

# Pengembangan Strategi Ruang Terbuka Hijau Multi-fungsi Berbasis *Nature-Based Solutions* untuk Ketahanan Iklim dan Mitigasi Banjir Rob di Kawasan Medan Belawan

Sherly Ennina Maretha Br Sinuraya<sup>1</sup>, Achmad Siddik Thoha<sup>2\*</sup>, Charloq<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Perencanaan Pembangunan Wilayah dan Pedesaan, Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara, Medan

<sup>2</sup>Program Studi Doktor Perencanaan Wilayah, Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara, Medan

\*Koresponden email: a.siddik@usu.ac.id

Diterima: 5 Maret 2026

Disetujui: 9 Maret 2026

## Abstract

The degradation of green open spaces (RTH) in Medan Belawan District exacerbates the impact of tidal flooding, but there has been no comprehensive functional spatial study to support tidal flood disaster mitigation. This study analyzes the condition of RTH, evaluates its ecological function contribution, and formulates nature-based solutions (NbS) strategies using Sentinel-2 image spatial analysis (NDVI), field observations, and interviews. The results show that the Medan Belawan subdistrict has an NDVI of -0.03 to 0.40. The level of vulnerability to tidal flooding in the subdistrict and urban villages ranges from moderate to very high, with the urban villages of Belawan Bahagia and Bagan Deli in the very high category and Belawan Sicanang in the high category, experiencing tidal flooding heights of 100–2.8 m or adult chest height. The existing green space consists of only three paved fields without vegetation, while the technical infrastructure consists of one pump house and three floodgates that are ineffective without ecological buffer support. The level of contribution of the ecological function of green space is very low due to the absence of coastal vegetation and the dominance of densely built-up land. This study produced a strategy for a priority RTH zoning model based on NbS and a participatory community strategy as a local government policy for tidal flood mitigation and sustainable climate resilience in densely built-up coastal areas.

**Keywords:** *green open spaces, sentinel-2, tidal wave, climate resilience, medan belawan*

## Abstrak

Degradasi Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kecamatan Medan Belawan memperparah dampak banjir rob, namun belum ada kajian spasial fungsional yang komprehensif untuk mendukung mitigasi bencana banjir rob. Penelitian ini menganalisis kondisi RTH, mengevaluasi kontribusi fungsi ekologisnya dan merumuskan strategi berbasis *Nature-based Solutions* (NbS) menggunakan analisis spasial citra Sentinel-2 (NDVI), observasi lapangan dan wawancara. Hasil menunjukkan kecamatan Medan Belawan memiliki NDVI -0,03 sampai 0,40. Tingkat kerentanan banjir rob di kecamatan maupun di kelurahan meliputi sedang ke sangat tinggi dengan kelurahan Belawan Bahagia, Bagan Deli untuk kategori sangat tinggi dan Belawan Sicanang kategori tinggi yang mengalami ketinggian genangan rob 100 – 2,8 m atau dada orang dewasa. RTH eksisting hanya berupa tiga lapangan perkerasan tanpa vegetasi, sementara infrastruktur teknis terdapat 1 rumah pompa dan 3 pintu air belum efektif tanpa dukungan buffer ekologis. Tingkat kontribusi fungsi ekologis RTH sangat rendah akibat ketiadaan vegetasi pesisir dan dominasi lahan terbangun padat. Penelitian ini menghasilkan strategi model zonasi prioritas RTH berbasis NbS dan strategi partisipatif masyarakat sebagai kebijakan pemerintah daerah untuk mitigasi banjir rob dan ketahanan iklim berkelanjutan di kawasan pesisir padat terbangun.

**Kata kunci:** *ruang terbuka hijau, sentinel-2, banjir rob, solusi berbasis alam, ketahanan iklim, medan belawan*

## 1. Pendahuluan

Perubahan iklim global telah memicu kenaikan muka air laut yang diprediksi mencapai 0,51-1 meter pada akhir abad, ini mengancam keberlanjutan kota-kota pesisir di Indonesia. Kondisi ini diperparah oleh fenomena penurunan muka tanah (*land subsidence*) sebesar 1-15 cm per tahun yang mengintensifkan frekuensi banjir rob di Kota Medan, khususnya Kecamatan Medan Belawan. Banjir rob telah menjadi bencana kronis dengan frekuensi 8012 kali per tahun dan ketinggian genangan hingga 150 cm pada kondisi ekstrem. Sebagai kawasan strategis dengan keberadaan Pelabuhan internasional Belawan, degradasi

lingkungan akibat urbanisasi dan alih fungsi lahan hijau menjadi kawasan terbangun telah menurunkan kapasitas adaptasi kawasan terhadap tekanan hidrometeorologi [1].

