

## **Evaluasi Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Indeks NDVI Dan NDBI Pada Kawasan Perkotaan Bacan**

**Rodi Sipondak**

Universitas Nurul Hassan Bacan

### **Abstrak**

Perubahan tutupan lahan di kawasan perkotaan merupakan fenomena yang erat kaitannya dengan dinamika pembangunan dan tekanan lingkungan, terutama pada wilayah yang memiliki kerentanan terhadap banjir. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perubahan tutupan lahan di Kawasan Perkotaan Bacan, Kabupaten Halmahera Selatan, menggunakan indeks Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dan Normalized Difference Built-up Index (NDBI) berbasis citra Sentinel-2 tahun 2019 dan 2025. Analisis dilakukan dengan pendekatan spasial dan kuantitatif menggunakan perangkat lunak ArcGIS Pro, meliputi perhitungan indeks spektral, klasifikasi tutupan lahan, serta analisis perubahan multitemporal. Untuk meminimalkan bias akibat gangguan awan, hasil klasifikasi dilengkapi dengan verifikasi visual menggunakan citra resolusi tinggi Google Earth. Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan distribusi tutupan lahan yang ditandai dengan peningkatan vegetasi jarang dan lahan terbuka, serta penurunan vegetasi sedang dan lebat, yang mengindikasikan penurunan kerapatan vegetasi dan peningkatan tekanan lingkungan perkotaan. Informasi spasial yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi dasar pendukung dalam pengelolaan dan perencanaan wilayah perkotaan Bacan yang berorientasi pada keberlanjutan lingkungan.

**Kata Kunci :** NDVI, NDBI, Spasila, Bacan.

### **PENDAHULUAN**

Perubahan tutupan lahan di kawasan perkotaan merupakan proses yang berlangsung secara berkelanjutan seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan intensitas pembangunan fisik. Ailih fungsi lahan vegetasi menjadi kawasan terbangun sebagai dampak urbanisasi berkontribusi terhadap penurunan kualitas lingkungan perkotaan (Wisanggeni dkk., 2024). Ekspansi kawasan terbangun yang tidak diikuti dengan penyediaan ruang terbuka hijau yang memadai berpotensi meningkatkan tekanan lingkungan, terutama pada wilayah yang memiliki kerentanan terhadap bencana hidrometeorologi seperti banjir (Matondang dkk., 2024). Oleh karena itu, pemantauan perubahan tutupan lahan menjadi aspek penting dalam memahami dinamika lingkungan perkotaan serta sebagai dasar dalam mendukung perencanaan wilayah yang berkelanjutan.

Kawasan perkotaan Bacan di Kabupaten Halmahera Selatan menunjukkan perkembangan permukiman dan infrastruktur yang cukup signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Namun demikian, wilayah ini juga memiliki riwayat kejadian banjir yang berulang, khususnya pada periode musim hujan, sebagaimana dilaporkan oleh media nasional dan daerah (Antara, 2025; Kompasnews.co.id, 2025). Meskipun kejadian banjir dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti curah hujan, kondisi topografi, dan sistem drainase, perubahan tutupan lahan terutama berkurangnya tutupan vegetasi dan meningkatnya luas

kawasan terbangun sering dikaitkan dengan meningkatnya limpasan permukaan dan tekanan terhadap lingkungan hidrologi perkotaan (Ridwan & Sarjito, 2024). Dengan karakteristik tersebut, kawasan perkotaan bacan menjadi lokasi yang relevan untuk di kaji dalam konteks perubahan tutupan lahan pada wilayah dengan tingkat kerentanan banjir.

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh memungkinkan analisis perubahan tutupan lahan dilakukan secara spasial dan temporal dengan cakupan wilayah yang luas. Citra satelit Sentinel-2 banyak digunakan dalam kajian lingkungan perkotaan karena data ini tersedia secara gratis, memiliki resolusi spasial yang relatif tinggi, serta ketersediaan data multi-temporal yang memadai untuk pemantauan tutupan lahan secara berkelanjutan (Hidayat dkk, 2025). Indeks spektral seperti Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) digunakan untuk merepresentasikan kondisi dan kerapatan vegetasi (Husni dkk, 2024). Sedangkan Normalized Difference Built-up Index (NDBI) dimanfaatkan untuk mengidentifikasi dan memetakan kawasan terbangun berdasarkan nilai pantulan spektral citra satelit, serta sering digunakan dalam analisis dinamika pertumbuhan lahan terbangun di wilayah perkotaan (Muhammad & Mataburu, 2024). sehingga kedua indeks ini menjadi indikator penting dalam analisis perubahan tutupan lahan menggunakan penginderaan jauh.

Dalam analisis citra optik, keberadaan awan dan bayangan awan dapat mempengaruhi kualitas citra satelit sehingga menimbulkan variasi nilai spektral yang tidak merepresentasikan kondisi permukaan bumi, yang pada akhirnya berpotensi menimbulkan bias dalam proses klasifikasi tutupan lahan (Solihin & Kurniyanto, 2021).

