN

Pemetaan genangan banjir di Kabupaten Kudus dilakukan melalui tahapan penentuan nilai ambang genangan, uji akurasi, dan perhitungan luas genangan. Berdasarkan hasil penelitian, nilai ambang pada NDWI Januari dan Februari masing-masing adalah -0,15. Sedangkan, pada MNDWI Januari dan Februari masing-masing adalah -0,00774 dan 0,00197. Hasil uji akurasi menunjukkan algoritma yang memiliki akurasi kappa yang baik adalah MNDWI Januari dan NDWI Februari. Hasil perhitungan luasan menunjukkan luas genangan banjir pada bulan Januari menggunakan metode NDWI dan MNDWI masing-masing seluas 43,77 km² dan 78,15 km². Sedangkan, luas genangan banjir pada bulan Februari menggunakan metode NDWI dan MNDWI masing-masing seluas 60,998 km² dan 90,45 km². Perhitungan luasan memperlihatkan adanya peningkatan genangan pada bulan



Februari. Perhitungan luasan juga menunjukkan bahwa daerah yang paling parah terdampak banjir berada pada Kecamatan Undaan.

Terdapat kelemahan dalam memetakan genangan banjir menggunakan algoritma NDWI dan MNDWI di mana objek terbangun dan awan terekam sebagai objek genangan pada NDWI. Sedangkan, pada MNDWI, objek bayangan yang ditimbulkan oleh awan ikut terekam sebagai objek genangan. Ketidaksesuaian pengelompokan ini menyebabkan rendahnya akurasi yang dihasilkan. Oleh karena itu, dalam melakukan pemetaan genangan banjir menggunakan kedua algoritma tersebut maka harap dipastikan terlebih dahulu tentang banyaknya keberadaan awan pada citra satelit dan melakukan *masking* untuk menghilangkan objek awan.

DAFTAR PUSTAKA

- Henry, F., Herwindiati, D. E., Mulyono, S., & Hendryli, J. (2017). Sugarcane Land Classification with Satellite Imagery Using Logistic Regression Model. *IOP Conference Series: Materials Science And Engineering*, 185(1), 1–6. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/185/1/012024>
- Ji, L., Zhang, L., & Wylie, B. (2009). Analysis of dynamic thresholds for the normalized difference water index. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 75(11), 1307–1317.
- Kasanah, N., Bashit, N., & Hadi, F. (2021). Analisis Lahan Sawah Tergenang Banjir Menggunakan Metode Change Detection dan PPPM (Phenology and Pixel Based Paddy Rice Mapping) (Studi Kasus: Kabupaten Demak), 10(1), 259–268.
- Lestari, M., Mira, Prasetyo, S. Y., & Fibriani, C. (2021). Analisis Daerah Rawan Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Tuntang Menggunakan Skoring dan Inverse Distance Weighted. *Indonesian Journal of Computing and Modeling*, 4(1), 1–9.
- Nuryanti, N., Tanesib, J., & Warsito, A. (2018). Pemetaan Daerah Rawan Banjir dengan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis di Kecamatan Kupang Timur Kabupaten Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur, *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, 3(1), 73–79.
- Octarina, T. M., Putra, I. D. N., & Wirdiani, N. K. A. (2019). Penginderaan Jauh Pemrosesan Data Satelit Landsat 8 Untuk Deteksi Genangan. *Jurnal Ilmiah Merpati (Menara Penelitian Akademika Teknologi Informasi)*, 7(1), 77–85.
- Pranadiarso, T., Hidayah, E., & Halik, G. (2022). Pemetaan Cepat Genangan Banjir Menggunakan Teknologi Remote Sensing. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 16(2), 132–141.
- Simamora, F. B., Sasmito, B., & Haniah, H. (2015). Kajian Metode Segmentasi untuk Identifikasi Tutupan Lahan dan Luas Bidang Tanah Menggunakan Citra pada Google Earth (Studi Kasus: Kecamatan Tembalang, Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*, 4(4), 43–51.
- Soltanian, F. K., Abbasi, M., & Bakhtyari, R. (2019). Flood Monitoring Using NDWI and MNDWI Spectral Indices: A Case Study of Aghqala Flood-2019, Golestan Province,



- Iran. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-4/W18, 605–607, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W18-605-2019>
- Suwarsono, Nugroho, J. T., & Wiweka. (2013). Identification of Inundated Area Using Normalized Difference Water Index (NDWI) on Lowland Region of Java Island. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, 10(2), 114–121. <http://dx.doi.org/10.30536/j.ijreses.2013.v10.a1850>
- Wiweka, Parwati, E., Prayogo, T., Marini, Y., & Budiman, S. (2014). Uji Akurasi Training Sample untuk Klasifikasi Terawasi Data Penginderaan Jauh Resolusi Menengah. *Semin. Nas. IDEC 2014*, 559–566.
- Xu, H. (2006). Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025-3033.