Penurunan kualitas dan kuantitas ruang terbuka hijau (RTH) di Medan Belawan menjadi akar permasalahan yang memperburuk dampak banjir. Menurut UU No 26 Tahun 2007 dan Peraturan Walikota Medan No 46 Tahun 2024, RTH memiliki peran vital dalam mitigasi bencana melalui mekanisme infiltrasi dan perlindungan alami. Namun data RDTR memperlihatkan kondisi di lapangan berbeda, di mana kawasan yang seharusnya berfungsi sebagai penyangga ekologis telah terdegradasi. Pendekatan struktural konvensional seperti rumah pompa dan pintu air diterapkan terbukti belum efektif mengatasi banjir secara fundamental tanpa melibatkan pemulihan fungsi ekologis kawasan [2].

Kesenjangan utama dalam penanganan banjir rob di wilayah ini adalah ketersediaan data spasial yang detail dan mutakhir mengenai kondisi vegetasi. Penelitian sebelumnya masih didominasi oleh data sekunder dan survei lapangan terbatas. Oleh karena itu, penggunaan teknologi penginderaan jauh melalui citra satelit Sentinel-2 dengan analisis *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk memberikan solusi dalam memantau kerapatan dan kesehatan vegetasi secara objektif [3]. Selain metode NDVI juga terdapat penggunaan metode dengan menggunakan analisis gambar berbasis objek (OBIA) metode ini menggunakan UAV atau drone yang menghasilkan tujuh klasifikasi kelas penggunaan lahan. Penggunaan lahan di Kecamatan Medan Belawan rentan terhadap banjir rob dikarenakan letak wilayahnya berada di dekat garis pantai atau sungai [4].

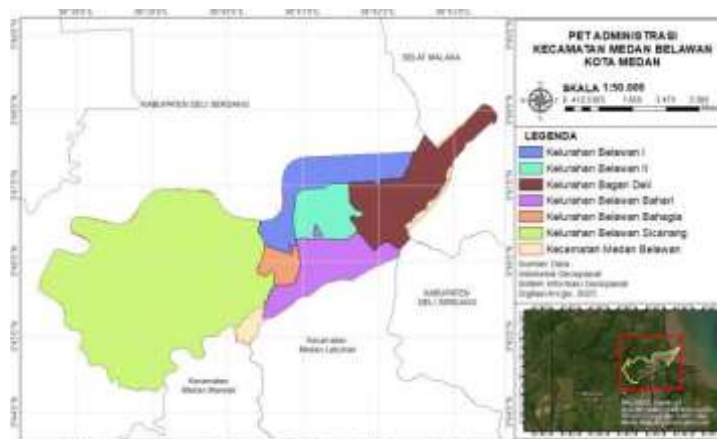
Melalui integrasi data geospasial ini, pendekatan *Nature based Solutions* (NbS) dapat dirumuskan secara presisi. NbS merupakan paradigma global yang mengoptimalkan proses alami, seperti restorasi mangrove dan pembangunan infrastruktur hijau yang mampu meredam energi gelombang hingga 70% sekaligus berfungsi sebagai sistem drainase alami. Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada integrasi sistematis antara teknologi geospasial mutakhir dengan kerangka kerja NbS yang kontekstual bagi kawasan pesisir urban tropis [5].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi aktual RTH di Medan Belawan menggunakan citra Sentinel-2, mengevaluasi kontribusi ekologisnya terhadap mitigasi banjir rob dan ketahanan iklim serta merumuskan strategi pengembangan RTH multi-fungsi berbasis NbS [6]. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan landasan ilmiah bagi pemerintah, sektor swasta melalui program CSR serta akademisi dalam menciptakan ketahanan iklim dan mitigasi banjir rob yang berkelanjutan di kawasan pesisir [7].

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Medan Belawan yang meliputi enam kelurahan yaitu Belawan I, Belawan II, Belawan Bahagia, Bagan Deli, Belawan Bahari dan Belawan Sicanang (**Gambar 1**). Penelitian dilakukan selama tiga bulan, yaitu bulan Oktober 2025 - Desember 2025.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian

### 2.2. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode campuran (*mixed method*) dengan deskriptif analitis dan eksplanatif untuk merumuskan strategi mitigasi banjir rob berbasis *nature based solutions* di Kecamatan Medan Belawan. Analisis kualitatif dilakukan secara spasial melalui pengolahan citra Sentinel -

2 (NDVI) dan GIS sementara data kualitatif diperoleh melalui observasi, kuesioner dan wawancara dengan dinas terkait. Integrasi kedua pendekatan ini bertujuan untuk mengevaluasi hubungan karakteristik RTH dengan kejadian banjir rob guna menghasilkan strategi pengembangan RTH multifungsi yang aplikatif bagi ketahanan iklim dan mitigasi banjir rob [8].