Oleh karena itu hasil analisis NDVI dan NDBI pada penelitian ini dilengkapi dengan tahan koreksi dan verifikasi visual menggunakan citra resolusi tinggi google earth sebagai data pendukung, khususnya untuk memeriksa kesesuaian kondidisi tutupan lahan aktual pada lokasi-lokasi tertentu, tanpa menjadikan google earth sebagai data raster analitis utama.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perubahan tutupan lahan di kawasan perkotaan bacan dengan memanfaatkan indeks *Normalized Difference Vegetation Indeks* (NDVI) dan *Normalized Difference Build-Up Indeks* (NDBI) berbasis citra sentinel-2 tahun 2019 dan 2025, yang didukung oleh verifikasi visual menggunakan google earth. Kerentanan banjir dalam penelitian ini diposisikan sebagai konteks karakteristik wilayah penelitian dan tidak dimaksudkan sebagai hasil analisis hidrologis. Hasil penelitian diharapkan mampu menyediakan informasi spasial yang relevan dalam memahami dinamika lingkungan perkotaan bacan, serta dapat dimanfaatkan sebagai bahan pertimbangan dalam upaya pengelolaan dan perencanaan wilayah yang berorientasi pada keberlanjutan lingkungan.

## TINJAUAN PUSTAKAN

### Perubahan Tutupan Lahan di Wilayah Perkotaan

Perubahan tutupan lahan di wilayah perkotaan umumnya terjadi sebagai respons terhadap dinamika pembangunan, pertumbuhan penduduk, dan peningkatan kebutuhan ruang yang mendorong ekspansi kawasan terbangun. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa proses urbanisasi menyebabkan konversi lahan vegetasi dan lahan pertanian menjadi permukiman, infrastruktur, dan fasilitas pendukung aktivitas perkotaan, sehingga mengubah struktur ruang dan komposisi tutupan lahan secara signifikan (Latue dkk., 2023). Perubahan tersebut tidak hanya tercermin dari bertambahnya luasan kawasan terbangun, tetapi juga dari berkurangnya tutupan vegetasi yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekologis perkotaan (Febianti dkk., 2022). Selain itu, dinamika perubahan tutupan lahan perkotaan bersifat spasial dan tidak seragam, ditandai oleh variasi tingkat kerapatan bangunan yang dapat merepresentasikan intensitas pembangunan di suatu wilayah (Deffry & Mataburu, 2024). Oleh karena itu, pemahaman

terhadap pola dan kecenderungan perubahan tutupan lahan menjadi dasar penting dalam kajian lingkungan perkotaan, terutama untuk menilai implikasinya terhadap kualitas lingkungan dan mendukung perencanaan wilayah yang berkelanjutan.

### **Penginderaan Jauh Sebagai Alat Pemantauan Tutupan Lahan**

Penginderaan jauh telah banyak dimanfaatkan sebagai alat utama dalam pemantauan tutupan lahan karena kemampuannya menyediakan data spasial yang bersifat sinoptik, multitemporal, dan mencakup wilayah yang luas. Melalui pemanfaatan citra satelit, perubahan tutupan lahan dapat dianalisis secara kuantitatif dan spasial untuk mengidentifikasi dinamika perkembangan kawasan terbangun maupun perubahan tutupan vegetasi dari waktu ke waktu (Latue dkk., 2023). Keunggulan teknologi ini juga terletak pada kemampuannya dalam merekam variasi spektral permukaan bumi, sehingga mendukung analisis perubahan tutupan lahan akibat proses urbanisasi dan pembangunan fisik perkotaan secara lebih efisien dibandingkan survei lapangan konvensional (Febianti dkk., 2022). Selain itu, pendekatan penginderaan jauh memungkinkan pemetaan distribusi dan intensitas perubahan tutupan lahan secara lebih detail melalui integrasi data citra dan analisis spasial, sehingga mampu menggambarkan karakteristik perkembangan wilayah perkotaan secara komprehensif sebagai dasar evaluasi lingkungan dan perencanaan wilayah (Deffry & Mataburu, 2024).

### **Indeks NDVI dan NDB dalam Analisis Tutupan Lahan**

Indeks spektral Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dan Normalized Difference Built-up Index (NDBI) merupakan parameter yang banyak digunakan dalam analisis tutupan lahan untuk menggambarkan karakteristik vegetasi dan kawasan terbangun secara spasial. NDVI dimanfaatkan untuk mengidentifikasi tingkat kerapatan dan kondisi vegetasi melalui perbandingan reflektansi kanal merah dan inframerah dekat, sedangkan NDBI digunakan untuk mendeteksi dan memetakan kawasan terbangun berdasarkan respon spektral permukaan non-vegetasi (Ally & Daniswara, 2023). Penggunaan kedua indeks secara bersamaan dinilai efektif dalam membedakan area vegetasi dan non-vegetasi, serta dalam menganalisis dinamika perubahan tutupan lahan perkotaan yang dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk dan peningkatan aktivitas pembangunan (Susetyo dkk., 2024). Selain itu, penelitian lain menunjukkan bahwa NDVI dan NDBI tidak hanya merepresentasikan perubahan tutupan lahan, tetapi juga mampu menggambarkan keterkaitan antara vegetasi, kepadatan bangunan, dan kondisi lingkungan fisik wilayah perkotaan, sehingga penting sebagai dasar evaluasi lingkungan dan perencanaan wilayah yang berkelanjutan (Aldzahabi dkk., 2024).