### 2.3. Data dan alat penelitian

Dalam mendukung pelaksanaan penelitian maka diperlukan berbagai jenis data, baik data primer maupun sekunder yang berkaitan dengan tujuan penelitian yang akan dilakukan. Sesuai dengan tujuan penelitian ini maka data primer meliputi survei lapangan, wawancara dan kuesioner sedangkan data sekunder diuraikan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1. Kebutuhan Data Penelitian**

Jenis Data	Kebutuhan Data	Sumber Data
Penggunaan Lahan	Citra Sentinel-2	Esri Land Cover Explorer ,ArcGIS 10.8, QGIS
Rencana Pola Ruang dan Zonasi	SHP Penggunaan Lahan	Esri Land Cover Explorer, ArcGIS
Peta Administratif Medan Belawan	SHP Kecamatan	Indonesia Geospasial
RDTR Kecamatan Medan Belawan	Peta Rencana Pola Ruang	Dinas terkait
Data Kejadian Banjir Rob	Laporan Bulanan	Dinas terkait
NDVI	Citra Sentinel-2	Landsat Collection 2/Landsat 8-9 OLI/TIRS C24, ArcGIS 10.8, QGIS
Rencana Pola RTH Belawan	Peta RTH Belawan	Dinas terkait

### 2.4. Analisis Data

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini dengan pendekatan *mixed method* dengan integrasi analisis kuantitatif spasial dan analisis kualitatif secara sistematis. Integrasi kedua pendekatan ini untuk menghasilkan pemahaman yang komprehensif mengenai kondisi RTH, kontribusi ekologisnya dan merumuskan strategi pengembangan yang aplikatif dan berkelanjutan [9].

#### 2.4.1. Citra Satelit Sentinel-2

Sentinel-2 merupakan program Copernicus digunakan sebagai sumber utama analisis kuantitatif spasial karena resolusi spektralnya yang luas dan resolusi spasial tinggi 10-60 meter dengan 12 band spektral termasuk spektrum NIR dan SWIR. Data ini diolah untuk memetakan distribusi RTH dan menghitung indeks vegetasi (NDVI). Tujuan analisis ini untuk mengevaluasi hubungan spasial antara keberadaan RTH dengan pola kejadian banjir rob di Kecamatan Medan Belawan [10]. Maka untuk mendukung analisis ini terdapat 12 band spektral yang diuraikan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Spesifikasi Data Band Sentinel-2**

Band	Nama Band	Resolusi Spasial	Panjang Gelombang	Fungsi Utama
B1	Coastal Aerosol	60 m	443 nm	Deteksi aerosol
B2	Blue	10 m	490 nm	Analisis air
B3	Green	10 m	560 nm	Vegetasi
B4	Red	10 m	665 nm	Klorofil vegetasi
B5	Red Edge 1	20 m	805 nm	Vegetasi stres
B6	Red Edge 2	20 m	740 nm	Vegetasi stres
B7	Red Edge 3	20 m	783 nm	Vegetasi stres
B8	NIR	10 m	842 nm	Biomassa vegetasi
B9	Water Vapour	69 m	945 nm	Uap air
B10	SWIR Cirrus	60 m	1375 nm	Deteksi cirrus
B11	SWIR 1	20 m	1610 nm	Kelembaban tanah
B12	SWIR 2	20 m	2190 nm	Kelembaban tanah

#### 2.4.2 Analisis NDVI

NDVI sebagai indeks vegetasi umum yang digunakan untuk penginderaan jauh dalam mengukur Kesehatan dan kepadatan vegetasi dengan mengolah data raster Sentinel-2 melalui Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 dengan perbandingan reflektansi band 5 (NIR) dan band 4 (*red*) dengan menggunakan formula:

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad NDVI = \frac{(band\ 4 - band\ 5)}{(band\ 4 + band\ 5)}$$

Hasil dari formula tersebut memiliki nilai berkisar antara -1 hingga +1 dan diklasifikasikan ke dalam lima klasifikasi tingkatan kehijauan untuk mengidentifikasi kesehatan vegetasi, luas tutupan RTH serta membedakannya area non vegetasi seperti badan air dan lahan terbangun. Maka lima klasifikasi tingkatan kehijauan dalam penelitian ini terdapat pada **Tabel 3** [11].

**Tabel 3.** Klasifikasi Nilai NDVI

Kelas	Rentang Nilai NDVI	Keterangan
1	-1 s/d -0,03	Lahan tidak bervegetasi (air, bangunan, jalan)
2	-0,03 s/d 0,15	Kehijauan sangat rendah (lahan terbuka, tanah kosong)
3	0,15 s/d 0,25	Kehijauan rendah (vegetasi jarang, rumput kering)
4	0,25 s/d 0,35	Kehijauan sedang (vegetasi sedang, perkebunan)
5	0,35 s/d 1,00	Kehijauan tinggi (hutan, vegetasi lebat)

Sumber: Peraturan Menteri RI No. P12/Menhut-11/2015

#### 2.4.3. Olah Data GIS

Pengolahan data menggunakan sistem informasi geografis (SIG) dengan mengintegrasikan hasil NDVI dengan data spasial lainnya seperti peta penggunaan lahan, peta administratif Lokasi penelitian, data kejadian banjir rob dan peta rencana pola ruang. Analisis ini untuk mengevaluasi hubungan antara kondisi eksisting RTH dengan intensitas banjir rob guna mengidentifikasi area prioritas pengembangan. Output analisis ini menghasilkan zonasi potensi implementasi NbS serta rekomendasi pengembangan strategi RTH.

#### 2.4.4. Operasional Variabel dan Skala Pengukuran

Variabel dalam penelitian ini untuk mengukur kontribusi ekologis RTH berbasis NbS dalam mitigasi banjir rob dan meningkatkan ketahanan iklim, variabel ini disusun dalam tiga variabel utama yaitu aspek ekologis, adaptasi iklim dan RTH yang dijabarkan menjadi indikator terukur sebagai instrumen kuesioner dan wawancara. Penilaian dilakukan dengan skala Likert 1-5 untuk mengukur persepsi dinas terkait secara sistematis yang hasilnya untuk merumuskan kontribusi RTH berbasis NbS. Maka variabel penelitian terdapat pada **Tabel 4**.

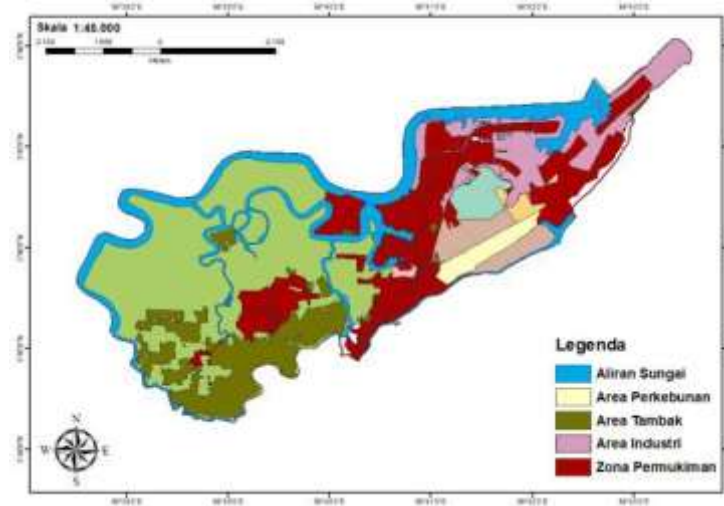
**Tabel 4.** Operasional Variabel

Variabel	Sub Variabel	Indikator
Ekologis	Kualitas Lingkungan	Keanekaragaman hayati RTH Kualitas udara di kecamatan Medan Belawan Luas lahan yang tetap sebagai RTH
Adaptasi Iklim	Ketahanan terhadap perubahan iklim	Program untuk menghadapi perubahan iklim Kesadaran tentang perubahan iklim Kegiatan untuk mengurangi risiko banjir
RTH	Luas ruang terbuka hijau	Persentase luas ruang terbuka hijau Tanaman di RTH sesuai dengan iklim setempat Pengunjung ruang terbuka hijau

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Kondisi Aktual dan Eksisting RTH di Medan Belawan

Kondisi aktual dan eksisting RTH di Kecamatan Medan Belawan mengintegrasikan citra Sentinel-2, metode NDVI dan verifikasi lapangan yang menunjukkan bahwa wilayah ini didominasi kawasan terbangun dengan ketersediaan RTH yang masih di bawah standar ideal dan kondisi ini terlihat dari padatnya area permukiman, minimnya buffer zone hijau di kawasan industri serta degradasi vegetasi riparian di sepanjang koridor sungai Belawan. Meskipun terdapat area tambak dan sisa ekosistem mangrove yang memberikan kontribusi tutupan hijau, alih fungsi lahan, menjadi bangunan tetap dan menjadi tantangan utama dalam pemenuhan tata ruang hijau yang komprehensif di wilayah tersebut. Dapat dilihat pada **Gambar 2** yang menunjukkan kondisi aktual dan eksisting RTH di Medan Belawan [12].

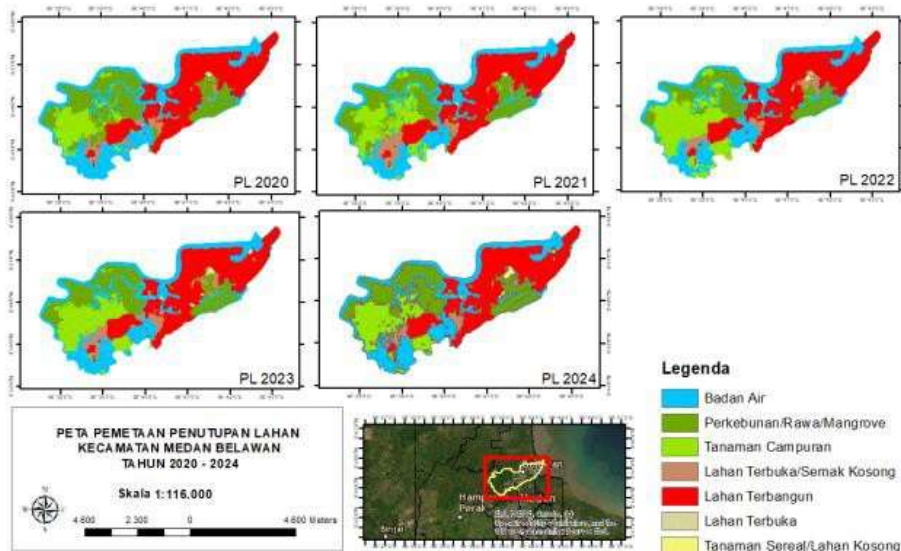


**Gambar 2.** Pola Ruang dan Zonasi Kecamatan Medan Belawan

**Gambar 2** diatas menunjukkan bahwa ketersediaan dan distribusi RTH di Medan Belawan dipengaruhi tata ruang wilayah tersebut yang hasilnya menunjukkan ketimpangan antara rencana pola ruang dengan kondisi aktual di lapangan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian bahwa zona pesisir seharusnya menjadi benteng pertahanan terhadap banjir rob justru mengalami degradasi yang secara fungsional berperan sebagai mitigasi banjir rob dan perlunya pengembangan strategi tata ruang yang aplikatif dan integratif untuk mengatasi penggunaan lahan.