### **Analisis Spasial Perubahan Tutupan Lahan Multitemporal**

Analisis spasial berbasis data multitemporal merupakan pendekatan yang banyak digunakan untuk mengevaluasi perubahan tutupan lahan secara keruangan dan temporal dari waktu ke waktu. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi pola, arah, serta intensitas perubahan tutupan lahan melalui perbandingan data citra satelit pada periode yang berbeda, sehingga dinamika perubahan lingkungan dapat dianalisis secara lebih komprehensif (Latue, 2023). Penerapan analisis spasial multitemporal juga terbukti efektif dalam menggambarkan kecenderungan peningkatan kawasan terbangun dan penurunan tutupan lahan lainnya, terutama di wilayah perkotaan yang mengalami tekanan pembangunan dan pertumbuhan penduduk yang pesat (Purboyo dkk., 2024). Selain itu, kajian perubahan tutupan lahan multitemporal memberikan informasi kuantitatif yang penting sebagai dasar perencanaan wilayah dan pengelolaan lingkungan berkelanjutan, karena mampu menunjukkan hubungan antara dinamika penggunaan lahan dengan faktor sosial, ekonomi, dan kebijakan pembangunan (Rakuasa dkk., 2022).

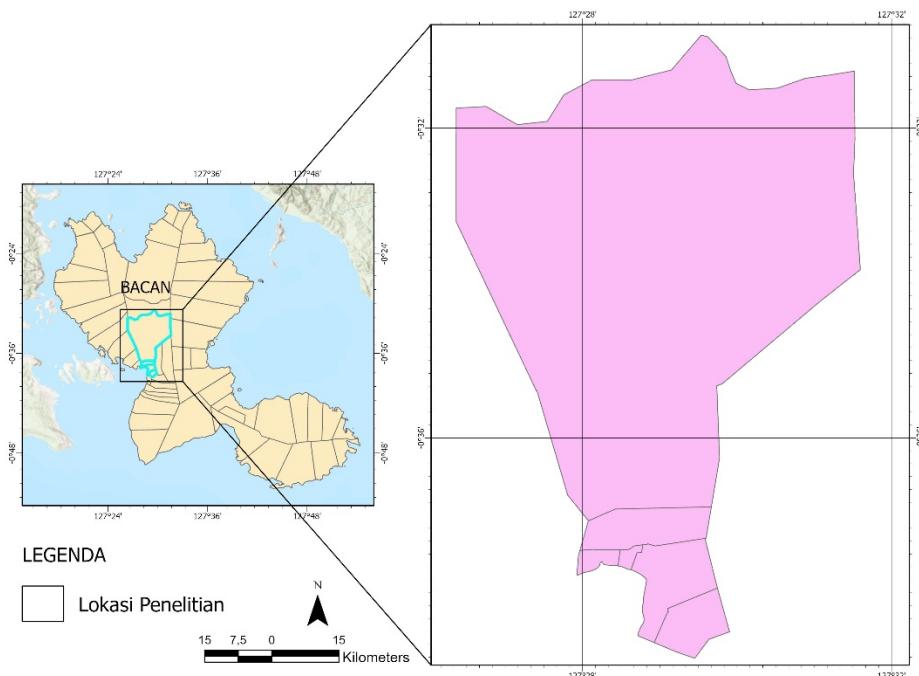
## Perubahan Tutupan Lahan dan Kerentanan Banjir Perkotaan

Perubahan tutupan lahan di kawasan perkotaan sering dikaitkan dengan meningkatnya kerentanan terhadap banjir, terutama sebagai akibat dari berkurangnya tutupan vegetasi dan bertambahnya permukaan kedap air. Konversi lahan tidak terbangun menjadi kawasan terbangun terbukti menurunkan kapasitas infiltrasi tanah dan meningkatkan limpasan permukaan, sehingga memperbesar potensi genangan saat curah hujan tinggi (Suherman dkk., 2025). Studi lain menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan merupakan faktor dominan yang memengaruhi tingkat kerawanan banjir di wilayah perkotaan, khususnya pada area yang mengalami pertumbuhan permukiman dan aktivitas pembangunan yang pesat (Syahrula dkk., 2023). Selain itu, perubahan tutupan lahan juga kerap digunakan sebagai indikator tekanan lingkungan pada kota-kota yang mengalami kejadian banjir berulang, karena berkaitan erat dengan degradasi fungsi resapan air dan keterbatasan sistem drainase perkotaan (Natasya dkk., 2025).

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian difokuskan pada enam desa yang berada di kawasan pusat Kota Bacan, yaitu Desa Tomori, Labuha, Amasing Kota, Amasing Kota Barat, Amasing Kota Utara, dan Amasing Kali.



**Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian, didigitasi menggunakan Arcgis Pro**

Penelitian ini dilaksanakan melalui tiga tahapan utama, yaitu studi kepustakaan, pengumpulan data, serta pengolahan dan analisis data spasial. **Tahap pertama** merupakan studi kepustakaan yang bertujuan untuk membangun kerangka konseptual penelitian melalui penelaahan berbagai sumber ilmiah, meliputi jurnal nasional, buku referensi, laporan ilmiah, serta informasi pendukung dari media daring yang relevan dengan topik perubahan tutupan lahan, penginderaan jauh, serta keterkaitannya dengan kerentanan banjir perkotaan.