### 3.2. Hubungan Sentinel-2 dengan SIG terhadap Pemetaan Penutupan Lahan

Sentinel-2 menggunakan ArcGIS dengan metode NDVI untuk memetakan distribusi kerapatan serta kesehatan vegetasi di Kecamatan Medan Belawan sebagai dasar perencanaan RTH multifungsi berbasis NbS dengan perbandingan tutupan lahan dari tahun 2020 hingga 2024 [13]. Metode ini mengidentifikasi tujuh kategori klasifikasi lahan yang signifikan sehingga hasil temuan ini untuk menentukan zonasi pengembangan strategi RTH. Dapat dilihat pada **Gambar 3** mengenai perbandingan penutupan lahan lima tahun terakhir.



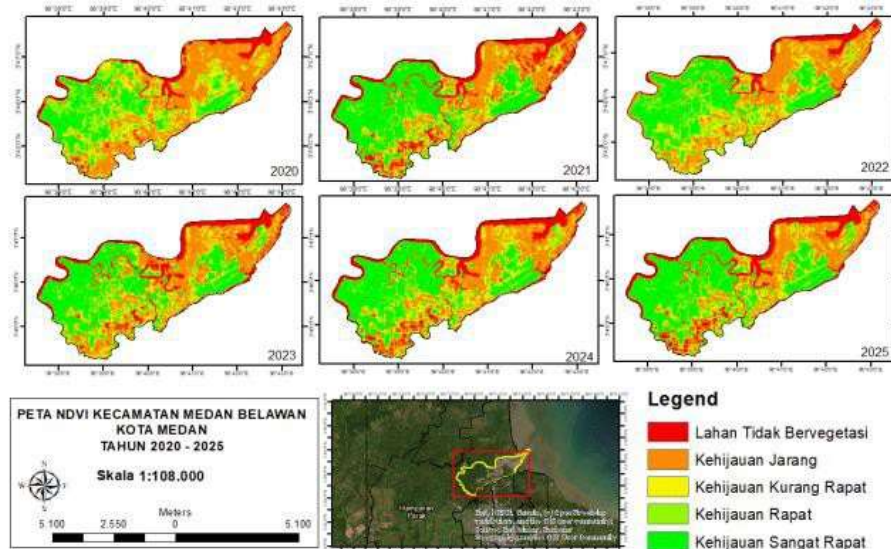
**Gambar 3.** Pemetaan Penutupan Lahan

Mengacu pada **Gambar 3** perubahan tutupan lahan di Kecamatan Medan Belawan menunjukkan peningkatan kawasan terbangun signifikan. Pertumbuhan ini didominasi ekspansi permukiman padat aktivitas industri dan perluasan pelabuhan terutama di kelurahan Belawan I, Belawan II dan Belawan Bahagia sehingga dampaknya RTH di kedua kelurahan yaitu Belawan Sicanang dan Bagan Deli terus mengalami penyusutan dan degradasi tekanan konversi lahan yang tinggi.

Pembangunan infrastruktur semakin mendorong urbanisasi ke zona penyangga pesisir sehingga luas kawasan terbangun melampaui ambang batas tahun-tahun sebelumnya. Kondisi ini, menyebabkan ketersediaan RTH di bawah standar RDTR yakni 30% menyebabkan penurunan tutupan hijau secara langsung mengakibatkan peningkatan frekuensi banjir rob di seluruh wilayah kecamatan [14].

### 3.3 Analisis NDVI Kecamatan Medan Belawan

Analisis ini dilakukan untuk mengidentifikasi tren degradasi vegetasi terhadap kerentanan banjir rob di Kecamatan Medan Belawan dengan periode lima tahun terakhir. Perhitungan NDVI menggunakan band 4 dan band 5 dengan formula umum NDVI, sehingga hasil dari NDVI dapat dilihat pada **Gambar 4**.



**Gambar 4.** Peta NDVI Kecamatan Medan Belawan

Mengacu pada **Gambar 4** analisis dilakukan dengan pendekatan temporal menggunakan indeks vegetasi NDVI selama periode 2020 hingga 2025. Untuk melihat penyebab dan tingkat banjir rob di wilayah tersebut. Pada tahun 2020 kondisi vegetasi relatif terjaga dengan konsentrasi NDVI tinggi di wilayah mangrove Belawan Sicanang dan Bagan Deli, meskipun kawasan pusat kecamatan didominasi permukiman padat. Tahun 2021 degradasi terjadi dengan terlihatnya penurunan luas mangrove 8-10% serta peningkatan area terbangun yang melemahkan fungsi penyangga alami.

Kerusakan ini semakin parah di tahun 2022 karena ekosistem mangrove menurun dari kondisi awal dan lahan tanpa vegetasi meningkat. Pada tahun 2023, kawasan mangrove di Belawan Sicanang menjadi kantong-kantong kecil yang melemahkan keseimbangan ekosistem pesisir. Tahun 2024 tutupan vegetasi mencapai titik kritis dengan sisa mangrove dan di dominasi permukaan kedap air yang memperburuk risiko banjir rob sehingga diperlukan strategi pemulihan berbasis NbS. Tahun 2025 semakin berkurangnya lahan vegetasi akibat pembangunan dari berbagai pihak dan di tahun ini juga terjadi banjir rob yang tinggi disertai cuaca yang tidak mendukung. Selanjutnya rincian klasifikasi hasil perhitungan NDVI periode 2020 hingga 2025 pada **Tabel 5** [15].

**Tabel 5.** Klasifikasi Hasil Perhitungan NDVI Kecamatan

Kelas (Kode Warna)	Nilai NDVI	Keterangan
Lahan tidak bervegetasi (Merah)	-0,03	Area terbangun, jalan, bangunan dan permukaan kedap air
Kehijauan jarang (Kuning)	0,10	Lahan terbuka, rumput jarang atau vegetasi stress
Kehijauan kurang rapat (Kuning Kehijauan)	0,15	Vegetasi dengan tutupan tidak rapat
Kehijauan rapat (Hijau Muda)	0,26	Vegetasi dengan kesehatan dan kerapatan moderat
Kehijauan sangat rapat (Hijau Tua)	0,70	Vegetasi lebat seperti mangrove dan vegetasi <u>riparian</u>

### 3.4 Analisis NDVI Per Kelurahan

Analisis NDVI tingkat kelurahan menunjukkan variasi kondisi tutupan hijau yang mencerminkan kerentanan wilayah terhadap banjir rob dilihat pada **Gambar 5**. Kelurahan Belawan I, Belawan Bahagia

dan Bagan Deli berada dalam kondisi kritis dengan dominasi lahan kedap air, akibat pembangunan pemukiman, industri dan fasilitas pelabuhan. Minimnya vegetasi di wilayah ini menyebabkan hilangnya ruang resapan alami sehingga banjir rob terjadi dengan frekuensi tinggi [16].

Sementara kelurahan Belawan II dan Belawan Sicanang memiliki kapasitas ekologis yang lebih baik dengan ketersediaan tutupan hijau dan mangrove yang relatif luas. Namun, tantangan muncul di Belawan Sicanang dan Belawan Bahari karena garis pantainya minim pelindung alami akibat alih fungsi lahan. Oleh itu perlu strategi pengembangan RTH di tingkat kelurahan yang difokuskan pada restorasi mangrove di sepanjang pesisir dan koridor hijau untuk menciptakan benteng alami yang efektif, hasil NDVI di kelurahan pada **Tabel 6** berikut.

**Tabel 6.** Hasil NDVI Tingkat Kelurahan

Kelurahan	Hasil NDVI	Tingkat Kerentanan Banjir Rob
Belawan I	Jarang	Sedang
Belawan II	Kurang rapat	Rendah
Belawan Bahagia	Kurang rapat	Sangat tinggi
Belawan Bahari	Kurang rapat	Sedang
Bagan Deli	Jarang	Sangat tinggi
Belawan Sicanang	Rapat	Tinggi

Hasil dari tabulasi di **Tabel 6** menunjukkan bahwa tingkat kerentanan banjir rob di tiap kelurahan berdasarkan pemetaan yang dilakukan dan hasil *ground check* di lapangan serta kejadian banjir rob dalam 1 bulan. Lalu untuk hasil NDVI di tiap kelurahan diklasifikasikan sebagai berikut: Belawan I (-0,03), Belawan II (0,10), Belawan Bahagia (0,12), Belawan Bahari (0,12), Bagan Deli (-0,05), Belawan Sicanang (0,40). Kemudian klasifikasi kategori sangat tinggi dan tinggi dilihat dari letak wilayah dan tutupan vegetasinya. Kategori sedang dilihat dari infrastruktur teknis yang sudah ada di wilayah tersebut namun masih ada beberapa titik yang masih terdampak, kategori rendah dilihat dari letak wilayah yang sudah ditinggikan dan adanya infrastruktur teknis. Sehingga untuk wilayah dengan kategori sedang dan rendah tidak terlalu terdampak atau signifikan, hanya saja di wilayah tersebut masih ada beberapa titik yang masih terdampak banjir rob namun dengan kategori yang sedang. Kerentanan banjir rob di Medan Belawan dilihat pada tahun 2025 yang periodenya dari bulan Oktober – Desember, banjir rob ini terjadi dalam 1 bulan dua kali dengan rentangan tanggal yang berbeda dan ketinggian yang berbeda-beda, dapat dilihat pada **Tabel 7** berikut.