**Tahap kedua** adalah pengumpulan data, data utama yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra Sentinel-2 tahun 2019 dan 2025. Data sentinel diperoleh dari *European Space Agency (ESA)* melalui

program *Copernicus*. Data yang digunakan meliputi Band 8 (Near Infrared/NIR), Band 4 (Red), dan Band 11 (Shortwave Infrared/SWIR), yang dipilih karena memiliki sensitivitas tinggi terhadap karakteristik vegetasi dan kawasan terbangun. Citra satelit dipilih berdasarkan tingkat tutupan awan yang rendah untuk meminimalkan gangguan atmosfer terhadap hasil analisis.

**Tahap ketiga** merupakan pengolahan dan analisis data spasial yang dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS Pro. Pada tahap ini, citra satelit diolah dengan menghitung indeks spektral NDVI dan NDBI menggunakan rumus matematis yang diterapkan melalui raster calculator. Rumus yang digunakan dalam perhitungan yaitu;  $NDVI = (NIR - RED / NIR + RED)$  sedangkan rumus yang digunakan  $NDBI = (SWIR - NIR/SWIR + NIR)$ , (Ally, H & Daniswara, A.P, 2023). Nilai NDVI digunakan untuk merepresentasikan kondisi dan kerapatan vegetasi, sedangkan nilai NDBI digunakan untuk mengidentifikasi dan memetakan kawasan terbangun.

### Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui pendekatan spasial dan kuantitatif menggunakan indeks NDVI dan NDBI yang dihasilkan dari pengolahan citra Sentinel-2 dengan perangkat lunak ArcGIS Pro. Nilai NDVI dan NDBI yang telah dihitung selanjutnya diklasifikasikan dan divisualisasikan dalam bentuk peta tematik untuk menggambarkan distribusi spasial vegetasi dan kawasan terbangun. Validasi visual dilakukan menggunakan citra resolusi tinggi Google Earth sebagai data pendukung untuk memastikan kesesuaian hasil interpretasi indeks spektral dengan kondisi tutupan lahan aktual serta untuk mengidentifikasi kemungkinan gangguan akibat artefak awan dan bayangan awan. Hasil klasifikasi kemudian dianalisis secara kuantitatif melalui penyusunan tabel luas dan grafik untuk mengetahui proporsi serta kecenderungan perubahan pada masing-masing kelas tutupan lahan. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi dinamika perubahan tutupan lahan secara sistematis dan terukur, sehingga mendukung interpretasi hasil penelitian secara objektif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Normalized Difference Vegetation Indeks

Indeks NDVI dibagi dalam 5 (lima) kelas yakni; Non Vegetasi (-1,00 s/d 0,00), Tanah terbuka (0,00 s/d 0,20), Vegetasi Jarang (0,20 s/d 0,40), Vegetasi Sedang (0,40 s/d 0,60) dan Vegetasi Lebat (0,60 s/d 1,00).

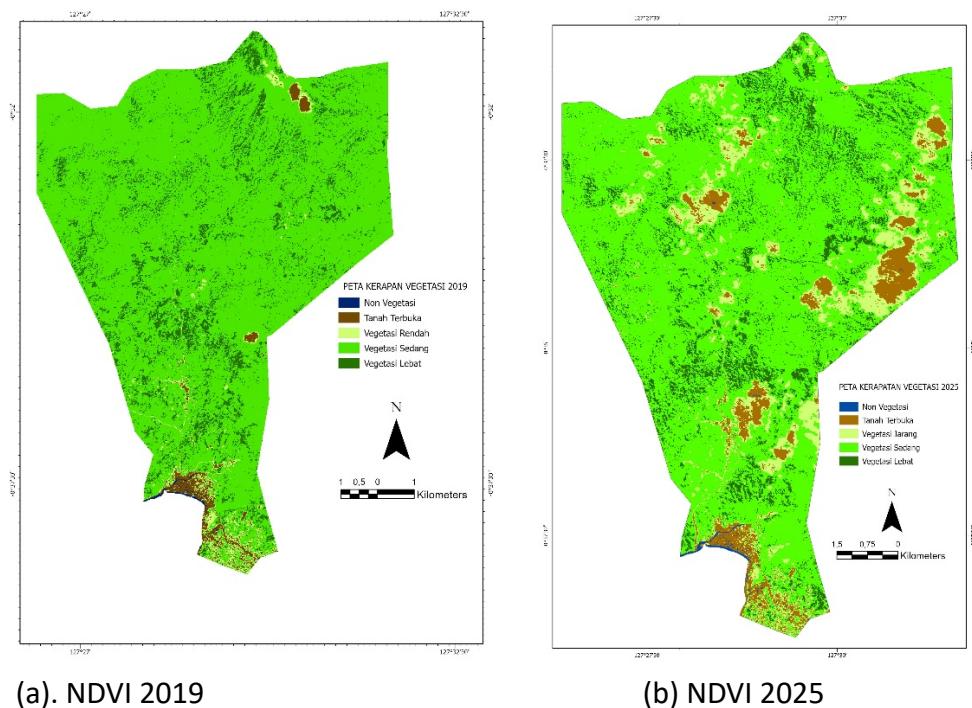
**Tabel 1. NDVI 2019 dan 2025**

<b>KLASIFIKASI</b>	<b>NDVI 2019</b>	<b>NDVI 2025</b>
	<b>Luas (Hektar)</b>	<b>Luas (Hektar)</b>
Non Vegetasi	14,61	17,79
Tanah Terbuka	115,37	180,36
Vegetasi Jarang	161,55	862,55
Vegetasi Sedang	6809,12	6103,02
Vegetasi Lebat	885,85	822,81