**Tabel 7.** Data Kejadian Banjir Rob Tahun 2025

Tanggal/Bulan	Ketinggian (meter)	Keterangan
5 – 12 Oktober	2,4 – 2,7	Tertinggi mencapai 2,8 m di tanggal 8 & 10
19 – 26 Oktober	2,4 – 2,6	Tertinggi mencapai 2,6 m di tanggal 22 & 23
2 – 10 November	2,4 – 2,8	Tertinggi mencapai 2,8 m di tanggal 7
17 – 24 November	2,4 – 2,5	Tertinggi mencapai 2,5 m di tanggal 21 & 22
1 – 9 Desember	2,4 – 2,7	Tertinggi mencapai 2,7 m di tanggal 6
19 – 23 Desember	2,4	Tertinggi mencapai 2,4 m

Sumber: Hasil Konversi dari Grafik Prediksi Pasang Surut Wilayah Belawan (BMKG Belawan)

### 3.5 Analisis Tingkat Kontribusi Ekologis RTH dalam Mitigasi Banjir Rob

Analisis ini menunjukkan fungsi ekologis RTH khususnya ekosistem mangrove dan vegetasi pesisir yang berperan sebagai benteng alami dalam mereduksi dampak banjir rob di Kecamatan Medan Belawan. Kontribusi RTH dipengaruhi faktor internal seperti luas dan kerapatan vegetasi serta faktor eksternal seperti topografi dataran rendah, kenaikan muka air laut dan sistem drainase yang buruk serta alih fungsi lahan [17]. Secara spasial wilayah yang memiliki mangrove luas seperti Belawan Sicanang memiliki tingkat kerentanan sangat rendah karena mampu menahan laju air pasang, sebaliknya wilayah dengan ketersediaan RTH minim seperti kelurahan Belawan I dan II dikategorikan sebagai zona kerentanan sangat tinggi.

Pola hubungan tutupan vegetasi membuktikan bahwa keberadaan koridor hijau yang sehat secara signifikan dapat menurunkan frekuensi serta ketinggian genangan rob. Namun, fakta di lapangan menunjukkan terjadinya degradasi ekologis akibat pencemaran lingkungan, tekanan sosial ekonomi. Oleh itu perlu strategi dalam pemulihan ekosistem mangrove dan pengembangan RTH multifungsi untuk meningkatkan ketahanan wilayah pesisir terhadap ancaman banjir rob yang terus meningkat.

### 3.6 Pengembangan Strategi RTH Multifungsi Berbasis NbS untuk Ketahanan Iklim dan Mitigasi Banjir Rob

Pengembangan strategi RTH di Medan Belawan dilakukan dengan mengintegrasikan data NDVI periode 2020 hingga 2025 yang menunjukkan penurunan kualitas tutupan hijau. Penurunan ini berlangsung dengan meningkatnya intensitas banjir rob sehingga pendekatan *nature based solutions* dipilih sebagai solusi berkelanjutan. Mengacu pada analisis ini, wilayah dengan NDVI kurang rapat seperti Belawan II, Bahagia dan Bahari menjadi prioritas utama pengembangan RTH karena risiko banjir rob yang rendah ke sangat tinggi, sementara NDVI jarang ke rapat di Belawan I, Bagan Deli dan Sicanang perlu dipertahankan sebagai benteng alami penahan luapan air pasang.

Strategi yang diterapkan mencakup pemilihan vegetasi lokal sesuai dengan karakteristik wilayah seperti penanaman mangrove berdasarkan klasifikasinya yaitu jenis *Avicennia*, *Rhizophora*, *Nypah* dsb, kemudian strategi berikutnya dapat dilakukan di area non mangrove berada di pesisir serta pohon trembesi dan tanaman produktif di area pemukiman padat. Pendekatan NbS difokuskan pada restorasi ekosistem mangrove di area kritis dan integrasi vegetasi dengan infrastruktur teknis eksisting. Penambahan tutupan hijau di sekitar infrastruktur untuk menciptakan area resapan alami yang efektif mengurangi volume serta durasi genangan banjir rob secara signifikan. Selain mitigasi bencana, pengembangan RTH dirancang memiliki fungsi multifungsi untuk mendukung ketahanan iklim, serta meningkatkan kualitas hidup masyarakat dari aspek sosial ekonomi karena RTH multifungsi tidak hanya mengurangi kerugian materi akibat banjir rob, tetapi berpotensi menciptakan sumber mata pencaharian baru melalui ekowisata mangrove dan pengelolaan hasil laut yang berkelanjutan [18].