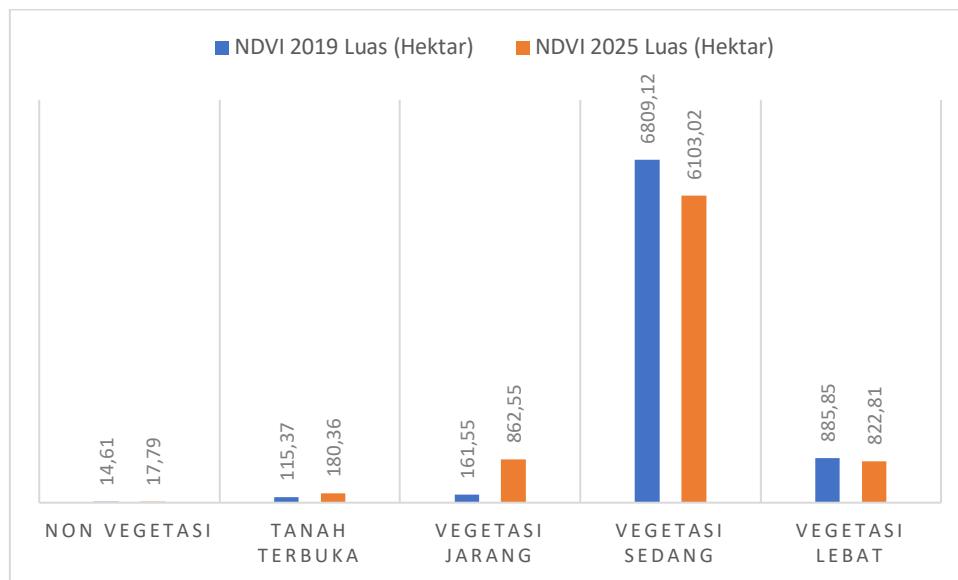
Berdasarkan hasil analisis NDVI tahun 2019 dan 2025, terjadi perubahan distribusi kelas vegetasi yang menunjukkan dinamika tutupan lahan yang cukup signifikan. Luas kelas non-vegetasi mengalami peningkatan dari 14,61 ha pada tahun 2019 menjadi 17,79 ha pada tahun 2025, sementara kelas tanah terbuka juga menunjukkan kenaikan yang cukup besar dari 115,37 ha menjadi 180,36 ha. Peningkatan

paling menonjol terjadi pada kelas vegetasi jarang, yang bertambah dari 161,55 ha menjadi 862,55 ha, mengindikasikan adanya degradasi kerapatan vegetasi dari kelas yang lebih rapat ke kelas yang lebih jarang. Sebaliknya, kelas vegetasi sedang mengalami penurunan luas dari 6.809,12 ha pada tahun 2019 menjadi 6.103,02 ha pada tahun 2025, demikian pula vegetasi lebat yang berkang dari 885,85 ha menjadi 822,81 ha. Pola perubahan ini menunjukkan kecenderungan penurunan kerapatan vegetasi secara umum, yang ditandai oleh berkurangnya vegetasi sedang dan lebat serta meningkatnya vegetasi jarang dan lahan terbuka, sehingga mengindikasikan adanya tekanan terhadap tutupan vegetasi dalam periode analisis.

Pada analisis NDVI tahun 2019, hasil perhitungan luas area poligon menunjukkan adanya penambahan luas kelas tanah terbuka sekitar 36,71 hektar yang disebabkan oleh artefak awan pada beberapa titik pengamatan. Verifikasi visual menunjukkan bahwa lokasi-lokasi tersebut pada kondisi aktual didominasi oleh vegetasi rendah hingga lebat, dengan karakteristik kerapatan yang lebih mendekati kelas vegetasi sedang. Pada analisis NDVI tahun 2025, verifikasi visual menggunakan citra resolusi tinggi Google Earth mengidentifikasi sebanyak 64 titik yang terindikasi sebagai artefak awan, yang memengaruhi luas kelas tanah terbuka hingga sekitar 261,18 hektar. Berdasarkan kondisi tutupan lahan aktual, area yang tertutup artefak awan selanjutnya diklasifikasikan sebagai vegetasi sedang. Luas area artefak awan pada kedua tahun analisis telah dihitung melalui digitasi poligon dan dimasukkan ke dalam kelas vegetasi sedang, sehingga hasil akhir klasifikasi NDVI mencerminkan kondisi tutupan lahan yang lebih representatif serta mengurangi bias akibat gangguan awan pada citra satelit.



**Grafik 1. Perbandingan NDVI**



### Normalized Difference Built-up Indeks

Indeks NDBI dibagi dalam 4 (empat) kelas yakni; Vegetasi (-1,00 s/d -0,10), Tanah terbuka (0,10 s/d 0,00), Pemukiman Jarang (0,00 s/d 0,20), dan Pemukiman Padat (0,20 s/d 1,00).