## 4. Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa RTH di Kecamatan Medan Belawan belum berfungsi optimal dalam mitigasi banjir rob akibat kuantitas lahan yang jauh di bawah standar minimal serta degradasi vegetasi yang terjadi secara sistematis. Temuan ini menunjukkan adanya korelasi kuat di mana wilayah dengan ketersediaan RTH minim memiliki tingkat kerentanan banjir rob tertinggi, sementara ekosistem mangrove yang terjadi menjadi bukti efektif meredam dampak genangan. Sebagai solusi, penerapan strategi NbS melalui restorasi area kritis dan pengembangan RTH multifungsi menjadi kerangka utama dalam berkelanjutan dan hemat biaya. Keberhasilan mitigasi jangka Panjang di pesisir ini bergantung pada integrasi infrastruktur hijau dengan infrastruktur teknis serta komitmen dalam penegakan regulasi tata ruang yang adaptif terhadap perubahan iklim.

## 5. Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini terlaksana dengan dukungan baik dan penulis mengucapkan terima kasih kepada dinas terkait, pemerintah kecamatan Medan Belawan dan Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera dan pihak yang membantu penelitian ini berlangsung.

## 6. Singkatan

<i>RTH</i>	Ruang Terbuka Hijau
<i>NbS</i>	Nature based Solutions
<i>NDVI</i>	Normalized Difference Vegetation Indeks

## 7. Daftar Pustaka

- [1] Aldrian, E., Karmini, M., & Budiman. (2011). *Adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di Indonesia*. Jakarta: Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika
- [2] Peraturan Menteri PU No. 05 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan
- [3] Lasaiba, M. A., & Tetelepta, E. G. (2023). Analisis spasial kerapatan vegetasi kota Ambon berbasis normalized difference vegetation index (NDVI). *Jurnal Pengembangan Kota*, 11(2), 124-139.
- [4] Nurcahyo, F. (2021). Pemetaan vegetasi menggunakan citra drone dan analisis NDVI di wilayah perkotaan. *Jurnal Geografi*, 13(2), 87-96.
- [5] Esraz-Ul-Zannat, M., Chau, H. W., & Faggian, R. (2024). A review of nature-based infrastructures and their effectiveness for urban flood risk mitigation. *WIREs Climate Change*, 15(3), e889. <https://doi.org/10.1002/wcc.889>
- [6] Grabska-Szwagrzyk, E., & Tymińska-Czabańska, L. (2024). Sentinel-2 time series: A promising tool in monitoring temperate species spring phenology. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 97(2), 267-281.

- [7] Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2021). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). Sage Publications.
- [8] Fajrin, Y. A., & Ambarwulan, W. (2017). The impact of rob flood and community adaptation in coastal area of Medan Belawan, Medan City, North Sumatra, Indonesia. *Jurnal Geografi*, 9(2), 115 - 126.
- [9] Pallathadka, A., Sauer, J., Chang, H., & Grimm, N. B. (2022). Urban flood risk and green infrastructure: Who is exposed to risk and who benefits from investment? A case study of three US cities. *Landscape and Urban Planning*, 223, 104417. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104417>
- [10] Juliastuti, Wijayanti, Y., Gunawan, A. A. S., Irwansyah, E., & Wulandari, S. (2024). Nature-based solutions for flood mitigation in metropolitan areas. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 14(6), 18896-18901. <https://doi.org/10.48084/etasr.8542>
- [11] Hanif, M., Rahman, H., Triyatno, & Indrayani, P. (2021). Impact of coastal flood on building, infrastructure, and community adaptation in Bukit Bestari Tanjungpinang. *Jurnal Geografi Gea*, 21(2), 123-134. <https://doi.org/10.17509/gea.v21i2.38911>
- [12] Rini, M. S., & Susatya, J. (2019). Pemanfaatan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis untuk identifikasi ruang terbuka hijau di Kabupaten Klaten. In *Pengembangan wilayah berkelanjutan di era revolusi industri 4.0* (pp. 280-300).
- [13] Turner, W., & Spector, J. (2022). The role of NDVI in monitoring vegetation health: A review of recent advancements. *Ecological Indicators*, 120, 106925. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106925>
- [14] Sarveleni, A. E., Tarmizi, H. B., & Thoha, A. S. (2023). Analysis of adaptation and mitigation recommendations for Banjir rob disasters in the coastal area of Belawan, Medan. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*, 4(3), 839-845.
- [15] Kumar, P., Druckman, A., Gallagher, & et al., (2019). The nexus between air pollution, green infrastructure and human health. *Environment International*, 133, 105181. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105181>
- [16] Setyawan, C., & Wijayanti, P. (2022). Rob analysis on the coast of Semarang City (Central Java, Indonesia) based on tidal data and inundation distribution. *EPH - International Journal of Agriculture and Environmental Research*, 8(2), 45-56.
- [17] Thoha, A. S., Arifky, M., & Utiya, S. K. (2025). Identification of Land Use Affected by Tidal Floods using Unmanned Aerial Vehicles in Coastal Medan City, North Sumatra, Indonesia. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 189, p. 03006). EDP Sciences.
- [18] Thoha, A. S., Lubis, O. A., Hulu, D. L. N., Sari, T. Y., Ulfa, M., & Mardiyadi, Z. (2022, December). Utilization of UAV (Unmanned Aerial Vehicle) technology for mangrove species identification in Belawan, Medan City, North Sumatera, Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1115, No. 1, p. 012074). IOP Publishing