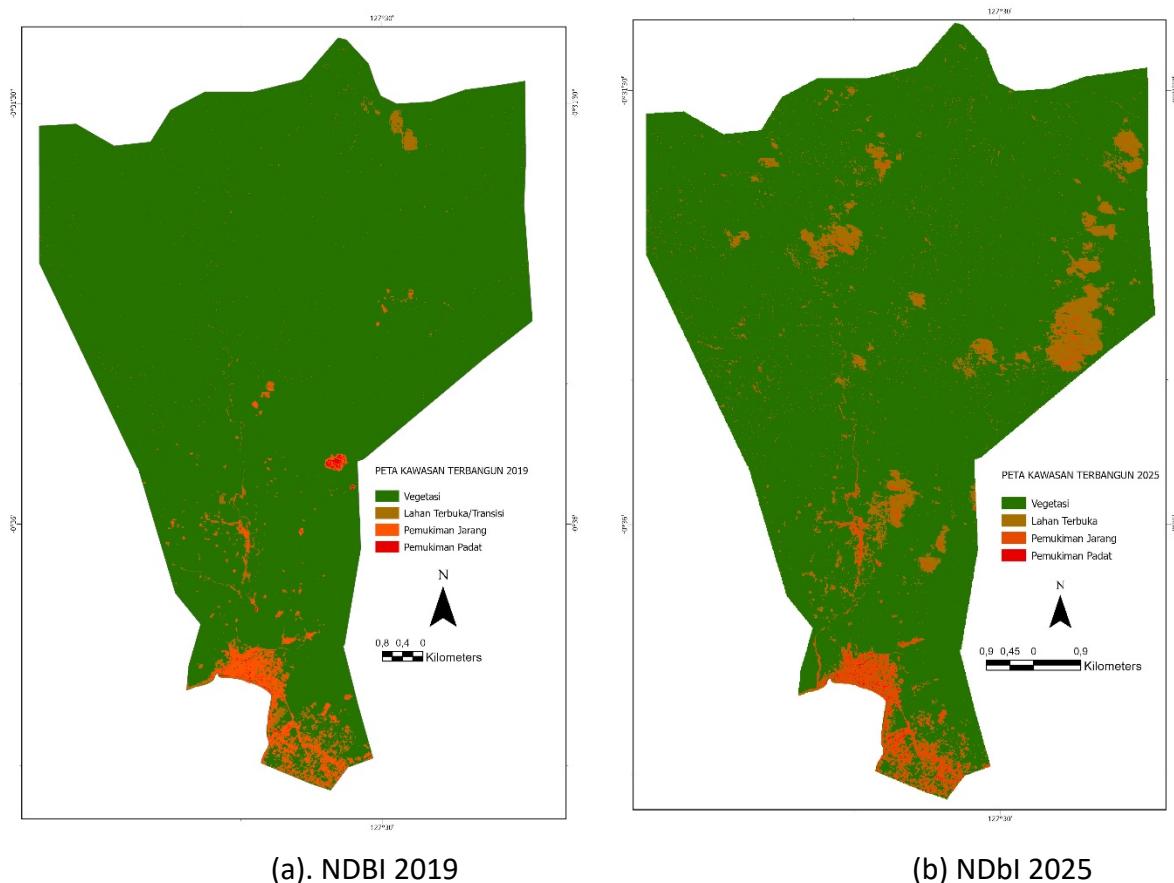
**Tabel 2. NDBI 2019 dan NDBI 2025**

KLASIFIKASI	NDBI 2019	NDBI 2025
	Luas (Hektar)	Luas (Hektar)
Vegetasi	7689,56	7484,14
Lahan Terbuka	122,72	292,64
Pemukiman Jarang	166,91	207,01
Pemukiman Padat	7,86	3,84

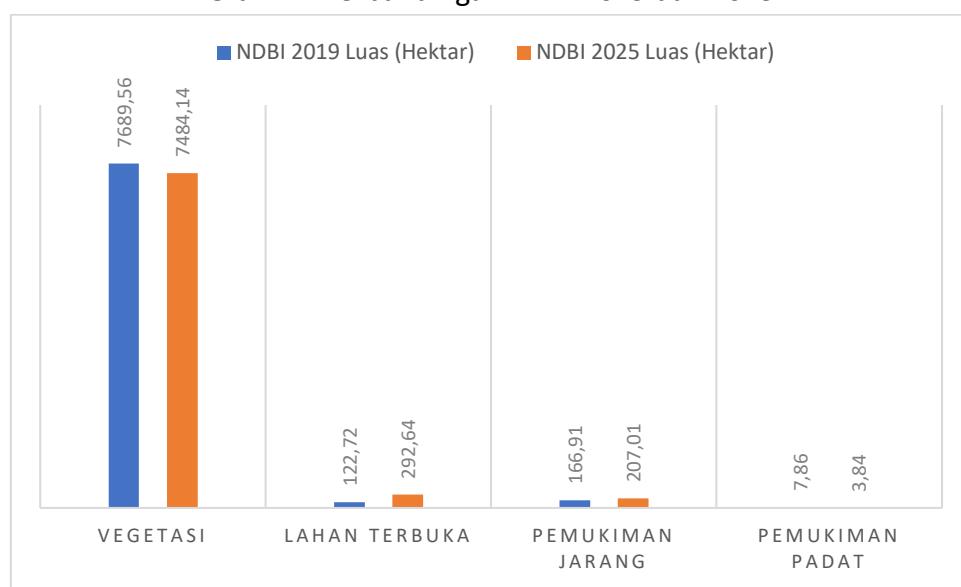
Berdasarkan hasil analisis NDBI tahun 2019 dan 2025, terjadi perubahan luasan pada masing-masing kelas tutupan lahan terbangun dan non-terbangun. Pada tahun 2019, kelas vegetasi memiliki luas sebesar 7.689,56 hektar, sedangkan pada tahun 2025 mengalami penurunan menjadi 7.484,14 hektar. Sebaliknya, kelas lahan terbuka menunjukkan peningkatan dari 122,72 hektar pada tahun 2019 menjadi 292,64 hektar pada tahun 2025. Kelas permukiman jarang juga mengalami peningkatan luas dari 166,91 hektar menjadi 207,01 hektar, sementara permukiman padat mengalami penurunan dari 7,86 hektar pada tahun 2019 menjadi 3,84 hektar pada tahun 2025. Perubahan ini mencerminkan dinamika perkembangan kawasan terbangun dan perubahan kondisi permukaan lahan dalam periode analisis.

Namun demikian, hasil klasifikasi NDBI tersebut dipengaruhi oleh keberadaan artefak awan pada citra satelit. Pada NDBI tahun 2019, teridentifikasi penambahan luas kelas lahan terbuka sekitar 36,71 hektar yang setelah verifikasi visual lapangan dan menggunakan citra resolusi tinggi Google Earth diketahui merupakan area yang secara aktual didominasi oleh vegetasi. Kondisi serupa juga ditemukan pada NDBI tahun 2025, di mana sebanyak 64 titik teridentifikasi sebagai artefak awan yang menyebabkan penambahan luas lahan terbuka sekitar 261,18 hektar. Oleh karena itu, area yang terindikasi sebagai artefak awan pada kedua tahun analisis tersebut dikoreksi dan dimasukkan ke dalam kelas vegetasi. Langkah koreksi ini dilakukan untuk meminimalkan bias klasifikasi akibat gangguan awan, sehingga hasil akhir

NDBI lebih merepresentasikan kondisi tutupan lahan aktual dan mendukung interpretasi perubahan kawasan terbangun secara lebih akurat.



Grafik 2. Perbandingan NDBI 2019 dan 2025



### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis NDVI dan NDBI tahun 2019 dan 2025, dapat disimpulkan bahwa Kawasan Perkotaan Bacan mengalami perubahan tutupan lahan yang cukup signifikan dalam periode analisis. Perubahan tersebut ditandai oleh meningkatnya luasan vegetasi jarang dan lahan terbuka, serta

menurunnya vegetasi sedang dan lebat, yang menunjukkan adanya degradasi kerapatan vegetasi seiring dengan perkembangan kawasan terbangun. Analisis NDBI juga memperlihatkan peningkatan permukiman jarang dan lahan terbuka, meskipun sebagian hasil klasifikasi dipengaruhi oleh artefak awan pada citra satelit. Melalui proses verifikasi visual dan koreksi, area yang terindikasi sebagai artefak awan diklasifikasikan kembali ke dalam kelas vegetasi sehingga hasil akhir lebih merepresentasikan kondisi tutupan lahan aktual. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa pemanfaatan indeks NDVI dan NDBI berbasis citra Sentinel-2, yang didukung oleh koreksi visual, efektif dalam mengidentifikasi dinamika perubahan tutupan lahan perkotaan dan dapat menjadi dasar pertimbangan dalam pengelolaan lingkungan serta perencanaan wilayah yang berkelanjutan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak-pihak yang sudah memberikan saran dan kritikan yang konstruktif dalam penulis artikel ini sehingga artikel ini dapat diterbitkan. Semoga artikel ini bisa berkontribusi dalam kasana ilmu pengetahuan.

### DAFTAR PUSTAKA

Wisanggeni, D. H., Sitorus, J. E., Prima Putra, K. H., & Adityawan, M. B. (2024). *Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap debit banjir di Kawasan Inti Pusat Pemerintahan (KIPP) Ibu Kota Nusantara*. **Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan**, 9(2), 327–338. <https://journal.ipb.ac.id/jsil/article/download/57947/29306>

Matondang, P. H., Rizkiani, D., Akbari, I., Haerudin, N., & Mulyasari, R. (2024). *Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap pola banjir di Ibu Kota Provinsi Lampung*. **OPHIOLITE: Jurnal Geologi Terapan**, 6(1), 29–35. <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/4513794>

Ridwan, M., & Sarjito, J. (2024). Studi kajian dampak perubahan tutupan lahan terhadap kejadian banjir di daerah aliran sungai. *Enviro: Journal of Tropical Environmental Research*, 26(1), 38–45. <https://jurnal.uns.ac.id/enviro/article/download/93145/47120>

Hidayat, M., Rauf, A., & Asmidar. (2025). Analisis perubahan tutupan lahan menggunakan citra satelit Sentinel-2 di wilayah pesisir Kabupaten Takalar. *Jurnal Ilmiah Wahana Laut Lestari*, 2(2), 121–131. <https://jurnal.fpik.umi.ac.id/index.php/jiwall/article/download/495/461/4713>

Husni, M. F., Wahyudi, S., & Suhartati, T. (2024). Analisis perubahan kerapatan vegetasi penutup lahan dengan metode indeks vegetasi NDVI (Studi kasus di kawasan hutan rakyat Kabupaten Gunung Kidul). *Jurnal Wana Tropika*, 14(2), 44–52. <https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/JWT/article/view/1651/1003>

Muhammad, D., & Mataburu, I. B. (2024). Pemetaan kerapatan bangunan pada tahun 2018 dan 2023 menggunakan Normalized Difference Built-Up Index (NDBI) di Kota Sukabumi. *Jurnal Sains Geografi*, 2(1), 31–40. <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jsg/article/download/42253/17200/123835>

Solihin, I. P., & Kurniyanto, R. (2021). Pemanfaatan citra Landsat 8 untuk estimasi luas lahan terbangun dan tidak terbangun pada Kota Bandung. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 2(5), 816–827. <https://jist.publikasiindonesia.id/index.php/jist/article/view/150/308>

Latue, J. F., Pattiselanno, F., & Leatemia, S. Y. (2023). Analisis perubahan tutupan lahan berbasis citra satelit multitemporal di wilayah perkotaan. *Jurnal Geografi*, 20(2), 154–162.

<https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/jpg/article/view/15472>

Febianti, A. R., Nugraha, A. L., & Wijaya, A. P. (2022). Analisis perubahan tutupan lahan akibat urbanisasi menggunakan citra satelit multitemporal. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 10(1), 31–40. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/36939>

Deffry, & Mataburu, I. B. (2024). Pemetaan dan analisis perubahan kawasan terbangun menggunakan Normalized Difference Built-up Index (NDBI). *Jurnal Sains Geografi*, 2(1), 31–40. <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jsg/article/view/42253>

Ally, H., & Daniswara, A. P. (2023). Analisis spatio-temporal dampak pertumbuhan penduduk pada indeks NDVI di Kota Surakarta. *INNOVATIVE: Journal of Social Science Research*, 3(6), 6057–6067. <https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/7552>

Susetyo, J. A., Rachmadian, R. H., Lestari, H. D., Cendikia, M. R., Marshanda, U. F., & Bachri, S. (2024). Evaluasi dan penilaian kepadatan bangunan perkotaan menggunakan analisis spasial NDBI di Kota Malang, Jawa Timur. *Media Komunikasi Geografi*, 25(2), 320–331. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/MKG/article/view/79013>

Aldzahabi, M. A., Abrari, F. H., & Wibowo, A. F. (2024). Identifikasi pengaruh vegetasi dan kepadatan bangunan terhadap perubahan suhu melalui citra Landsat-8 LST, NDVI, dan NDBI di Kabupaten Klaten. *INNOVATIVE: Journal of Social Science Research*, 4(1), 5710–5725. <https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/8516/5820>

Latue, P. C. (2023). Analisis spasial temporal perubahan tutupan lahan di Pulau Ternate Provinsi Maluku Utara menggunakan citra satelit resolusi tinggi. *Buana: Jurnal Geografi, Ekologi, dan Kebencanaan*, 1(1), 31–38. <https://jurnal.ilmubersama.com/index.php/buana/article/view/339>

Purboyo, A. A., Kurniawan, A., & Muta’ali, L. (2024). Analisis spasial temporal perubahan tutupan lahan di Kawasan Perkotaan Cekungan Bandung berbasis Google Earth Engine. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 12(2), 251–260. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JPG/article/view/75526>

Rakuasa, H., dkk. (2022). Analisis spasial-temporal perubahan tutupan lahan di Kabupaten Maluku Barat Daya. *GEOGRAPHIA: Jurnal Pendidikan dan Penelitian Geografi*, 3(2), 115–122. <https://pdfs.semanticscholar.org/a3d0/a7db94d6b3507e4c1bef035a76189ba4af09.pdf>

Suherman, A., Somantri, L., & Setiawan, I. (2025). Analisis spasial kerentanan banjir di Cikarang Raya menggunakan data sekunder: Studi kasus 2015–2025. *Indonesian Journal of Disaster Education*, 4(2). <https://journal.uns.ac.id/ijed/article/view/2345>

Syahrula, S., Tilaar, S., & Siregar, F. (2023). Pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap kerawanan banjir di Perkotaan Masamba, Kabupaten Luwu Utara. *SABUA: Jurnal Lingkungan Binaan dan Arsitektur*, 12(2), 22–30. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/SABUA/article/view/52585>

Natasya, D., Luthfiah, E. K., & Fatmawati. (2025). Analisis geomorfologi dan risiko banjir di pesisir Kota Banjarmasin, Kalimantan Selatan. *Edusola: Journal Education, Sociology and Law*, 1(1), 99–104. <https://publisherqu.com/index.php/edusola/article/view/2201>

Ally, H., & Daniswara, A. P. (2023). Analisis spatio-temporal dampak pertumbuhan penduduk pada indeks NDVI di Kota Surakarta. *INNOVATIVE: Journal of Social Science Research*, 3(6), 6057–6067. <https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/7552/5137>

MEDIA ONLINE

[https://kompasnews.co.id/polres-halmahera-selatan-evakuasi-warga-terdampak-banjir-di-amasing-kali/?utm\\_source=chatgpt.com](https://kompasnews.co.id/polres-halmahera-selatan-evakuasi-warga-terdampak-banjir-di-amasing-kali/?utm_source=chatgpt.com)

[https://www.antaranews.com/berita/4918469/halmahera-selatan-tanggap-darurat-banjir-balita-tewas-terbawa-arus?utm\\_source=chatgpt.com#google\\_vignette](https://www.antaranews.com/berita/4918469/halmahera-selatan-tanggap-darurat-banjir-balita-tewas-terbawa-arus?utm_source=chatgpt.com#google_vignette)